

Plan directeur communal des énergies Commune d'Yverdon-les-Bains



Rapport final

Juillet 2018

Mise à jour du 29.01.2020

Impressum

Client

Commune d'Yverdon-les-Bains
Service des Energies
Rue de l'Ancien-Stand 2
CP 1295
1401 Yverdon-les-Bains
Tél : +41 24 423 65 55
fabien.poumadere@yverdon-les-bains.ch

Mandataire

Navitas Consilium SA
M. Gabriel Ruiz
Rue Marconi 19
1920 Martigny
Tél. : +41 27 722 19 62
gabriel.ruiz@ncsa.ch

Mise à jour du 29.01.2020

Commune d'Yverdon-les-Bains
Service des Energies
M. Fabien Poumadère, Chef de projet Planification énergétique
Rue de l'Ancien-Stand 2
CP 1295
1401 Yverdon-les-Bains
Tél : +41 79 601 53 21
fabien.poumadere@yverdon-les-bains.ch

Table des matières

Table des matières	2
Table des illustrations	4
Nomenclature et définitions	5
1 Résumé	7
2 Introduction : Contexte et bases légales	8
2.1 Contexte national	8
2.2 Contexte cantonal	8
2.3 Contexte local	10
3 Diagnostic	11
3.1 Besoins énergétiques actuels	11
3.1.1 Agents énergétiques	14
3.1.2 Affectation des bâtiments	14
3.1.3 Epoques de référence	15
3.1.4 Niveaux de température d’approvisionnement	15
3.1.5 Densité des besoins de chaleur	16
3.1.6 Puissances des chaudières installées	16
3.1.7 Bilan des besoins de froid	17
3.1.8 Bilan des besoins d’électricité	17
3.1.9 Offre d’électricité et de gaz	17
3.2 Ressources locales	18
3.2.1 Energie éolienne	18
3.2.2 Energie hydroélectrique	19
3.2.2.1 Potentiel	19
3.2.3 Energie solaire	19
3.2.3.1 Photovoltaïque	19
3.2.3.2 Solaire thermique	19
3.2.3.3 Restrictions	19
3.2.4 Energie hydrothermique (couplage avec des pompes à chaleur)	19
3.2.4.1 Potentiel	19
3.2.5 Nappes phréatiques (couplage avec des pompes à chaleur)	20
3.2.5.1 Potentiel	20
3.2.6 Géothermie (couplage avec des pompes à chaleur)	21
3.2.6.1 Géothermie basse température de faible profondeur	21
3.2.6.2 Aquifères profonds	22
3.2.6.3 Géothermie profonde	22
3.2.7 Aerothermie (couplage avec des pompes à chaleur)	23
3.2.8 Biomasse	23
3.2.8.1 Bois	23
3.2.8.2 Boues d’épuration et biogaz	23
3.2.8.3 Déchets verts	23
3.2.8.4 Couplage chaleur force et gazéification	24
3.2.9 Rejets thermiques	24
3.2.9.1 Eaux usées	24
3.2.9.2 Rejets thermiques industriels	24
3.2.9.3 Autres rejets thermiques	26

3.2.10	Energies de réseau	26
3.2.10.1	Réseau de gaz	26
3.2.10.2	Réseau de chauffage à distance	26
4	<i>Le scénario énergétique consolidé à l'horizon 2050</i>	28
4.1	Hypothèses de base	28
4.1.1	Introduction	28
4.1.2	Fiche par zone	31
4.1.3	Les enjeux pour la réalisation du scénario à l'horizon 2050	52
5	<i>Les objectifs énergétiques communaux, les principes et les mesures</i>	53
5.1	Objectifs énergétiques	53
5.2	Principes et mesures	53
6	<i>Fiches d'action</i>	58
6.1	Réalisation de réseaux de chauffage à distance	58
6.2	Valorisation de ressources renouvelables à basses émissions de gaz à effet de serres	59
6.3	Augmentation de la production photovoltaïque locale	60
6.4	Élimination des chauffages à mazout et des chauffages électriques directs	61
6.5	Réduction de la consommation énergétique des bâtiments communaux	62
6.6	Mise en place de subventions pour la réduction de la consommation en chaleur des bâtiments	63
6.7	Mise en place de subventions pour la réduction de la consommation en électricité	64
6.8	Retranscription du plan directeur des énergies dans les documents d'urbanisme (PDCom, PA)	65
6.9	Mise en place d'un système de suivi de la mise en œuvre du Plan Directeur des Energies	66
7	<i>Bibliographie</i>	67

Table des illustrations

Figure 1: Leviers d'action identifiés par le Canton de Vaud	9
Figure 2: Evolution de la population résidente permanente d'Yverdon-les-Bains depuis 1980 (source : scris.vd.ch et Contrôle des habitants de la Ville)	10
Figure 3 : Synthèse des indicateurs énergétiques de la situation actuelle	12
Figure 4 : Répartition de la SRE des logements en fonction des besoins spécifiques (énergie utile) et de l'époque de construction des bâtiments	15
Figure 5: Densité des besoins thermiques actuels par zone du PGA	16
Figure 6: Zones et secteurs de protection des eaux (sources : geo.vd.ch).	21
Figure 7: Carte d'admissibilité indicative des sondes géothermiques (sources : geo.vd.ch).	22
Figure 8: Densité des besoins en chaleur par hectare, par an, à l'horizon 2050.	29
Figure 9: Couverture des besoins en chaleur par type de ressource, horizon 2050.	30
Figure 10: Découpage du territoire communal en zones énergétiques	31
Figure 11: carte des bassins de développement des réseaux de chauffage à distance	56
Figure 12: carte des ressources préférentielles par zone énergétique	57

Nomenclature et définitions

AE : Agent énergétique

CAD : Chauffage à distance

CCF : Couplage chaleur-force, produisant électricité et chaleur

COP : Coefficient de performance

ECS : Eau chaude sanitaire

EH : Equivalent-habitant

EnDK : Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie

GES : Gaz à effet de serre

MoPEC : Modèle de prescriptions énergétiques des cantons

OFEN : Office Fédéral de l'Energie

OFEV : Office Fédéral de l'Environnement

PAC : Pompe à chaleur

PDCEn : Plan Directeur Communal des Energies

PGA : Plan général d'affectation (autre dénomination : PAZ pour Plan d'affectation des zones)

RegBL : Registre des bâtiments et logements

REE : Registre des entreprises et établissements

RPC : Rétribution à prix coûtant du courant injecté issu d'énergies renouvelables

SBP : Surface brute de plancher

SGV : Sondes géothermiques verticales

SIA : Société suisse des ingénieurs et architectes

SIG / SIT : Système d'information géographique / du territoire

SRE : Surface de référence énergétique (surface de l'ensemble des pièces chauffées au sens de la SIA 416/1)

Définitions :

- **Planification énergétique territoriale (PET)** : « On entend par planification énergétique territoriale la prise en compte et la coordination, dans la démarche d'aménagement du territoire, des infrastructures, des bâtiments et des systèmes techniques de manière à permettre un usage des ressources et une satisfaction des besoins correspondant au mieux aux buts de la loi » - Art. 3 de la loi vaudoise sur l'énergie.
- **Besoins (énergie utile)** : quantité d'énergie requise pour assurer une prestation, indépendamment du système de conversion qui va la fournir (besoin effectif de chaleur pour chauffer une habitation p.ex.). Equivaut à l'énergie dont dispose effectivement l'utilisateur une fois l'énergie finale transformée par ses propres appareils de conversion. $E_{\text{besoin}} < E_{\text{consommée}}$
- **Consommation (énergie finale)** : énergie facturée au consommateur (mazout, bois, gaz, électricité, ...) pour satisfaire la prestation énergétique requise (besoins). Les pertes de transformation (rendement de chaudière p.ex) et de distribution sont prises en compte. $E_{\text{besoin}} + E_{\text{pertes}} = E_{\text{consommée}}$
- **Énergie primaire** : L'énergie primaire comprend l'énergie consommée (énergie finale) mais également l'énergie utilisée pour l'exploitation et l'approvisionnement de la ressource concernée.
- **Energie de process** : correspond à toute consommation énergétique non liée au conditionnement des locaux ou à la production d'eau chaude sanitaire. Il s'agit de toute consommation énergétique entrant directement dans la fabrication industrielle d'un produit.

Cas particulier des serres : bien que les consommations de chaleur d'une serre agricole soient essentiellement dédiées au maintien d'une certaine température minimale, cette énergie est considérée dans la présente étude comme une l'énergie de process en raison de ses particularités (appel de puissance, courbes de charge) et de son but (qui est la production d'un bien de consommation).
- **Gaz à effet de serre** : Les gaz à effet de serre sont l'ensemble des gaz émis dans l'atmosphère contribuant dans des proportions plus ou moins grandes au réchauffement climatique. Le CO₂ étant le gaz à effet de serre émis en plus grande quantité et étant le plus connu de grand public, les émissions de gaz à effet de serre sont généralement exprimés en tonnes équivalentes de CO₂ (t_{eq,CO2}).
- **Production de froid** : La production de froid regroupe deux types de production :
 - Froid pour les besoins de confort : Il s'agit de la production de froid à des fins de climatisation des locaux. Ce type de froid a la caractéristique de n'être nécessaire que durant la période estivale et de manière limitée pendant la période hivernale. Notons qu'un bâtiment peut être rafraîchi de manière active (groupe de froid impliquant une consommation énergétique) ou de manière passive (ventilation naturelle et autres procédés n'impliquant qu'une consommation d'énergie minime pour alimenter les pompes de circulation ou ventilateurs).
 - La production de froid pour les process : Elle regroupe toutes les productions de froid non liées au conditionnement des locaux. Il peut s'agir non seulement de process industriels, mais également d'autre nature, comme la production de glace dans les patinoires ou la production de froid dans les locaux frigorifiques des centres commerciaux.
- **Taux de pénétration d'un vecteur énergétique** : Le taux de pénétration traduit le pourcentage des besoins énergétiques satisfaits grâce au vecteur étudié. C'est l'équivalent d'un taux de raccordement pour un CAD.

1 Résumé

Suite à la décision prise en 2011 d'abandonner progressivement l'énergie nucléaire, le Conseil Fédéral a élaboré la Stratégie énergétique 2050. Celle-ci fixe notamment des objectifs en termes de réduction de la consommation moyenne d'énergie par personne de -43% à l'horizon 2035 par rapport à 2000. Pour l'électricité, ces objectifs sont de -13%. De son côté, le Canton de Vaud a publié sa nouvelle *Conception cantonale de l'énergie* le 19 juin 2019. La vision cantonale tend à dépasser les objectifs fédéraux par une diminution de -44% de la consommation d'énergie finale et de -17% de celle d'électricité sur la même période. A l'échelle de son territoire, la Ville d'Yverdon-les-Bains s'est fixée des objectifs similaires à ceux de la confédération. Ils ont été définis préalablement à la publication de la nouvelle conception cantonale de l'énergie. L'atteinte de ces objectifs nécessite une stratégie énergétique claire à court, moyen et long terme. Le Plan Directeur des Energies répond à ce besoin stratégique en définissant une vision énergétique communale à horizon 2050 qui permettra à la Ville de tenir ses objectifs pour le secteur des bâtiments (chauffage, eau chaude sanitaire, électricité).

Pour dessiner l'avenir énergétique du territoire, la démarche de planification s'est articulée en 4 étapes :

1. Besoins énergétiques actuels des bâtiments du territoire ;
2. Evaluation qualitative et quantitative des ressources énergétiques disponibles localement ;
3. Projection de l'évolution des besoins énergétiques des bâtiments du territoire à horizon 2050 ;
4. Elaboration d'une stratégie énergétique permettant d'atteindre les objectifs communaux de 2050 sur la base des étapes 1, 2 et 3 ;

L'étape 1 a été réalisée avec des données de 2013. Il ressort de ce travail la prédominance des énergies fossiles dans l'approvisionnement énergétique en chaleur des bâtiments du territoire. Les besoins en chauffage et en eau chaude sanitaire des bâtiments étaient couverts pour 61% par le gaz naturel et pour 28% par le mazout en 2013. Les chauffages électriques directs représentaient 1,6%. En parallèle, la part des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire assurée par des énergies renouvelables était de 5% en 2013. Il est prévu de mettre à jour annuellement la quantification des besoins énergétiques par la mise en œuvre de la fiche d'action n°9 du PDEn (cf chapitre 6.9).

L'étape 2 s'est basée sur les études de potentiels disponibles pour le territoire d'Yverdon-les-Bains. Les informations considérées dans cette étape sont mises à jour au fur et à mesure que des études complémentaires sont menées. L'évaluation des ressources met en évidence que les besoins énergétiques projetés pour 2050 peuvent être couverts par des énergies renouvelables locales à 80% pour la chaleur et 25% pour l'électricité (hors process industriel et mobilité électrique). Les énergies à disposition au moment de l'étude sont le bois local, la géothermie, l'hydrothermie, la chaleur résiduelle des eaux de la STEP, le solaire thermique et le solaire photovoltaïque.

L'étape 3 s'est basée sur l'évolution démographique prévisionnelle du territoire et des nouvelles constructions qui en découleront, de la réalisation de futurs plans de quartier et en considérant la rénovation énergétique de bâtiments du territoire. Les prévisions considérées débouchent sur une augmentation de la surface brute de plancher de 1'340'000 m² à l'horizon 2050. Malgré cela, l'amélioration des standards énergétiques de construction couplés à des rénovations énergétiques sur les bâtiments existants tendront à faire diminuer la densité thermique du territoire ainsi que la demande en chaleur (chauffage et eau chaude sanitaire) à l'horizon 2050.

Enfin l'étape 4 d'élaboration d'une stratégie énergétique a été réalisée dans le but d'atteindre les objectifs énergétiques de la Ville. Pour cela le territoire a été découpé en 18 zones énergétiques. Chacune de ses zones possède sa propre stratégie. L'atteinte des objectifs passera par le développement de chauffages à distance (CAD STEP, CAD Santal, CAD Coteaux-Est), l'extension/densification du CAD Lotus, le remplacement des chauffages fossiles par des énergies renouvelables décentralisées (pompes à chaleur air/eau et géothermique, solaire thermique, chaudières bois), le développement du solaire photovoltaïque et la mise en place de plans d'actions pour l'efficacité énergétique. La stratégie énergétique est complétée par neuf fiches d'actions opérationnelles. La projection quantifiée de la stratégie énergétique communale à horizon 2050 (cf chapitre 5.1) démontre que le plan directeur des énergies permettra d'atteindre les objectifs de la Ville.

2 Introduction : Contexte et bases légales

Le contexte énergétique global actuel est marqué par d'importants défis : réchauffement climatique, disponibilité des ressources naturelles, évolution des sociétés (démographie, urbanisation, modes de vies) qui implique des changements drastiques des modes d'approvisionnement et de consommation énergétiques. Pour relever ces défis des actions sont nécessaires à tous les niveaux de gouvernance et si les opportunités ne manquent pas, les chemins qui mènent à leur réalisation ne sont pas évidents à tracer pour les collectivités publiques. C'est là précisément le rôle de la planification énergétique territoriale.

Début 2014, la Municipalité d'Yverdon-les-Bains, par l'intermédiaire de son Service des Energies, a mandaté le bureau d'étude spécialisé Navitas Consilium SA afin d'identifier les besoins et les ressources énergétiques de son territoire et de constituer des scénarios traduisant différentes stratégies de développement énergétique sous la forme d'une étude de planification énergétique territoriale. A l'issue de cette première étape, une seconde étude a été menée par un bureau d'ingénieurs spécialisé dans les systèmes énergétiques afin de vérifier la faisabilité technico-économique des concepts issus de l'étude de planification énergétique territoriale. Sur la base ces éléments, un scénario consolidé couvrant l'ensemble du territoire de la commune a été finalisé par le Service des Energies d'Yverdon-les-Bains. L'objet du présent rapport est de présenter le scénario consolidé détaillé, sous la forme d'un Plan directeur communal des énergies, pierre angulaire de la stratégie énergétique de la Commune.

2.1 Contexte national

Suite à la décision prise en 2011 d'abandonner progressivement l'énergie nucléaire, le Conseil Fédéral a élaboré la Stratégie énergétique 2050. Celle-ci fixe notamment des objectifs¹ en termes de réduction de la consommation moyenne d'énergie par personne de -16% à l'horizon 2020 et -43% à l'horizon 2035 par rapport à 2000. Pour l'électricité, ces objectifs sont respectivement de -2% et -13%. Parallèlement, la production d'électricité d'origine renouvelable est appelée à se développer fortement, les valeurs indicatives prévoient une multiplication par un facteur 4 à l'horizon 2035 par rapport à 2015².

Les principes que les différents acteurs impliqués - des autorités aux consommateurs en passant par les distributeurs d'énergie - doivent observer sont les suivants :

- Toute énergie est utilisée de manière aussi économe et efficace que possible ;
- La consommation énergétique globale est couverte dans une proportion importante par des énergies renouvelables présentant un bon rapport coût efficacité ; cette proportion sera accrue de manière continue ;
- Les coûts d'utilisation de l'énergie sont autant que possible couverts selon le principe de causalité.

En vue de la mise en œuvre de cette stratégie, le Parlement a procédé à une révision de la loi sur l'énergie et adopté un premier paquet de mesure. Ce projet a fait l'objet d'un référendum et sera soumis au vote le 21 mai 2017.

En parallèle, la révision de la loi sur le CO₂ et de la loi sur l'approvisionnement en gaz ou encore la libéralisation du marché de l'électricité pour l'ensemble des consommateurs sont autant de facteurs pouvant influencer la dynamique de transition énergétique du territoire.

2.2 Contexte cantonal

Les grandes orientations stratégiques du Canton de Vaud sont fixées dans le rapport *Conception cantonale de l'énergie* mise à jour le 19 juin 2019. Dans ce document, le Canton souhaite dépasser les objectifs fédéraux par

¹ La stratégie énergétique 2050 après la votation finale au Parlement, OFEN, 2016

² Schweizerische Statistik der erneuerbaren Energien - Ausgabe 2015, OFEN, 2016

une diminution de -44% de la consommation d'énergie finale par habitant à horizon 2035 par rapport à l'année 2000 et une diminution de -17% de celle d'électricité sur la même période.

Pour cela, la CoCEn se fonde sur trois axes stratégiques que sont la réduction de notre consommation énergétique, le développement de la production locale d'énergie renouvelable et la modernisation de nos systèmes et infrastructures énergétiques.

L'atteinte des objectifs revêt quatre principaux défis :

1. Combattre l'inertie du système ;
2. Augmenter l'acceptation de nouvelles technologies énergétiques ;
3. Agir contre la résistance au changement ;
4. Atténuer le frein économique.

En réponse à ces défis le Canton identifie plusieurs leviers d'actions :

Communication	Incitation financière	Régulation	Exemplarité
- mobilisation des acteurs - information sur les prestations cantonales - sensibilisation - formation - conseil - dialogue - promotion de nouveaux modèles d'affaires	- subventions - soutien à la recherche et au développement - allègements fiscaux - fiscalité écologique - système pollueur-payeur (bonus-malus) - taxes incitatives - nouveaux outils à développer	- législation (interdiction / obligation) - réglementation - contrôles - planification territoriale - objectifs contraignants (valeurs cibles)	- du Canton - des communes - des associations dans leurs missions, leurs tâches et leurs priorités

Figure 1: Leviers d'action identifiés par le Canton de Vaud

La loi cantonale sur l'énergie (entrée en vigueur le 1^{er} juillet 2014) insiste en particulier sur :

- L'utilisation des énergies renouvelables dans les nouveaux bâtiments, que ce soit pour la production d'eau chaude sanitaire, la production d'électricité ou la climatisation de confort ;
- La diminution de la part autorisée des besoins de chaleur pour les bâtiments neufs satisfaits grâce au mazout, au gaz ou au charbon (couverture de 60% des besoins de chaleur admissibles autorisée pour le mazout et le charbon et 80% pour le gaz) ;
- La production sur site d'au moins 30% de l'eau chaude sanitaire par une source d'énergie renouvelable³ pour les nouvelles constructions et les bâtiments assainis;
- La production sur site d'au moins 20% d'électricité « ménage » (chauffage électrique non compris) par des énergies renouvelables pour les constructions nouvelles ;
- L'obligation des gros consommateurs (consommation annuelle de chaleur supérieure à 5 GWh et/ou consommation annuelle d'électricité supérieure à 0,5 GWh) à prendre des mesures d'efficacité énergétique ;
- L'interdiction d'installation ou du renouvellement des chauffages électriques pour le chauffage des bâtiments et de l'eau chaude sanitaire, des terrasses et des endroits ouverts.

Le règlement d'application de cette loi est entré en vigueur le 1^{er} février 2015. Il indique notamment que :

³ Sources d'énergie considérées comme renouvelables listées à l'art. 28a de la nouvelle loi

- Les chauffe-eau doivent être dimensionnés et réglés sur une température d'exploitation n'excédant pas 60°C. Sont dispensés de cette exigence les chauffe-eau devant être réglés sur une température plus élevée pour des raisons d'exploitation ou d'hygiène.
- Les systèmes d'émission de chaleur neufs ou mis à neuf doivent être dimensionnés et exploités de manière à ce que les températures de départ ne dépassent pas 50°C lorsque la température extérieure atteint la valeur servant au dimensionnement.
- L'Office fédéral de l'environnement établit une directive déterminant les zones à immiscions excessives et les dispositions relatives à l'implantation des chauffages à bois. Or, la Commune se trouve dans une zone à immiscions excessives de type 2 (hors Plan de mesure).

De plus, la révision de la loi cantonale sur l'énergie et son règlement d'application renforcent l'intégration de la planification énergétique territoriale dans les démarches d'aménagement communales ou cantonales (art. 3 et 16a de la LVLEne et art. 46a du RLVEne). Ceci complète la Loi sur l'aménagement du territoire qui indique que les plans directeurs doivent tenir compte d'une utilisation rationnelle de l'énergie et que, lors de l'élaboration et l'application des plans d'affectation, la municipalité favorise l'utilisation rationnelle de l'énergie et le recours aux énergies renouvelables. (LATC : 1985).

2.3 Contexte local

La commune est localisée sur le plateau romand en bordure du lac de Neuchâtel à une altitude de 433m et est traversée par la Thièle. Elle fait partie d'AggloY, une structure intercommunale composée de huit communes limitrophes (Grandson, Valeyres-sous-Montagny, Montagny-près-Yverdon, Chamblon, Treykovagnes, Cheseaux-Noréaz, Pomy), d'acteurs politiques et techniques et de représentants du Canton de Vaud qui élaborent la planification globale et accompagnent la mise en œuvre des projets de mobilité et d'urbanisation du projet d'agglomération. D'autres communes comme Cuarny, Belmont-sur-Yverdon, Épendes (VD), Essertines-sur-Yverdon et Valeyres-sous-Ursins sont limitrophes.

En terme de population, Yverdon-les-Bains comptait 30'373 habitants au 31 décembre 2019⁴. L'évolution de cet effectif est décrite dans le graphique ci-après.

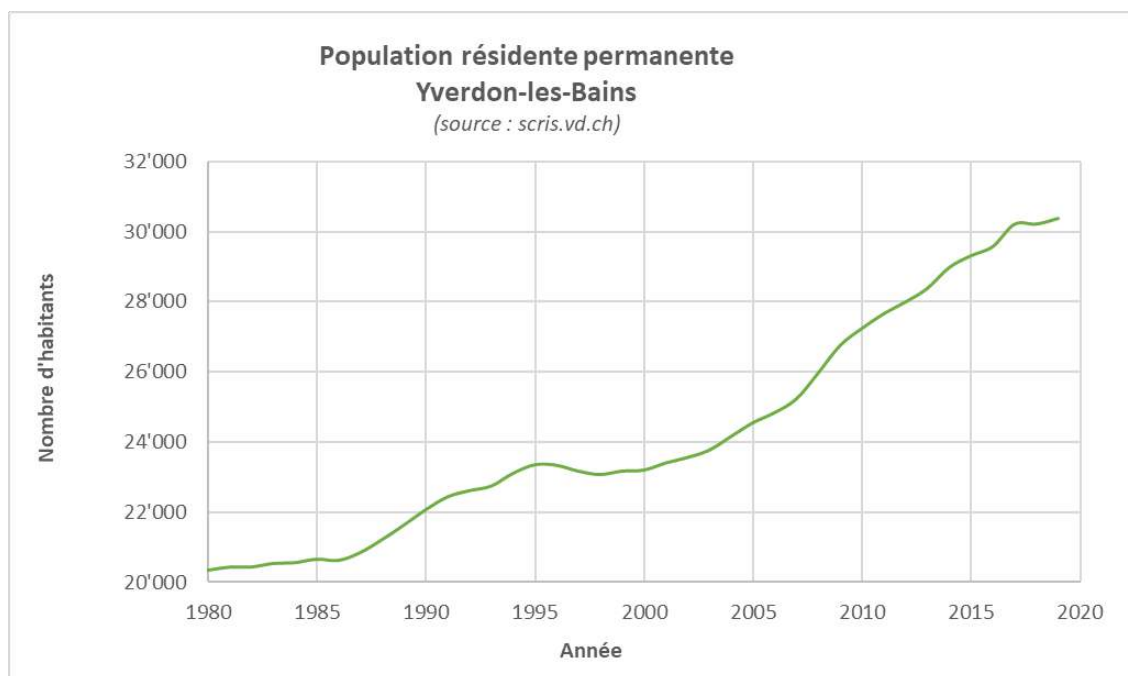


Figure 2: Evolution de la population résidente permanente d'Yverdon-les-Bains depuis 1980
(source : *scris.vd.ch* et Contrôle des habitants de la Ville)

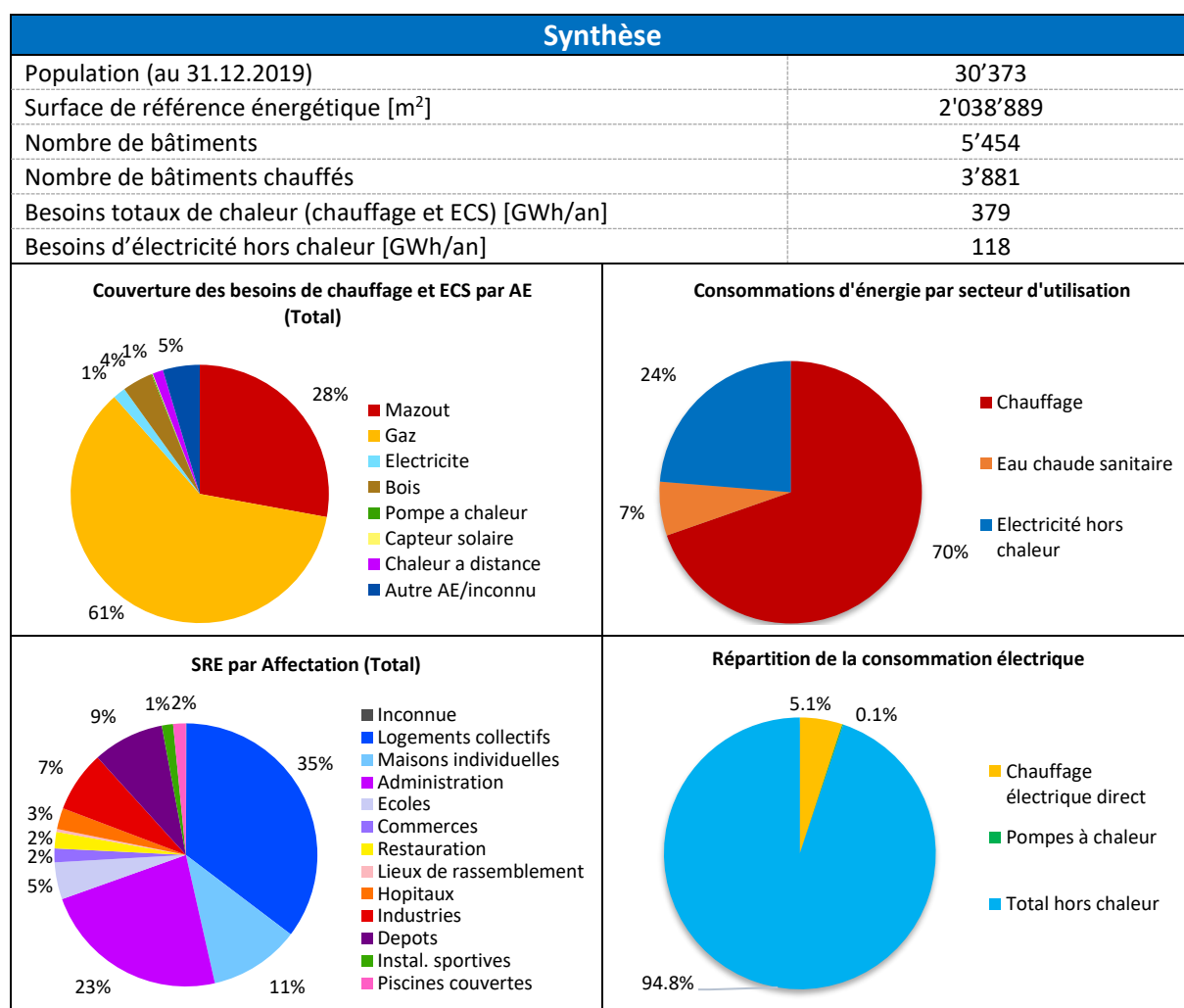
⁴ Source : Contrôle des habitants de la Ville d'Yverdon-les-Bains, état au 31.12.2019

Labellisée Cité de l'énergie depuis 2010, la commune a été recertifiée en 2014 puis en 2019. Le label Cité de l'énergie récompense les communes pour leur politique énergétique exemplaire. La plus haute distinction Cité de l'énergie est le label Gold décerné aux communes qui ont plus de 75% de points selon la grille d'évaluation du label. La Commune d'Yverdon-les-Bains a obtenu 74,4% des points lors de son réaudit de 2019. Sa politique énergétique est aux portes du label Gold. Le plan directeur des énergies et sa mise en œuvre concrète font partie des mesures figurant dans la grille d'évaluation du label Cité de l'énergie.

3 Diagnostic

Cette partie présente le diagnostic énergétique établi par l'étude de planification énergétique territoriale (Navitas Consilium, 2014). Celui-ci traite des besoins et des ressources énergétiques du territoire. L'année de référence des données est 2013. Afin de tenir compte du développement de la ville et des changements dans ses consommations, besoins et ressources disponibles, le Plan Directeur des Energies sera mis à jour régulièrement sous la responsabilité du Service des Energies. Cette mise à jour sera qualitative par la mise à jour du plan et quantitative par l'élaboration d'une suivi d'indicateurs.

3.1 Besoins énergétiques actuels



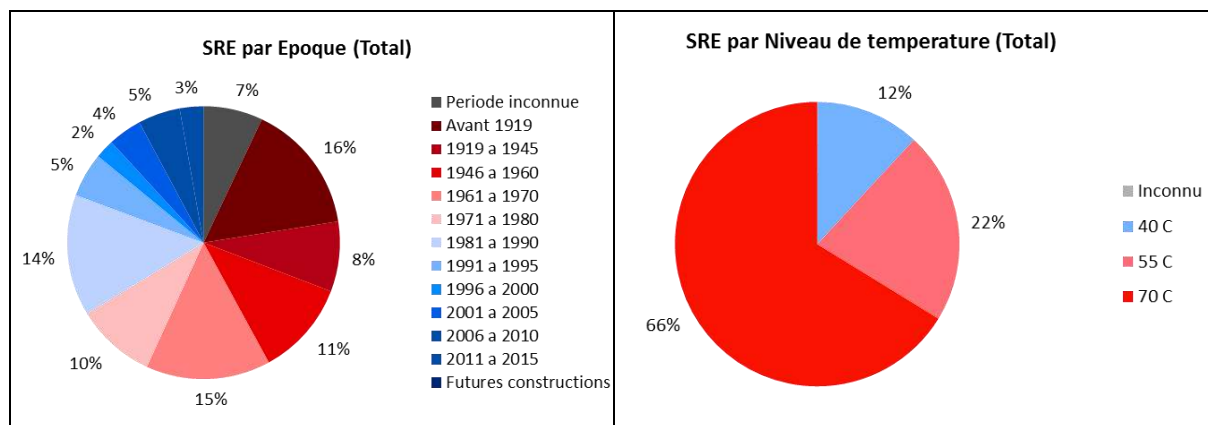


Figure 3 : Synthèse des indicateurs énergétiques de la situation actuelle

Les bâtiments non chauffés sont des dépendances, des garages ou encore des dépôts non chauffés. Les besoins de chaleur des bâtiments chauffés comprennent le chauffage des locaux et la préparation de l'eau chaude sanitaire. Ces besoins de chaleur ainsi que les consommations d'électricité sont géoréférencés. Les bases de données utilisées sont :

- La liste des consommations électriques par adresse, fournie par la Commune;
- La liste des consommations de gaz par adresse, fournies par la Commune ;
- Le registre cantonal des chaudières. L'extrait de ce registre est fourni par l'OPAIR ;
- La liste des installations de combustion de la commune établie par le ramoneur.

Pour les bâtiments dont la consommation réelle est inconnue, les besoins sont estimés sur la base des caractéristiques disponibles dans le Registre Fédéral des Bâtiments et Logements (RegBL) et le Registre des Entreprises et Etablissements (REE). Elles peuvent ensuite être complétées sur la base d'informations sur les affectations éventuellement renseignées dans le cadastre. Les bâtiments n'ayant aucune information dans ces bases de données se voient attribuer l'affectation « logement collectif » par défaut.

Le Tableau 1 donne la répartition par agent énergétique des besoins et consommations finales pour la chaleur (chauffage et ECS) et l'électricité pour les autres usages.

	AGENT ENERGETIQUE	ENERGIE UTILE		ENERGIE FINALE	
		Besoins annuels [GWh/an]	% du Total (chaleur uniquement)	Consommation annuelle finale [GWh/an]	% du Total (chaleur + hors chaleur)
CHALEUR	Mazout	105.7	27.9%	117.4	21.6%
	Gaz	229.8	60.6%	255.4	47.0%
	Electricité	6.0	1.6%	6.3	1.2%
	Bois	14.4	3.8%	19.2	3.5%
	PAC air-eau	0.24	0.1%	0.08	0.0%
	PAC SGV	0.24	0.1%	0.07	0.0%
	Capteur solaire	0.3	0.1%	0.3	0.1%
	Chaleur à distance ⁵	5.0	1.3%	5.6	1.0%
	Autre agent énergétique /inconnu ⁶	17.5	4.6%	20.6	3.8%
	TOTAL INTERMEDIAIRE CHALEUR	379.2	100%	424.9	78.3%
HORS CHALEUR	Electricité (Marquage électrique disponible sur le site de la commune utilisé)			117.8	21.7%
	TOTAL INTERMEDIAIRE ELECTRICITE AUTRES USAGES			117.8	21.7%
	TOTAL			542.7	

Tableau 1: Récapitulatif de la consommation énergétique utile et finale

Grâce aux données sur les écobilans dans la construction (KBOB, 2012), il est possible d'estimer pour chaque agent énergétique la consommation d'énergie primaire annuelle ainsi que la part non renouvelable de cette énergie primaire et les émissions de GES. Ces valeurs sont données dans les Tableau 2 et 3.

⁵ Les informations à disposition pour les bâtiments concernés ne font état que d'un approvisionnement énergétique grâce à un CAD, mais la part d'énergie fournie au bâtiment grâce à ce CAD ou le mix énergétique utilisé ne sont pas exprimés. Sur cette base, il est donc considéré que la totalité de la consommation desdits bâtiments est satisfaite grâce au CAD et les valeurs moyennes des réseaux thermiques suisses sont retenues en ce qui concerne le calcul des consommations d'énergie primaire et des émissions de GES (KBOB, 2012)

⁶ Les informations à disposition ne permettent pas de renseigner l'agent énergétique de tous les bâtiments. Par conséquent, certains bâtiments ont un agent énergétique inconnu. D'autre part, le RegBL renseigne également les bâtiments alimentés au charbon (très rare). Ces bâtiments sont également dans cette catégorie. La conversion des besoins énergétiques de cette catégorie en consommation se fait grâce à un rendement moyen de 0.85.

		ENERGIE PRIMAIRE				EMISSIONS DE GES		
		Conso. annuelle primaire [GWh/an]	% du Total (chaleur + hors chaleur)	Conso. primaire non renouvelable [GWh/an]	% du Total (chaleur + hors chaleur)	Total [t/an]	% du Total (chaleur + hors chaleur)	t/hab (en 2013)
CHALEUR	Mazout	138.5	22.0%	137.4	30.2%	33'712	32.9%	1.16
	Gaz	280.4	44.5%	280.4	61.6%	59'493	58.1%	2.05
	Electricité	7.7	1.2%	0.2	0.1%	85	0.1%	0.00
	Bois	30.1	4.8%	5.3	1.2%	968	0.9%	0.03
	PAC air-eau	0.1	0.0%	0.0	0.0%	1	0.0%	0.00
	PAC SGV	0.0	0.0%	0.0	0.0%	1	0.0%	0.00
	Capteur solaire	0.5	0.1%	0.1	0.0%	13	0.0%	0.00
	Chaleur à distance	4.8	0.8%	4.4	1.0%	895	0.9%	0.03
	Autre agent énergétique/inconnu	22.9	3.6%	22.7	5.0%	5'573	5.4%	0.19
	TOTAL INTERMEDIAIRE CHALEUR	485.0	77.0%	450.6	99.0%	100'739	98.5%	3.47
HORS CHALEUR	Electricité (Marquage électrique disponible sur le site de la commune utilisé)	144.8	23.0%	4.6	1.0%	1'585	1.5%	0.05
	TOTAL INTERMEDIAIRE ELECTRICITE AUTRES USAGES	144.8	23.0%	4.6	1.0%	1'585	1.5%	0.05
	TOTAL	629.8		455.2		102'324		3.53

Tableau 2: Récapitulatif de la consommation énergétique primaire et émissions de gaz à effet de serre en 2013

BILAN GENERAL EN ENERGIE PRIMAIRE	
Part de consommation primaire renouvelable pour la chaleur	7%
Part de consommation primaire non renouvelable pour la chaleur	93%
Part de consommation primaire renouvelable hors chaleur	97%
Part de consommation primaire non renouvelable hors chaleur	3%
Part de consommation primaire renouvelable totale	28%
Part de consommation primaire non renouvelable totale	72%

Tableau 3: Parts renouvelable et non renouvelable en énergie primaire

3.1.1 Agents énergétiques

Le gaz naturel couvre 61% des besoins de chaleur de la commune, ce qui en fait le premier agent énergétique. La prédominance du gaz naturel, également visible dans les émissions de GES (Tableau 2) peut être mise en lien avec l'important réseau de distribution en place. Le mazout est le second agent énergétique en termes d'importance. Le chauffage électrique est utilisé quant à lui surtout dans des bâtiments datant des années 70 à 90. Il y a 675 bâtiments pour lesquels l'agent énergétique est inconnu (autre agent énergétique). Ils représentent un peu plus de 5% des besoins de chaleur totaux de la commune. Les énergies renouvelables couvrent moins de 5% des besoins de chaleur. Il s'agit essentiellement de bois.

3.1.2 Affectation des bâtiments

Les logements collectifs représentent 35% de la SRE identifiée sur la commune, soit environ 23% du nombre de bâtiments comptabilisés. En comparaison, les 11% de la SRE dédiée aux logements individuels représentent le 40% du nombre de bâtiments. Les surfaces administratives (administration publique et secteur tertiaire) sont

également bien représentées (23% de la SRE ou 17% du nombre de bâtiments). L'industrie représente quant à elle 7% de la SRE et 5% des bâtiments.

3.1.3 Epoques de référence

Les années de référence (construction ou rénovation le cas échéant) répertoriées pour chaque bâtiment sont regroupées par époques, car elles donnent une indication sur leur performance énergétique. En effet, les techniques de construction ont considérablement évolué au fil des années, ce qui implique de grandes disparités au niveau des performances thermiques. Les bâtiments datant d'avant 1919 correspondent à 16% de la SRE totale. Les bâtiments construits entre 1919 et 1990 représentent 74% de la SRE totale. Or, la plage d'époque de construction datant d'avant 1990 (soit 90% du parc) sont les plus énergivores (Figure 4).

Sur la Figure 4, la surface des rectangles représente les besoins de chaleur (estimés) cumulés des bâtiments à affectation logement par époque de référence. La surface se situant au-dessus du trait vert représente la quantité d'énergie qu'il serait possible d'économiser si tous les bâtiments étaient construits selon les standards actuels définis par la norme SIA 380/1. Seuls les bâtiments logement (collectifs et individuels) sont représentés sur cette figure, car ce sont ceux qui ont le plus important potentiel d'économie d'énergie lié à la rénovation.

Ainsi, en simulant globalement une rénovation de tous ces bâtiments à affectation logement (45% de la SRE totale) en vue d'atteindre les valeurs de la norme SIA 380/1 correspondant aux bâtiments rénovés (75 kWh/m²/an), le potentiel d'économie d'énergie lié à la rénovation est en moyenne de 86 kWh/m²/an, soit l'équivalent de 77 GWh/an sur la commune (53% des besoins actuels de chaleur liés au logement ou 20% des besoins de chaleur actuels totaux).

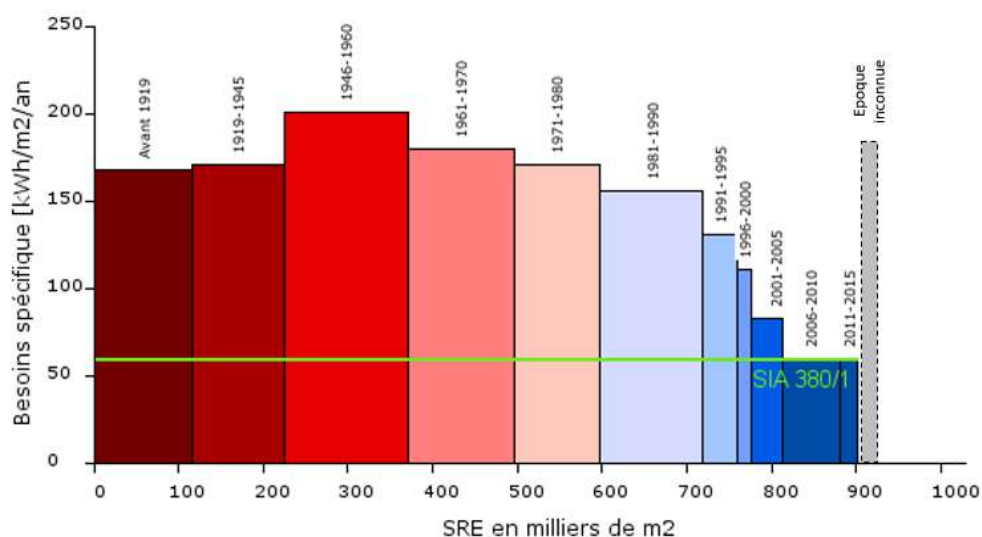


Figure 4 : Répartition de la SRE des logements en fonction des besoins spécifiques (énergie utile) et de l'époque de construction des bâtiments

3.1.4 Niveaux de température d'approvisionnement

La vieille ville d'Yverdon-les-Bains est la zone où la concentration de bâtiments nécessitant un approvisionnement à température élevée (>70°C) est la plus importante. Les bâtiments qui s'y trouvent, très anciens, sont le plus souvent mal isolés et équipés de systèmes de chauffage peu efficaces. Les bâtiments nécessitant des niveaux de température plus bas (55 et 40°C) sont répartis de manière relativement uniforme sur le reste de la commune. Quant au chauffage à basse température (40°C), il ne concerne que 12% de la SRE totale, soit 7% des bâtiments.

De manière générale, les 78% des bâtiments (équivalent aux 66% de la SRE) nécessitant un approvisionnement à plus de 70°C représentent un frein à l'utilisation d'énergies renouvelables (souvent valorisable à plus basse température, bois excepté). C'est bien entendu sur ces bâtiments qu'une rénovation s'avèrera prioritaire, afin,

d'une part, de diminuer leur consommation énergétique et, d'autre part, d'accéder à un approvisionnement plus durable.

3.1.5 Densité des besoins de chaleur

Les zones de densités thermiques élevées sont réparties relativement uniformément sur l'ensemble du territoire (Figure 5). La vieille ville dont les bâtiments anciens sont très énergivores témoigne de densités des besoins thermiques particulièrement élevées. Un tissu bâti moins dense et une part plus importante de constructions plus récentes engendrent des densités de besoins de chaleur moins importantes tel que visible à l'Est de la commune et dans le reste de la ville. Les zones du Sud de la commune sont pour la plupart agricoles ou forestières et la densité du bâti y est donc beaucoup plus restreinte (voire nulle pour les zones forestières), ce qui se traduit par des besoins à l'hectare très faible.

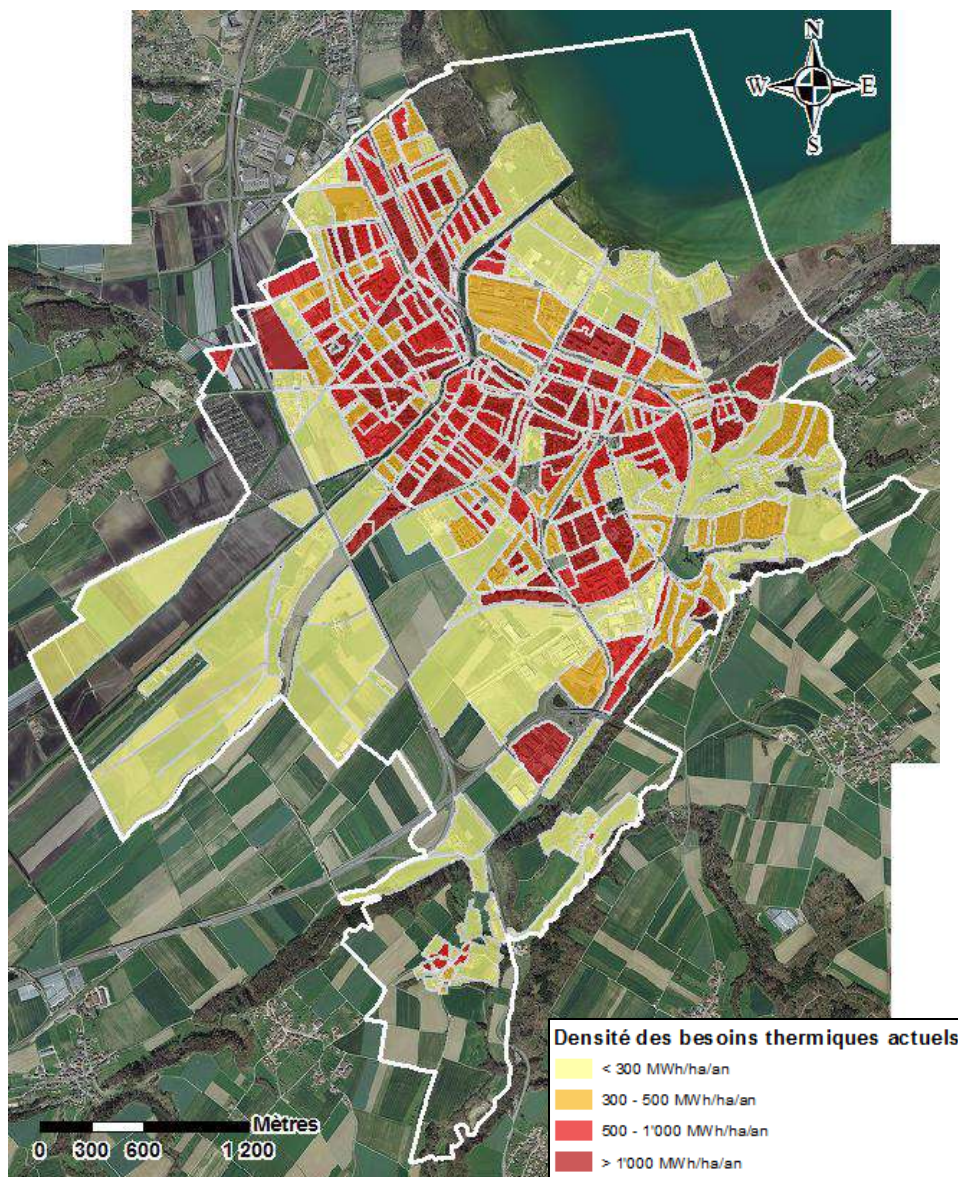


Figure 5: Densité des besoins thermiques actuels par zone du PGA

3.1.6 Puissances des chaudières installées

La connaissance des installations existantes et de leurs délais d'assainissement permet d'identifier les bâtiments où une solution d'approvisionnement alternative pourrait être implantée. Un résumé du parc des puissances demandées et des consommations d'énergie par agent énergétique est disponible au Tableau 4.

Agent énergétique	Total des puissances cumulées [kW]	Consommation d'énergie finale [GWh/an]
Gaz	108'473	255.4
Mazout	50'271	117.4
Bois	7'511	19.2
CAD	2'318	5.6
Electricité	1'864	6.3

Tableau 4: Totaux des puissances demandées par agent énergétique et consommations annuelles correspondantes (énergie finale).

3.1.7 Bilan des besoins de froid

La pertinence de certaines solutions d'approvisionnement peut augmenter grâce à l'intégration de besoins de froid. Parmi les divers services de froid, seuls les besoins relatifs au conditionnement des locaux sont ici évalués ; le froid industriel pouvant être quantifié uniquement au cas par cas.

Une étude détaillée pour l'évaluation des besoins en froid actuels et une projection des besoins futurs a été menée en juin 2017 pour le territoire d'Yverdon-les-Bains. Elle est basée sur une méthode développée à l'Université de Genève par Hollmuller et Faessler (Hollmuller et al., 2014). Il en ressort que l'enjeu actuel de la climatisation de confort doit être d'environ 1'200 kWél. La pointe horaire estivale tout usage confondu est de 22'000 kWél. La puissance de climatisation pour le confort représenterait environ 5% de la pointe horaire estivale. A titre de comparaison, les données genevoises représentaient plutôt 15% de la pointe horaire estivale. On constate que l'enjeu de la climatisation de confort est actuellement relativement faible sur la commune d'Yverdon-les-Bains, ce qui sous-entend un taux d'équipement relativement faible par rapport à d'autres centres urbains suisses.

3.1.8 Bilan des besoins d'électricité

La consommation d'électricité annuelle de la commune s'élève à 124 GWh pour 2013.

La consommation d'électricité liée à la production de chaleur (PAC et chauffage électrique direct ; 6.4 GWh/an, soit 5.2% de la consommation électrique totale) est déjà prise en compte dans les bilans énergétiques traitant de la chaleur. Par conséquent, afin d'éviter de la compter deux fois, seule la quantité liée aux autres services (117.8 GWh/an) est prise en compte dans les bilans électriques (consommation d'énergie primaire, émissions de GES, etc.).

3.1.9 Offre d'électricité et de gaz

L'approvisionnement électrique est majoritairement assuré par le Service des Energies d'Yverdon-les-Bains (SEY). Selon la déclaration de marquage de l'électricité 2013, le Service des Energies d'Yverdon-les-Bains propose les mix électriques suivants :

- Hydraulique : 97.2%
- Photovoltaïque : 0.3%
- Biomasse : 0.07%
- Courant au bénéfice de mesures d'encouragement : 2.4%
- Agents énergétiques non vérifiables : 0%

Parmi le courant au bénéfice de mesures d'encouragement, 44.5% sont d'origine hydraulique, 10% d'origine solaire, 3.7% d'origine éolienne et 41.8% proviennent de la biomasse et des déchets verts.

3.2 Ressources locales

Synthèses des ressources renouvelables locales		
Chaleur [GWh/an]		
Ressource	Potentiel maximal	Potentiel réaliste
Energie solaire thermique	217	54.3
Energie hydrothermique (Thièle)*	115	5.7
Nappes phréatiques	-	-
Géothermie faible profondeur**	470	118
Géothermie moyenne profondeur	Evaluation impossible sans tests	Evaluation impossible sans tests
Bois de plaquette (disponible auprès de fournisseur d'Yverdon-les-Bains et de la région)	75'000 m ³ de plaquettes, soit 51 GWh/an productibles par combustion	30'100 m ³ de plaquettes***, soit 20,5 GWh/an productibles par combustion
Bois de déchet (dans un rayon de 12 km)	53'500 m ³ de bois de déchets***	53'500 m ³ de bois de déchets
Biogaz (CCF STEP)	2.9	2.9
Rejets thermiques des eaux usées en sortie de STEP*	20.2	16.1
Rejets thermiques industriels	1.1	0.9
Déchets verts	- (déjà valorisés ailleurs)	- (déjà valorisés ailleurs)
Electricité [GWh/an]		
Energie solaire photovoltaïque	125 ⁷	~30 ⁸
Energie éolienne	-	-
Biogaz (CCF STEP)	1.9	1.9
Energie hydroélectrique	-	-

Tableau 5: Synthèse des ressources renouvelables locales : potentiel maximal et potentiel réaliste

* Energie disponible avant la PAC (source froide)

** Energie disponible en sortie de PAC (source chaude)

*** Le volume de bois de de plaquette du potentiel réaliste et de déchets disponible est issu de l'étude complémentaire d'approvisionnement en énergie du CAD Santal réalisée par le du bureau CAD Lemman SA.

Les ressources importées comme le gaz, le mazout ou l'électricité ne sont pas quantifiées ici car leur disponibilité dépend de la capacité d'importation et non de la capacité à les produire localement. D'autres ressources renouvelables, comme l'air (pour les PAC air-eau) ne sont pas non plus comptées à cause de leur potentiel quasiment illimité. Le potentiel réaliste est obtenu en appliquant au potentiel maximal un facteur de réalisme. Ces facteurs ainsi que les caractéristiques des systèmes énergétiques en jeu (PAC par exemple), les hypothèses de calcul ainsi que les cartes ayant trait aux ressources sont disponibles dans le rapport de l'étude de planification énergétique territoriale (Navitas Consilium, 2014).

Enfin, la chaleur contenue dans l'eau du lac n'est pas indiquée car les contraintes techniques d'un tel projet nécessitent une profondeur située à plusieurs kilomètres de la côte Yverdonnoise. La rentabilité de ce projet n'est pas viable.

3.2.1 Energie éolienne

La vitesse minimale du vent en moyenne annuelle pour une installation rentable d'éoliennes de grande envergure est généralement de 5 m/s. La vitesse de référence doit être celle à hauteur du moyeu de l'éolienne.

⁷ 9469-Solarenergiepotenziale_Gemeinden_Daecher_und_Fassaden_2019.01.01, OFEN 2019

⁸ Selon méthodologie PlanETer pour passer du potentiel maximal au potentiel réaliste, Navitas Consilium 2015

Les vitesses moyennes de vents à une hauteur de 50m-70m-100m au-dessus du sol ont été analysées⁹. Vu les vitesses moyennes en présence sur le territoire communal, aucun potentiel éolien exploitable.

3.2.2 Energie hydroélectrique

3.2.2.1 *Potentiel*

Six cours d'eau s'écoulent sur la Commune : le Bey, le Mujon, le Canal occidental, la Thièle, le Canal oriental et le Buron. Aucun de ces cours d'eau n'a de potentiel hydroélectrique significatif car ils ne sont caractérisés ni par une chute importante, ni par une retenue d'eau.

3.2.3 Energie solaire

Le rayonnement solaire annuel moyen sur la commune oscille entre 1'199 et 1'231 kWh/m²/an. En comparaison, le rayonnement solaire annuel moyen en Suisse varie entre 700 et 1500 kWh/m²/an.

3.2.3.1 *Photovoltaïque*

A la fin de l'année 2013, 45 installations étaient répertoriées sur le territoire communal, soit l'équivalent d'une puissance électrique de 2'422 kWc pour une production de 2.4 GWh/an. Par ailleurs, 11 installations étaient en projet à cette époque. Elles totalisent une puissance électrique de 732 kWc, soit une production de 732 MWh/an.

Le potentiel photovoltaïque devrait être encore plus élevé dans le futur, car le potentiel ci-dessus est calculé sur la base des surfaces de toiture existantes. Ainsi, les nouvelles toitures engendreront une hausse de ce potentiel. Néanmoins, étant donné la densité actuelle du bâti, cette augmentation devrait rester modérée.

3.2.3.2 *Solaire thermique*

Les installations solaires thermiques permettent de produire localement de la chaleur renouvelable. Cette chaleur peut satisfaire une part des besoins de chauffage, mais surtout les besoins d'ECS, étant donné que le rayonnement solaire est plus important lors de la période sans besoins de chauffage. Le potentiel est calculé sur la base des mêmes surfaces de toiture que celles prises en compte pour le potentiel photovoltaïque. Il faut donc être vigilant lors de l'élaboration de scénario afin d'éviter des conflits d'utilisation entre ces deux types de technologies.

A la fin de l'année 2013, une soixantaine d'installations solaires thermiques, totalisant une surface de 900 m² de panneaux solaires thermiques étaient répertoriées sur le territoire communal, soit l'équivalent d'une production d'environ 360 MWh/an. Ces 900 m² correspondent aux panneaux subventionnés dans le cadre de rénovations de bâtiments. En revanche, aucune information n'est disponible sur les installations des bâtiments neufs. Par conséquent, si le RegBL ne contient pas d'information à ce sujet, les productions solaires des bâtiments neufs ne sont pas incluses dans le bilan énergétique actuel.

Le potentiel solaire thermique devrait également être encore plus élevé pour les mêmes raisons que celles expliquées ci-dessus. Encore une fois, étant donné la densité actuelle du bâti, cette augmentation devrait rester faible.

3.2.3.3 *Restrictions*

La pose de panneaux solaires est considérée comme interdite sur les bâtiments de catégorie A de la ville ancienne (dénomination du PGA), car leur valeur architecturale est décrite comme « remarquable ».

3.2.4 Energie hydrothermique (couplage avec des pompes à chaleur)

3.2.4.1 *Potentiel*

Cours d'eau

Le seul cours d'eau ayant un débit suffisamment important pour être intéressant du point de vue de l'exploitation thermique est le canal de la Thièle. Son débit n'est pas directement connu, mais il est considéré comme approximativement égal à celui de l'Orbe, son principal affluent. Ce débit vaut environ 10 m³/s. L'annexe 2 de

⁹ Données fournies par wind-data

l'Ordonnance sur la protection des eaux stipule que « l'apport ou le prélèvement de chaleur ne doit pas modifier la température la plus proche possible de l'état naturel du cours d'eau de plus de 3° C, et celle des tronçons appartenant à la zone à truites de plus de 1.5° C; la température de l'eau ne doit en outre pas dépasser 25° C. Ces exigences sont applicables après un mélange homogène ».

Lac de Neuchâtel

La Commune se trouve au bord du Lac de Neuchâtel qui est une ressource thermique disponible à grande échelle. Elle peut être exploitée à des fins de chauffage, mais aussi à des fins de rafraîchissement.

La possibilité d'exploiter l'eau du lac à Yverdon-les-Bains est discutable pour plusieurs raisons :

- Les divers retours d'expérience montrent qu'un réseau thermique utilisant l'eau du lac se justifie plus aisément lorsqu'une certaine demande de rafraîchissement est identifiée. Or, la Commune compte actuellement peu de besoins de froid. Cette affirmation devrait être confirmée par une étude complémentaire sur les preneurs de froid et la rentabilité d'un réseau thermique ;
- La profondeur à laquelle il faut descendre pour bénéficier de l'inertie de température est d'environ 40 m (exemple du réseau de froid de Neuchâtel). Or, elle est atteinte à une distance d'environ 4 km du rivage, d'après les données recueillies, ce qui représente une distance considérable.
- Bien que potentiellement intéressante, la valorisation de cette ressource n'est donc pas prise en considération pour le moment.

3.2.5 Nappes phréatiques (couplage avec des pompes à chaleur)

3.2.5.1 Potentiel

Aucune information détaillée sur la présence de nappes phréatiques n'est disponible. Cependant il est possible de dire que la commune se trouve entièrement dans un secteur de protection des eaux üB (nappes d'eau souterraines secondaires, ressource limitée), sauf quelques zones se trouvant dans des secteurs Au (nappes d'eau souterraines importantes, ressource limitée) ou S (zones protégées et inexploitable) (Canton de Vaud, 2014). Les secteurs üB ne contiennent généralement pas de potentiel car le débit d'écoulement est trop faible. Quant aux secteurs Au, il se peut que l'écoulement y soit suffisamment important pour être exploitée, mais seul un forage test peut confirmer cette hypothèse. Quoiqu'il en soit, selon le Service de la protection des eaux du Canton, le sous-sol de la zone d'Yverdon-les-Bains est très peu perméable. Par conséquent, aucune nappe suffisamment importante pour être exploitée à des fins énergétiques ne s'y trouve.

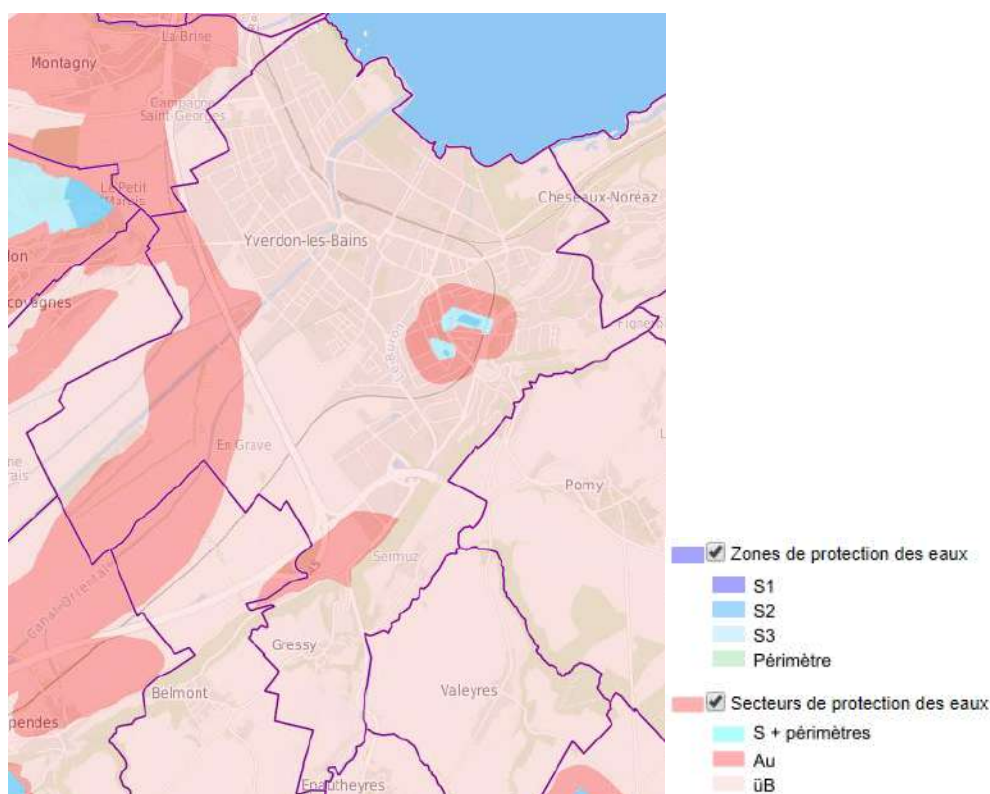


Figure 6: Zones et secteurs de protection des eaux (sources : geo.vd.ch).

Dans l'éventualité d'une possible exploitation, le Sud de la zone industrielle (Y-Parc) s'y prêterait particulièrement. En effet, ce secteur est classé comme zone Au et peu d'autres ressources locales sont disponibles.

3.2.6 Géothermie (couplage avec des pompes à chaleur)

3.2.6.1 Géothermie basse température de faible profondeur

La géothermie basse température¹⁰ de faible profondeur s'appuie sur des forages ne dépassant généralement pas 400 m de profondeur. La chaleur du sous-sol est extraite à l'aide de sondes géothermiques verticales (SGV) ou de géostructures énergétiques. La quasi-totalité du territoire est classée en tant que zone à spectre spécifique favorable à l'implantation de géostructures énergétiques. Certaines zones réduites à l'Est de la commune sont des zones F2 témoignant d'une instabilité importante. Dans ces zones, lorsque l'implantation est autorisée, les bâtiments d'une certaine taille doivent être munis de géostructures profondes. Ces géostructures peuvent être équipées de récupérateurs de chaleur.

¹⁰ La notion de basse température se réfère à la température du sous-sol à la profondeur de forage et, par extension, à la température d'utilisation de la ressource. Le gradient géothermique (augmentation de la température avec la profondeur) est de 3°C/100 m de profondeur.

s'affranchir de l'utilisation de pompe à chaleur et donc de l'investissement y relatif. Cette solution peut alors devenir très concurrentielle tant sur le plan économique qu'environnemental. Après étude complémentaire, ce projet a été abandonné, notamment pour des raisons de rentabilité économique. Pour plus d'informations sur ce projet, le rapport « Géothermie profonde à Yverdon-les-Bains » élaboré en 2013 par le groupement GP YVERDON peut être consulté.

3.2.7 Aerothermie (couplage avec des pompes à chaleur)

La chaleur de l'air ambiant peut être exploitée grâce à des pompes à chaleur air-eau. Même si cette technologie est moins efficace que les PAC sur SGV (ou les PAC eau-eau), elle permet une production de chaleur grâce à une consommation électrique réduite en comparaison au chauffage électrique standard. Par ailleurs, les coûts d'installation sont plus faibles que ceux des SGV. Tout comme ces dernières, la technologie PAC air-eau convient surtout aux bâtiments nécessitant un approvisionnement en chaleur à basse-moyenne température. Le problème principal des pompes à chaleur air-eau est le risque de nuisances sonores. Ce type de système peut être trop bruyant si des mesures de limitation des émissions de bruit ne sont pas prises.

3.2.8 Biomasse

3.2.8.1 Bois

Il n'y pas de bois exploitable à des fins énergétiques sur le territoire communal. Néanmoins, une étude sur l'installation potentielle d'un chauffage à distance à bois élaborée par Planair SA articule un potentiel disponible d'environ 75'000 m³ de plaquettes forestières par an dans un rayon de 20 km. Cette étude a été affinée et complétée dans le cadre de compléments d'analyse à l'approvisionnement en bois du CAD Santal mené par CAD Léman SA. Ce complément a identifié un volume d'approvisionnement réaliste de 30'100 m³ de plaquettes, soit **20,5 GWh/an productibles par combustion**. Cette approvisionnement pourrait se faire via des acteurs de la filière bois présents sur le territoire d'Yverdon-les-Bains.

En parallèle, l'approvisionnement en bois de déchets à également été étudié. Le potentiel réaliste est de 53'500 m³ disponible dans un rayon de 12km. Ce type de bois présente un avantage concurrentiel sur le plan économique avec un coût de combustible 5 fois plus bas que du bois de plaquette. Cependant, les coûts d'investissements, d'exploitation et de remplacement de matériel sont plus élevés que celui d'une installation fonctionnant avec des plaquettes forestières.

Notons qu'Yverdon-les-Bains se trouve dans une zone d'immiscions excessives selon les autorités cantonales. Par conséquent, selon l'art. 28a de la nouvelle loi sur l'énergie (LVLEne, 2014), la part d'eau chaude sanitaire produite grâce au bois ne peut pas être comptée comme renouvelable, sauf si elle est distribuée à travers un réseau de chauffage à distance. En outre, pour des installations de puissance supérieure à 70 kW, des restrictions beaucoup plus strictes en matière d'environnement entrent en vigueur, que ce soit concernant les caractéristiques de l'installation ou les contrôles périodiques (en particulier au niveau du traitement des fumées).

3.2.8.2 Boues d'épuration et biogaz

La méthanisation des boues de la STEP ont permis de produire 606'748 m³ de biogaz en 2018.

La STEP dispose de 3 couplages chaleur-force (CCF) fonctionnant grâce à ce biogaz. Ils ont permis de produire 1.12 GWh d'électricité et 1.75 GWh de chaleur en 2018. Une énergie électrique de 0.9 GWh et de 1.19 GWh de chaleur ont été utilisés à la STEP. La production électrique restante (212 MWh) a été injectée dans le réseau et la chaleur restante (557 MWh) n'a pas été valorisée.

Dans un futur proche, la STEP verra sa capacité de traitement des eaux usées augmenter de 35'000 EH hydrauliques à 45'000 EH hydrauliques à horizon 2021. La mise en service de deux nouvelles lignes en 2022 permettra d'atteindre une capacité de 70'000 EH hydrauliques à termes. La production de biogaz augmentera également, mais il n'est pour l'heure pas possible de prédire si cette évolution sera proportionnelle.

3.2.8.3 Déchets verts

Les déchets verts sont actuellement livrés à Axpo Kompogaz à Chavornay par l'intermédiaire de la STRID. Cette entreprise les méthanise et produit de l'électricité. Selon leur bilan, la méthanisation de ces déchets permet de produire entre 1'023 et 1'389 MWh/an d'électricité et entre 824 et 1'329 MWh/an de chaleur. Etant donné que

la Commune est sous contrat avec la STRID et que la méthanisation se fait en dehors des frontières communales, cette énergie n'est pas considérée comme étant produite et utilisée localement.

Par ailleurs, un projet d'usine de méthanisation à Gressy est envisagé. Etant donné l'état d'avancement actuel du projet, aucune autre information n'est à disposition.

3.2.8.4 *Couplage chaleur force et gazéification*

La biomasse peut être valorisée de différentes manières. Si les chaudières sont en règle générale privilégiées, il existe des technologies complémentaires ou alternatives. Parmi ces technologies, nous en citerons ici deux à savoir le couplage chaleur force (par exemple cycle ORC / turbine à vapeur) qui peut être couplé à une chaudière bois et permet de produire simultanément de la chaleur et de l'électricité, ou encore la gazéification du bois dont le gaz de synthèse obtenu peut être utilisé dans un moteur de cogénération produisant lui aussi de la chaleur et de l'électricité. L'étude « Analyse de systèmes de transformation du bois énergie »¹¹ réalisé par le bureau Quantis pour la DIREN recommande d'encourager les systèmes de valorisation énergétique produisant à la fois de l'énergie électrique et de la chaleur à partir du bois.

Ces deux types de technologies (couplage chaleur force et gazéification) ont été considérées dans le cadre du complément d'étude¹² pour la production d'énergie par chauffage à distance au bois à Yverdon-les-Bains. Il en ressort que la rentabilité de ces deux technologies n'est à ce jour pas concurrentielle avec des systèmes conventionnels de chaudière bois. Un soutien économique du canton ou de la confédération sera nécessaire pour implémenter ce type de technologie selon un business model économiquement viable. Néanmoins ces technologies et le cadre politique qui les entoure seront suivis de près dans les années à venir car les couplage chaleur force et la gazéification du bois pourraient avoir un rôle à jouer dans l'atteinte des objectifs énergétiques de la Ville.

3.2.9 Rejets thermiques

3.2.9.1 *Eaux usées*

Sortie de STEP

Une étude d'EKZ (EKZ, 2013) chiffre une puissance thermique maximale exploitable dans les eaux usées en sortie de STEP de 2'325 kW. Ce potentiel devra être revu à la hausse étant donné l'augmentation prochaine de la capacité de traitement de la STEP. Elle verra sa capacité de traitement des eaux usées augmenter de 35'000 EH hydrauliques à 45'000 EH hydrauliques à horizon 2021, puis la mise en service de nouvelles lignes permettra d'atteindre une capacité de 70'000 EH hydrauliques à termes. L'augmentation du nombre d'EH hydraulique aura une répercussion sur le débit d'eau à la STEP. Pour une température en sortie de STEP équivalente, la puissance thermique récupérable augmentera proportionnellement au débit.

A ce potentiel peut s'ajouter la chaleur non valorisée du CCF de la STEP. Dans le cas d'un réseau thermique exploitant les eaux usées, cette chaleur peut également y être injectée.

Collecteurs

Etant donné le projet de valorisation de la chaleur des eaux usées en sortie de STEP, la Commune a décidé de ne pas considérer le potentiel énergétique des collecteurs.

3.2.9.2 *Rejets thermiques industriels*

Le Parc Scientifique et Technique d'Yverdon-les-Bains (Y-Parc) a fait l'objet d'une étude sur la valorisation des rejets thermiques industriels sur site (Weinmann-Energies SA, 2010). Les résultats de cette étude ont démontré que les rejets thermiques ne sont pas suffisants pour alimenter un chauffage à distance approvisionnant les

¹¹https://www.vd.ch/fileadmin/user_upload/themes/environnement/energie/fichiers_pdf/Rap-171219-transformation-bois.pdf

¹² Etudes de variantes pour le développement du CAD Santal

bâtiments de la zone. Cependant, cette même étude conseille d'étudier des solutions de valorisation des rejets thermiques au cas par cas entre les diverses entreprises du Y-Parc.

POTENTIEL DE REJETS THERMIQUES			
Entreprise	Exploité actuellement pour leurs propres besoins [MWh/an]	Futur pour leurs propres besoins [MWh/an]	Futur disponible pour tiers [MWh/an]
Heraus Materials SA	230	2.7	0
Schott Suisse SA	200	280	0
Lamina Technologies SA	100	Potentiel possible, à évaluer	0

Tableau 8: Potentiel de rejets thermiques des entreprises du site Y-Parc (Weinmann-Energies SA, 2010)¹³

Des possibles synergies devront être prises en compte lors de la conception de nouveaux bâtiments.

Plusieurs nouveaux bâtiments s'installeront à Y-Parc dans le futur proche. Dans le tableau qui suit les nouveaux projets en cours et futurs sont indiqués, ainsi que leur consommation énergétique estimée :

NOUVEAUX PROJETS A Y-PARC ET INTENTIONS DE PROJETS CONNUES					
Entreprise	Type d'activité	Parcelle	Consommation électrique (kWh/an)	Consommation en chaleur (kWh/an)	Remarques
Kinder City	Centre ludo-scientifique pour enfants et services	5303	250'000	396'000	Consommation électrique selon SIA 380/1
Incyte	Industrie de recherche et production pharmaceutique	3016	7'540'000	2'847'500	Données transmises par le propriétaire
Sylvac	Industrie pour la production d'instruments pour la métrologie	6495	Electricité : 70'915 Refroidissement : 100'000	600'000	Données communiquées lors de la mise à l'enquête
UPSA	Centre de formation de l'union professionnelle suisse de l'automobile	6443	155'820	Chauffage : 207'213 ECS : 57'819	Données communiquées lors de la mise à l'enquête
CRISSIMOB Et PERRET-GENTIL + REY	Bureau d'ingénieurs et autres services	5449	Bâtiment A : 339'320 Bâtiment B : 55'105	Bâtiment A : Chauffage : 416'845 ECS : 120'247 Bâtiment B : Chauffage : Performance ponctuelle ECS : 19'418	Données communiquées lors de la mise à l'enquête

Tableau 9: Nouveaux projets à Y-PARC CET intentions de projet (source : URB)

¹³ La mise à jour des rejets thermiques s'appuiera sur les données issues du Canton de Vaud une fois réceptionnées. Au 28.01.2020 ces dernières étaient toujours en attente. Les données tel que les rejets thermiques d'Incyte SA seront intégrées à ce moment-là.

Ces données font partie intégrante des études menées par la ville dans le développement des réseaux énergétiques (chauffage à distance, gaz, eau et électricité).

3.2.9.3 *Autres rejets thermiques*

Centre thermal d'Yverdon-les-Bains

Les bassins du Centre Thermal sont vidangés périodiquement. L'eau du bassin intérieur est vidée une fois par semaine et celle des deux bassins extérieurs est vidée une fois par mois. La source du centre thermal fait état d'un débit de 25 l/s à une température de 28 °C. Pour simplifier, la température de l'eau des bassins est aussi estimée à 28°C. En sortie de bassin, l'eau est ensuite rejetée dans le Buron. La température du Buron n'est pas connue ; elle sera donc estimée à 10°C, température limite de rejet hypothétique des eaux après exploitation.

Le potentiel de récupération de chaleur au centre thermal est exprimé dans le tableau suivant :

POTENTIEL DE RECUPERATION DE CHALEUR AU CENTRE THERMAL				
	Bassin intérieur	Bassin extérieur 1	Bassin extérieur 2	Exploitation directe de la source
Volume/débit	140'000 l	350'000 l	450'000 l	25 l/s
Température [°C]	28			
Température limite de rejet [°C]	10			
Potentiel de récupération de chaleur [MWh/an]	152	88	113	16'148
Disponibilité	Une fois par semaine	Une fois par mois	Une fois par mois	Continue (hormis lors des périodes de remplissage des bassins)

Tableau 10: Potentiel de récupération de chaleur au centre thermal d'Yverdon-les-Bains

Une récupération de chaleur à l'aide d'une PAC a déjà été tentée. Elle avait été dimensionnée pour récupérer la chaleur sur la source (entre les périodes de remplissage) ainsi que sur les eaux rejetées après vidange des bassins. Elle fut démontée après 10'000 h de fonctionnement à cause de la durée de vie réduite de l'échangeur, la qualité des eaux en étant la cause : le sulfure (S^{2-}), le sulfure d'hydrogène (H_2S) et l'oxygène contenus dans l'eau nuisaient à l'installation.

Source Arkina

Aucune information sur le potentiel énergétique de la source Arkina n'est disponible. En attente d'informations de la part du Canton de Vaud sur la base des données de l'étude « Rejets thermiques VD ».

3.2.10 Energies de réseau

3.2.10.1 *Réseau de gaz*

Un réseau de gaz approvisionne l'ensemble de la commune. Il est composé d'environ 148 km de conduites et satisfait une demande globale de 312 GWh/an, dont 255 GWh/an sur la Commune (serres hors des limites communales mais approvisionnées par le réseau non comprises).

3.2.10.2 *Réseau de chauffage à distance*

Plusieurs réseaux de chauffage à distance existent sur le territoire communal.

Un CAD à gaz alimente le château et quelques bâtiments avoisinants (puissance de chauffe totale estimée de 538 kW).

Un CAD à gaz alimente quelques bâtiments de la zone de la Vilette (puissance de chauffe totale estimée à 3.5 MW).

Par ailleurs, trois autres réseaux de chauffage à distance ont été planifiés et réalisés pour tout ou partie entre 2013 (année de référence des données au moment de l'étude de planification énergétique territoriale) et fin 2019. Il s'agit des réseaux CAD Lotus, CAD STEP et CAD Santal.

Le réseau CAD Lotus, alimenté par un CCF à gaz, a été inauguré en 2015. Ce CAD alimente le Grand Hôtel des Bains, le centre thermal et l'Hôpital, pour une puissance de chauffe totale d'environ 4.7 MW et une consommation annuelle totale d'environ 10 GWh/an (Municipalité d'Yverdon-les-Bains, 2014). (Données 2016).

Le réseau CAD STEP, alimenté par une boucle anergie valorisant la chaleur résiduelle des eaux de la STEP, a été inauguré en 2019. Ce CAD alimente le collège des rives, la piscine, la patinoire, la salle de la Marive, la caserne SDIS II, et bientôt le stade municipal pour une puissance de 1,3 MW et une consommation annuelle d'environ 3 GWh de chaleur par an. Il est prévu qu'à l'horizon 2030 ce réseau alimente de nouveaux bâtiments pour une puissance totale de 3,6 MW (Rapport d'étude du développement du CAD STEP Phase 4.32, Planair, décembre 2018).

Le réseau CAD Santal sera alimenté par des chaudières approvisionnées en bois local et par un appoint gaz. Le réseau est en cours de réalisation. Ce CAD alimentera à terme des bâtiments des quartiers Champs-Lovats – PST (Y-PARC), Pierre-de-Savoie, les Isles et les Moulins pour une puissance de 8 MW et une consommation annuelle d'environ 20 GWh de chaleur par an à l'horizon 2031 (Etude de faisabilité détaillée du CAD Santal, Weinmann énergies, novembre 2016).

4 Le scénario énergétique consolidé à l'horizon 2050

Le scénario énergétique consolidé à l'horizon 2050 découle des résultats des deux études diligentées par le Service des énergies (planification énergétique et consolidation technico-économique) et il propose une vision cohérente et réaliste du développement énergétique de la ville à l'horizon 2050.

4.1 Hypothèses de base

Le scénario consolidé à l'horizon 2050 a été élaboré sur la base des consommations énergétiques globales en chaleur et en électricité prévues par l'étude PlanETer pour les scénarios ambitieux, à l'horizon 2050. Un mix énergétique a été défini pour chacune des 19 zones énergétiques identifiées sur le territoire de la Commune en tenant compte des ressources répertoriées, de la faisabilité technico-économique et des spécificités du territoire.

Sur la base de ces informations, les lignes directrices suivantes ont guidé la définition du mix énergétique :

- Dans la mesure du possible, les réseaux de chauffage à distance sont privilégiés, en cohérence avec l'article 24 de la loi sur l'énergie du Canton de Vaud (LVLEne).
- La ressource bois-énergie est encouragée dans les limites du potentiel disponible et selon les restrictions prévues par la loi sur l'implantation de chauffages à bois (pour la commune d'Yverdon-les-Bains : zone à immiscions excessives de type 2).
- L'utilisation des pompes à chaleur sur sonde géothermique ou sur nappe est favorisée là où les caractéristiques du sol le permettent.
- L'exploitation optimale du potentiel solaire thermique et photovoltaïque est favorisée.
- Les pompes à chaleur air/eau sont favorisées lorsqu'une des solutions présentées ci-dessus n'est pas disponible.
- La substitution des chauffages à mazout par des ressources moins polluantes est fortement encouragée.
- La substitution des chauffages électriques directs par des ressources plus efficaces est fortement encouragée.

4.1.1 Introduction

Le scénario énergétique 2050 présenté ci-après se base sur une évolution du parc bâti qui tient compte d'un accroissement de la surface brute de plancher d'environ 1'337'506 m² à l'horizon 2050. Cette évolution correspond à une augmentation de la population d'environ 15'000 habitants, ainsi que d'un taux de rénovation qui oscille entre 1% et 2% par an, selon le quartier. On observe une réduction de 10% des besoins en chaleur, une hausse de 31% des besoins en eau chaude sanitaire et de 12% des besoins en électricité. La réduction des besoins en chaleur est provoquée par une nette réduction des consommations des bâtiments existants grâce à la rénovation et à l'enveloppe plus performante des nouvelles constructions. A l'inverse, les besoins en eau chaude sanitaire et en électricité, plus difficiles à réduire, s'accroissent en corrélation avec l'augmentation de la population.

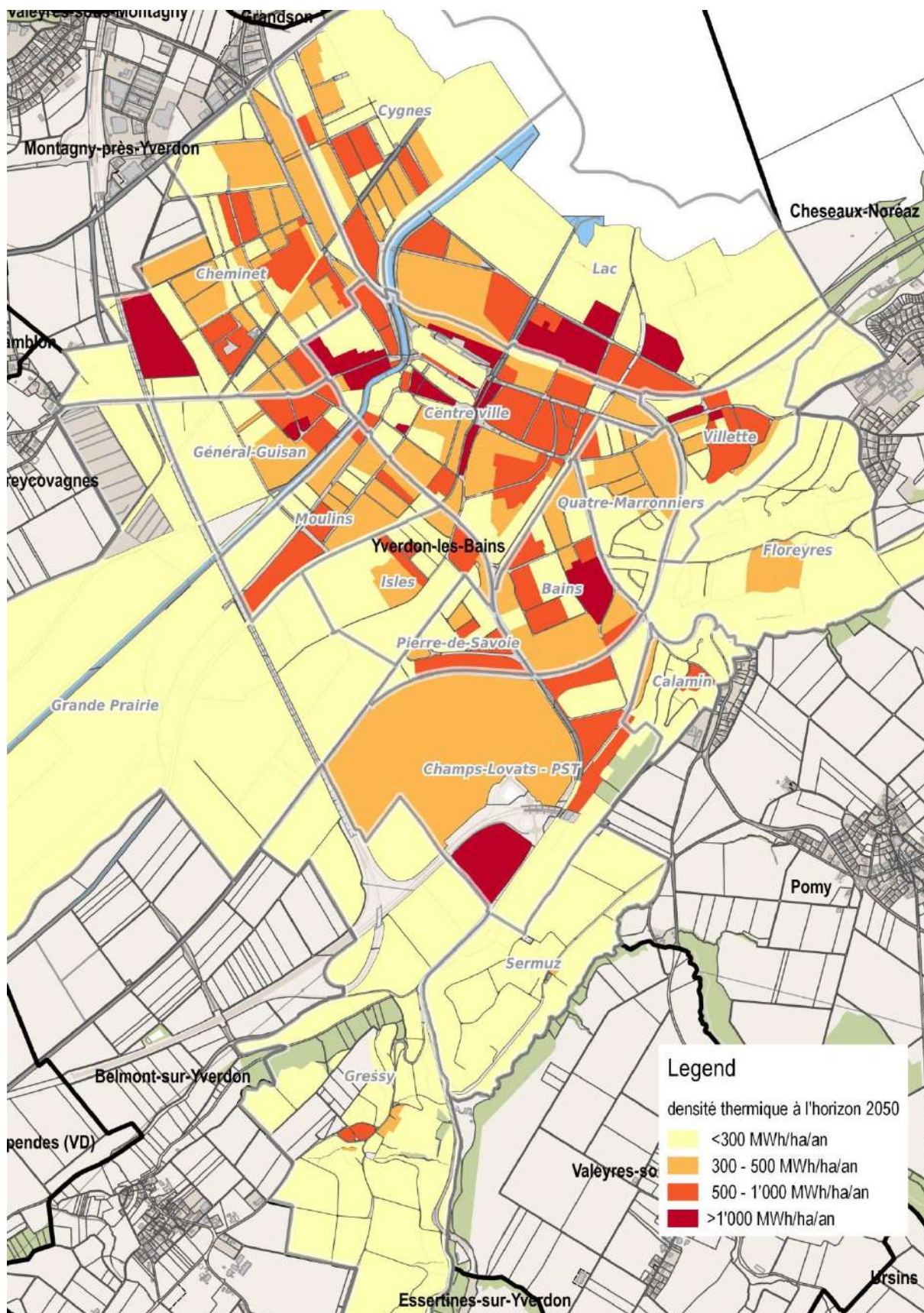


Figure 8: Densité des besoins en chaleur par hectare, par an, à l'horizon 2050.

La Figure 8 illustre la densité de besoins thermiques par hectare à l'horizon 2050. Grâce à la rénovation des bâtiments, les besoins de chaleur des quartiers denses, comme le Centre-ville, pourraient être fortement réduits. Dans la zone des Champs-Lovats-PST, la consommation augmente suite à l'implantation de nouvelles industries sur le site d'Y-Parc. Les nouveaux quartiers, comme, par exemple, Gare-Lac, Aux Parties et Roseyres, n'engendrent pas un accroissement important de la densité thermique, grâce aux meilleures performances énergétiques des nouvelles constructions.

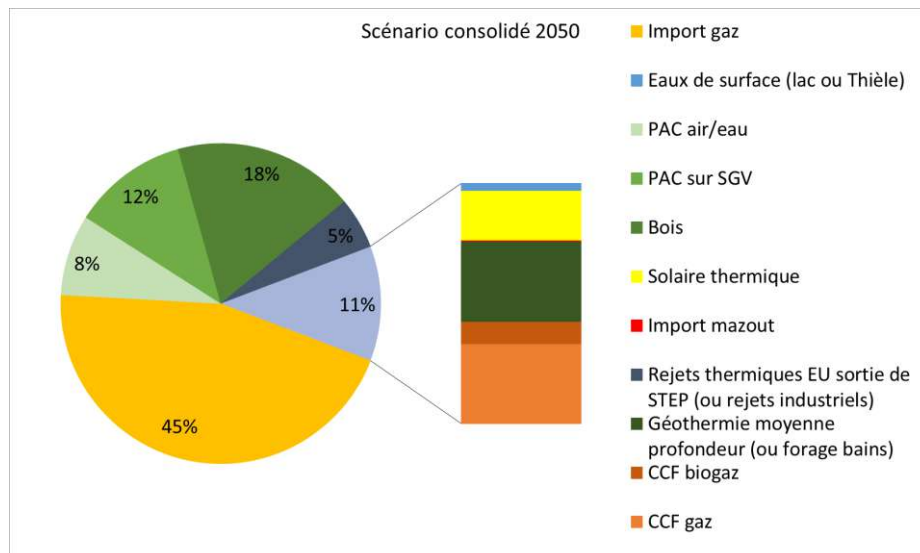


Figure 9: Couverture des besoins en chaleur par type de ressource, horizon 2050.

La Figure 9 illustre la répartition de la couverture des besoins en chaleur par les différentes ressources énergétique disponibles. Parmi les changements les plus importants dans le mix d'approvisionnement par rapport à la situation actuelle, on souligne une forte diminution de la part de gaz naturel, une augmentation de la part des pompes à chaleur et du bois-énergie. La Ville d'Yverdon-les-Bains étant incluse dans une zone à immersions excessives de type 2, les installations de chauffage à bois sont soumises à des exigences particulières établies par l'autorité cantonale. Consciente de cette problématique, la Ville vise à minimiser l'impact des nouvelles installations en privilégiant celles de moyenne ou grande puissance et encourage un approvisionnement en bois local et de qualité telle à minimiser les émissions. Les technologies à faibles émissions de poussières fines et d'oxydes d'azote seront privilégiées.

La production photovoltaïque locale est six fois plus importante qu'en 2013 et la production électrique par le biais du biogaz également légèrement accrue. La part des besoins totaux (chaleur et électricité) satisfaite par des énergies renouvelables locales atteint le 40%. Les émissions de GES par an et par habitant diminuent à 0.84 tonnes équivalent.

Sur la base de ces considérations générales, 19 fiches de synthèse, soit une par zone énergétique définie sur le territoire communal, détaillent le scénario d'approvisionnement énergétique à l'horizon 2050. Chaque fiche contient les informations suivantes :

- 1.0 Carte de la zone
- 1.1 Description
- 1.2 Point clés
- 1.3 Besoins énergétiques actuels et dans le scénario consolidé à l'horizon 2050.
- 1.4 Ressources énergétiques pour l'approvisionnement en chaleur et électricité dans la situation actuelle et dans le scénario consolidé à l'horizon 2050.
- 1.5 Répartition par usages de l'électricité actuelle et dans le scénario consolidé
- 1.6 Graphiques de la répartition par usages de la chaleur et de l'électricité

Chaque fiche doit servir de base pour l'alignement des futurs plans de développement urbain sur la planification énergétique communale.

4.1.2 Fiche par zone

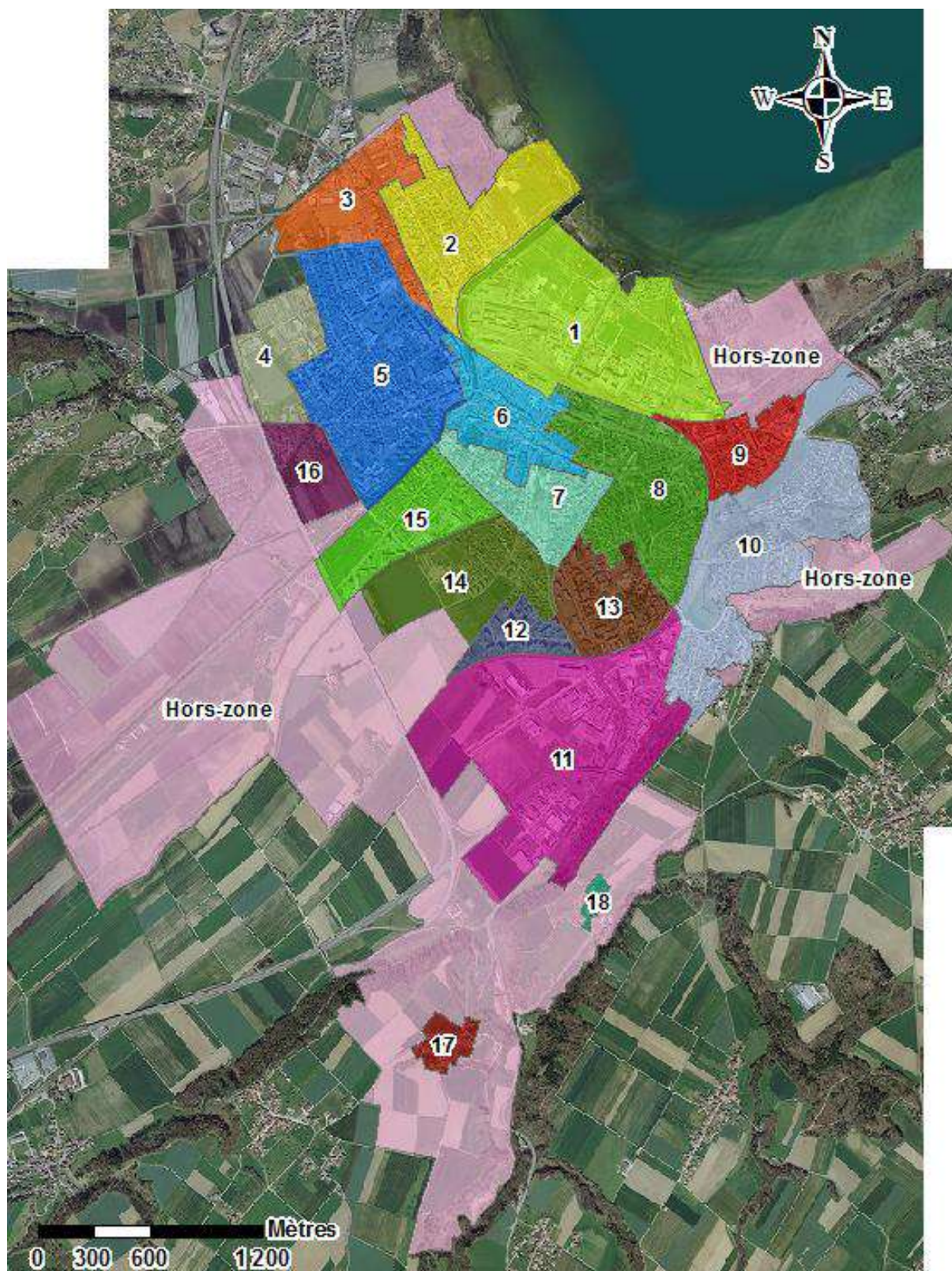
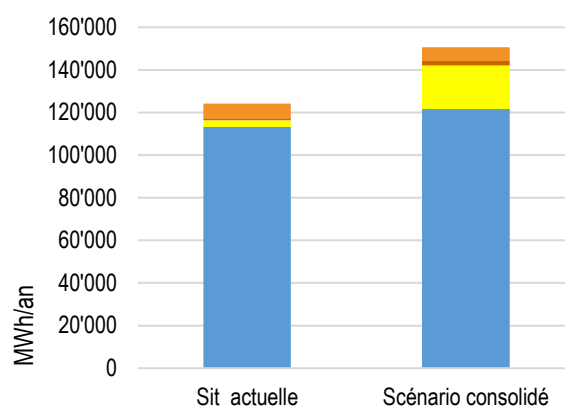
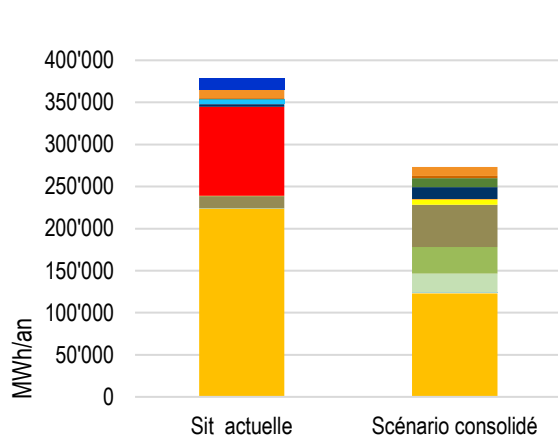


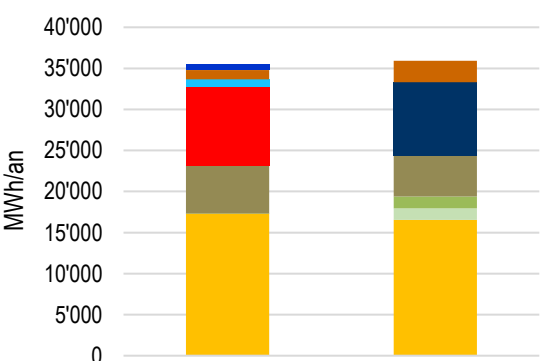
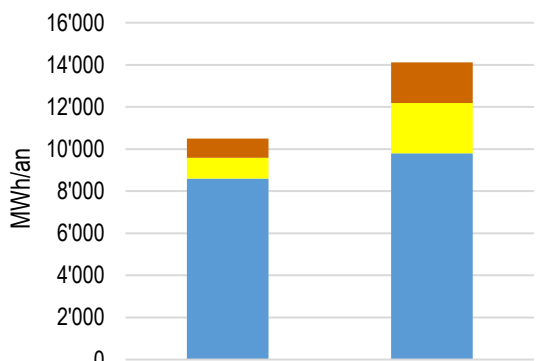
Figure 10: Découpage du territoire communal en zones énergétiques

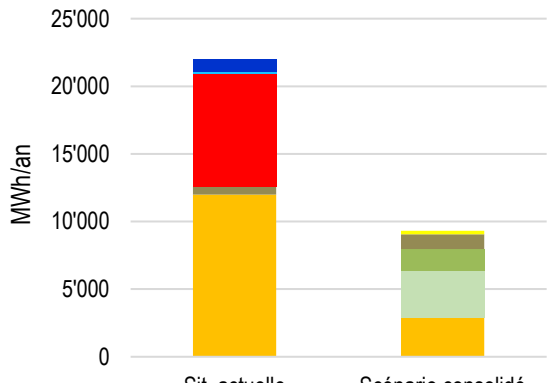
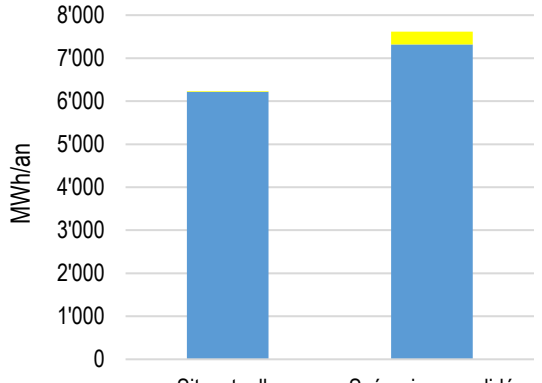
Total des zones				
Besoins énergétiques		Sit actuelle		Scénario consolidé
		MWh/an	%	MWh/an
Besoins en chauffage		346'196	70%	227'310
Besoins en ECS		32'991	7%	45'852
Besoins en électricité (hors chauffage)		117'892	24%	132'419
Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur (chal) et électricité (élec)				
Import gaz		223'537	59%	123'142
Eaux de surface (lac)		0	0%	1'000
PAC air/eau		247	0%	22'322
PAC sur SGV		227	0%	31'828
Bois		14'722	4%	50'020
Solaire thermique		359	0%	6'563
Import mazout		105'728	28%	147
Rejets thermiques EU sortie de STEPou rejets industriels		2'923	1%	14'218
Chauffage électrique direct		5'955	2%	0
Géothermie moyenne profondeur		268	0%	10'556
CCF biogaz		1'152	0%	2'965
CCF gaz		10'400	3%	10'400
Inconnu		13'674	4%	0
Importation d'électricité		113'233	91%	121'679
Solaire PV		3'147	3%	20'342
CCF biogaz		911	15%	2'137
CCF gaz		6'933	6%	6'560
Utilisation de l'électricité				
Hors chaleur		117'892	95%	132'419
Pompes à chaleur		139	0%	17'858
Chauffage électrique direct		5'955	5%	0

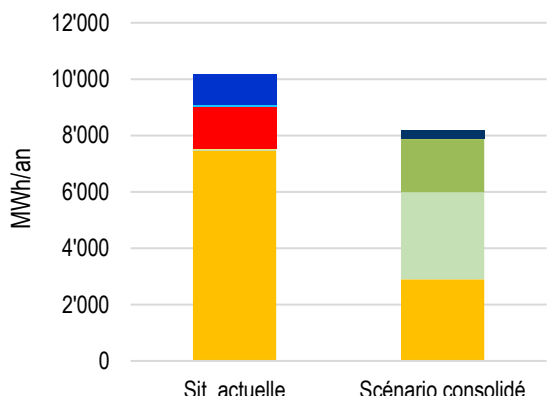
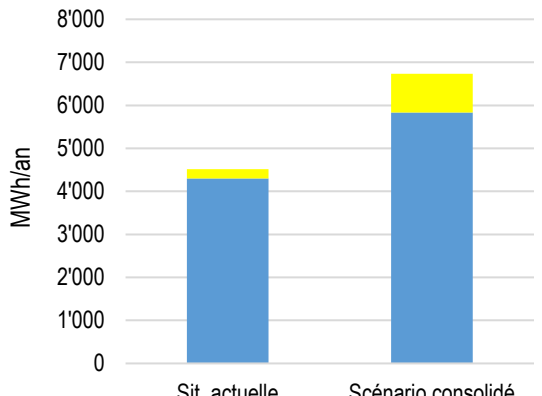


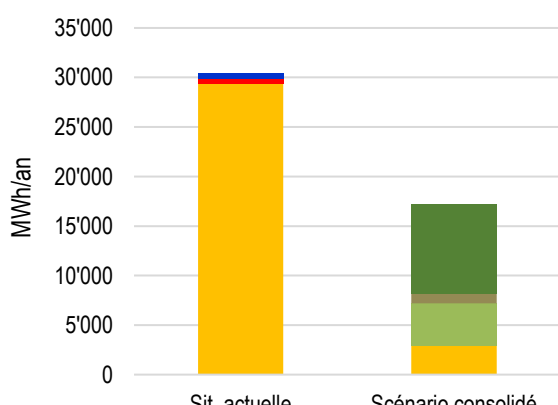
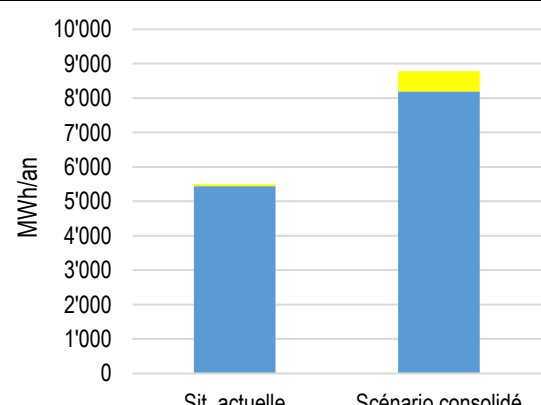
- Inconnu
- CCF gaz
- CCF biogaz
- Géothermie moyenne profondeur
- Chauffage électrique direct
- Rejets thermiques EU sortie de STEP
- Import mazout
- Solaire thermique
- Bois
- PAC sur SGV
- PAC air/eau
- Eaux de surface (lac)
- Import gaz

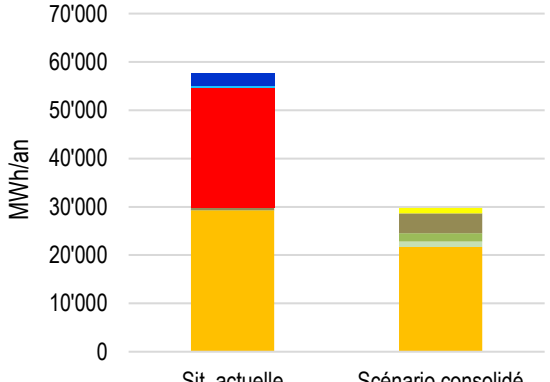
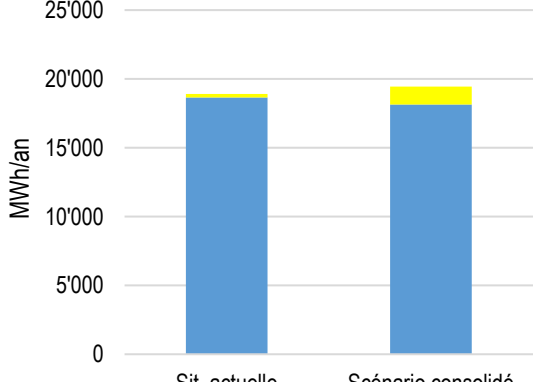
- Importation d'électricité
- Solaire PV
- CCF biogaz
- CCF gaz

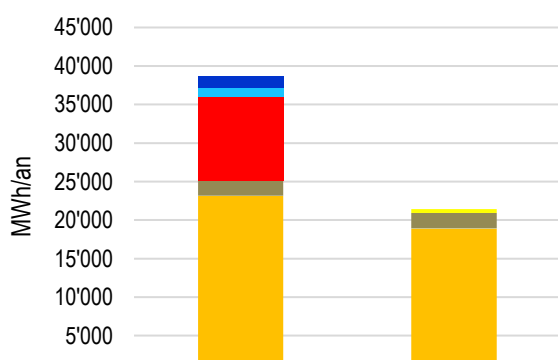
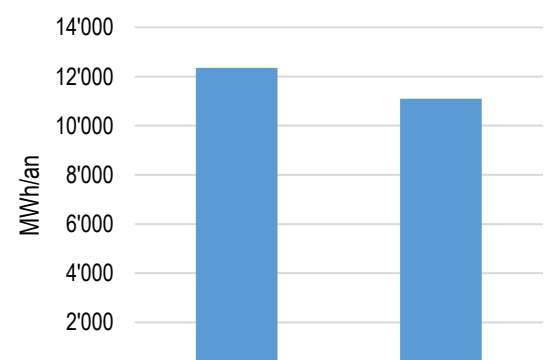
Fiche de zone		ZONE		1	
1.0. Carte		1.1 Description			
		La zone "Lac" borde comme son nom l'indique le lac de Neuchâtel. Le projet de développement Gare-Lac - Centre Gare vise à reconstruire une grande partie de la zone.			
		1.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée - Grande évolution dans le futur (diminution des niveaux de température et augmentation des besoins. - Beaucoup de possibilités d'approvisionnement énergétique dans cette zone - Nouvelle loi vaudoise sur l'énergie à considérer particulièrement pour cette zone (exigences pour les nouveaux bâtiments)			
1.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
1.3.1.	Besoins en chauffage	32'954	73%	30'733	62%
1.3.2.	Besoins en ECS	2'506	6%	5'199	11%
1.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	9'580	21%	13'290	27%
1.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
1.4.1.	Import gaz	17'322	49%	16'551	46%
1.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
1.4.3.	PAC air/eau	5	0%	1'413	4%
1.4.4.	PAC sur SGV	5	0%	1'413	4%
1.4.5.	Bois	5'809	16%	5'020	14%
1.4.6.	Solaire thermique	2	0%	2	0%
1.4.7.	Import mazout	9'654	27%	0	0%
1.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	8'918	25%
1.4.9.	Chauffage électrique direct	860	2%	0	0%
1.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
1.4.11.	CCF biogaz	1'152	3%	2'615	7%
1.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
1.4.13.	Inconnu	651	2%	0	0%
1.4.14.	Importation d'électricité	8'588	82%	9'789	69%
1.4.15.	Solaire PV	989	9%	2'388	17%
1.4.16.	CCF biogaz	911	9%	1'937	14%
1.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
1.5.	Utilisation de l'électricité				
1.5.1.	Hors chaleur	9'580	92%	13'290	94%
1.5.2.	Pompes à chaleur	3	0%	918	6%
1.5.3.	Chauffage électrique direct	860	8%	0	0%
1.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					
Sit actuelle		Scénario consolidé			

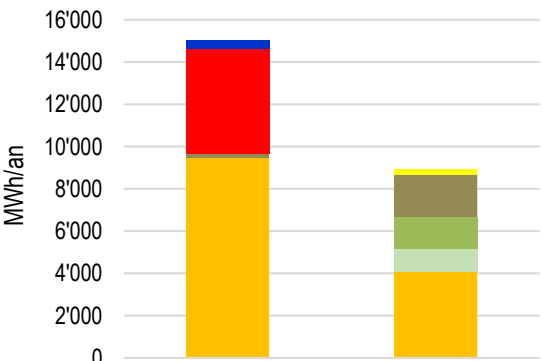
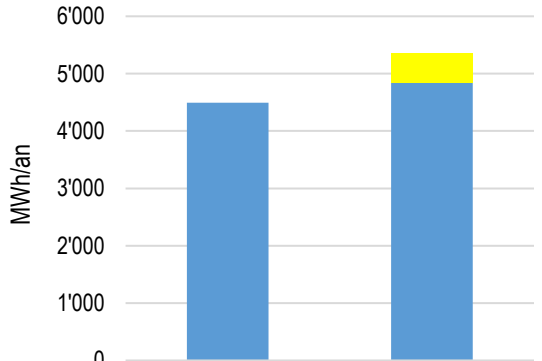
Fiche de zone		ZONE		2	
2.0. Carte		2.1 Description			
		La zone "Cygnes" borde également le lac de Neuchâtel. Le Nord-Est de la zone n'est pas construit : c'est une zone d'utilité publique (aire sportive, camping, verdure et aire forestière).			
		2.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée - Zone saturée - La majorité des bâtiments sont des logements individuels - Le mazout et le gaz couvrent un total de 92% des besoins de chaleur de la zone (respectivement 38% et 54%) - Les bâtiments sont majoritairement anciens			
2.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
2.3.1.	Besoins en chauffage	20'279	72%	7'693	50%
2.3.2.	Besoins en ECS	1'740	6%	1'622	11%
2.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	6'049	22%	6'054	39%
2.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
2.4.1.	Import gaz	11'988	54%	2'880	31%
2.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
2.4.3.	PAC air/eau	0	0%	3'523	38%
2.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	1'561	17%
2.4.5.	Bois	563	3%	1'100	12%
2.4.6.	Solaire thermique	11	0%	250	3%
2.4.7.	Import mazout	8'356	38%	0	0%
2.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
2.4.9.	Chauffage électrique direct	177	1%	0	0%
2.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
2.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
2.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
2.4.13.	Inconnu	924	4%	0	0%
2.4.14.	Importation d'électricité	6'220	100%	7'319	96%
2.4.15.	Solaire PV	15	0%	300	4%
2.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
2.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
2.5.	Utilisation de l'électricité				
2.5.1.	Hors chaleur	6'049	97%	6'054	79%
2.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	1'565	21%
2.5.3.	Chauffage électrique direct	177	3%	0	0%
2.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

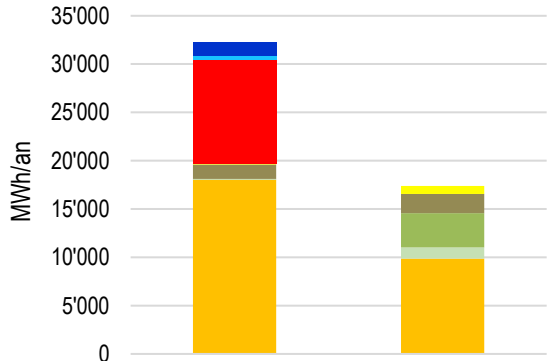
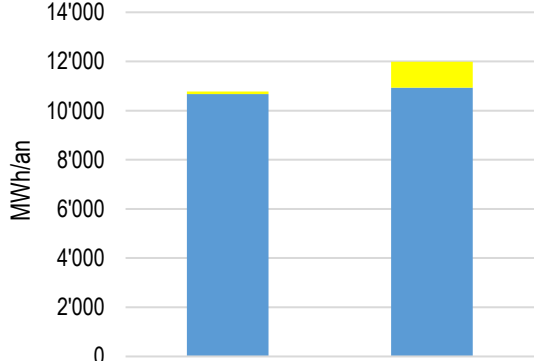
Fiche de zone		ZONE		3	
3.0. Carte		3.1 Description			
		Cette zone à densité du bâti relativement faible est une zone d'activité selon le PGA. Elle abrite divers bâtiments administratifs et industriels principalement.			
		3.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques moyenne à élevée - Les affectations principales sont l'industrie (33% de la SRE) et l'administration (39% de la SRE) 73% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz - Les bâtiments sont majoritairement anciens			
3.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
3.3.1.	Besoins en chauffage	9'532	65%	7'121	53%
3.3.2.	Besoins en ECS	645	4%	1'056	8%
3.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	4'397	30%	5'232	39%
3.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
3.4.1.	Import gaz	7'457	73%	2'894	35%
3.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
3.4.3.	PAC air/eau	23	0%	3'093	38%
3.4.4.	PAC sur SGV	23	0%	1'888	23%
3.4.5.	Bois	0	0%	0	0%
3.4.6.	Solaire thermique	2	0%	2	0%
3.4.7.	Import mazout	1'496	15%	0	0%
3.4.8.	Rejets thermiques industriels	0	0%	300	4%
3.4.9.	Chauffage électrique direct	101	1%	0	0%
3.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
3.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
3.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
3.4.13.	Inconnu	1'075	11%	0	0%
3.4.14.	Importation d'électricité	4'298	95%	5'835	87%
3.4.15.	Solaire PV	219	5%	900	13%
3.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
3.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
3.5.	Utilisation de l'électricité				
3.5.1.	Hors chaleur	4'397	97%	5'232	78%
3.5.2.	Pompes à chaleur	15	0%	1'503	22%
3.5.3.	Chauffage électrique direct	101	2%	0	0%
3.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

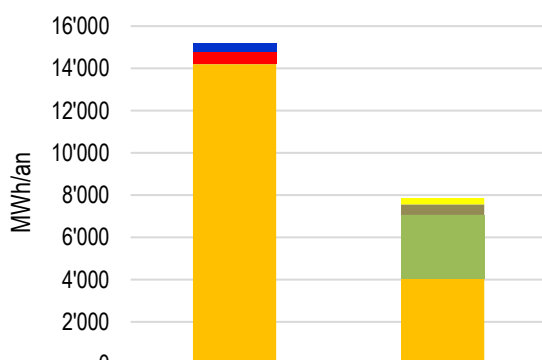
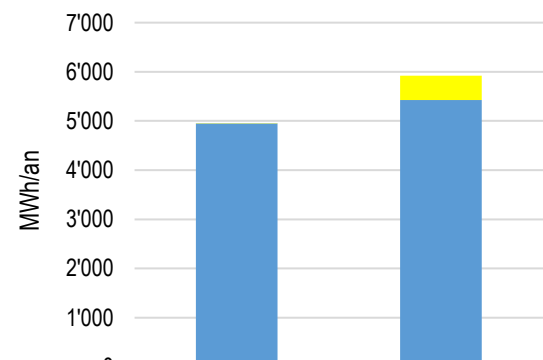
Fiche de zone		ZONE		4	
4.0. Carte		4.1 Description			
		La zone "Cheminet" est une zone d'activités qui contient des serres qui demandent un approvisionnement énergétique important.			
		4.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée - L'affectation principale est "dépôts" (51% de la SRE). Les serres sont considérées comme dépôts mais leurs besoins sont calculés différemment 97% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés en gaz 72% de la SRE date de l'époque 1981 à 1990			
4.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
4.3.1.	Besoins en chauffage	29'618	82%	15'783	69%
4.3.2.	Besoins en ECS	796	2%	1'423	6%
4.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	5'498	15%	5'701	25%
4.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
4.4.1.	Import gaz	29'361	97%	2'889	17%
4.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
4.4.3.	PAC air/eau	0	0%	0	0%
4.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	4'314	25%
4.4.5.	Bois	43	0%	1'000	6%
4.4.6.	Solaire thermique	3	0%	3	0%
4.4.7.	Import mazout	466	2%	0	0%
4.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
4.4.9.	Chauffage électrique direct	3	0%	0	0%
4.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	9'000	52%
4.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
4.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
4.4.13.	Inconnu	538	2%	0	0%
4.4.14.	Importation d'électricité	5'446	99%	8'194	93%
4.4.15.	Solaire PV	54	1%	586	7%
4.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
4.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
4.5.	Utilisation de l'électricité				
4.5.1.	Hors chaleur	5'498	100%	5'701	65%
4.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	3'079	35%
4.5.3.	Chauffage électrique direct	3	0%	0	0%
4.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

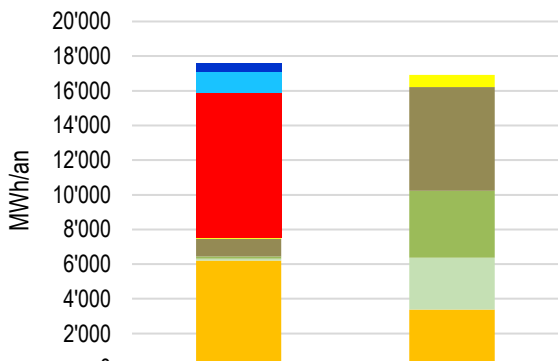
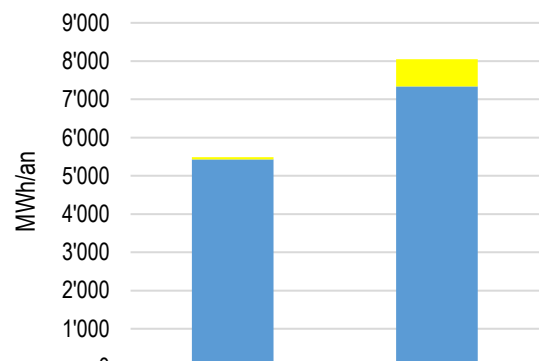
Fiche de zone		ZONE	5																				
5.0. Carte		5.1 Description																					
		Cette zone est principalement résidentielle. Elle comprend surtout des logements collectifs ainsi que des bâtiments administratifs.																					
		5.2 Points clés																					
		- Densité des besoins thermiques élevée 51% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 43% au mazout - Les bâtiments sont majoritairement anciens - La zone est quasiment saturée - Le canal de la Thièle passe à proximité, ce qui peut fournir des solutions énergétiques intéressantes																					
5.3.	Besoins énergétiques	<table> <tr> <th colspan="2">Sit actuelle</th><th colspan="2">Scénario consolidé</th></tr> <tr> <th>MWh/an</th><th>%</th><th>MWh/an</th><th>%</th></tr> <tr> <td>5.3.1. Besoins en chauffage</td><td>51'701 68%</td><td>23'697 49%</td><td></td></tr> <tr> <td>5.3.2. Besoins en ECS</td><td>5'989 8%</td><td>6'076 13%</td><td></td></tr> <tr> <td>5.3.3. Besoins en électricité (hors chauffage)</td><td>18'345 24%</td><td>18'635 38%</td><td></td></tr> </table>		Sit actuelle		Scénario consolidé		MWh/an	%	MWh/an	%	5.3.1. Besoins en chauffage	51'701 68%	23'697 49%		5.3.2. Besoins en ECS	5'989 8%	6'076 13%		5.3.3. Besoins en électricité (hors chauffage)	18'345 24%	18'635 38%	
Sit actuelle		Scénario consolidé																					
MWh/an	%	MWh/an	%																				
5.3.1. Besoins en chauffage	51'701 68%	23'697 49%																					
5.3.2. Besoins en ECS	5'989 8%	6'076 13%																					
5.3.3. Besoins en électricité (hors chauffage)	18'345 24%	18'635 38%																					
5.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité																						
5.4.1.	Import gaz	29'292 51%	21'694 73%																				
5.4.2.	Eaux de surface (lac)	0 0%	0 0%																				
5.4.3.	PAC air/eau	8 0%	1'101 4%																				
5.4.4.	PAC sur SGV	8 0%	1'745 6%																				
5.4.5.	Bois	468 1%	4'133 14%																				
5.4.6.	Solaire thermique	61 0%	1'100 4%																				
5.4.7.	Import mazout	24'727 43%	0 0%																				
5.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0 0%	0 0%																				
5.4.9.	Chauffage électrique direct	542 1%	0 0%																				
5.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0 0%	0 0%																				
5.4.11.	CCF biogaz	0 0%	0 0%																				
5.4.12.	CCF gaz	0 0%	0 0%																				
5.4.13.	Inconnu	2'585 4%	0 0%																				
5.4.14.	Importation d'électricité	18'652 99%	18'137 93%																				
5.4.15.	Solaire PV	269 1%	1'300 7%																				
5.4.16.	CCF biogaz	0 0%	0 0%																				
5.4.17.	CCF gaz	0 0%	0 0%																				
5.5.	Utilisation de l'électricité																						
5.5.1.	Hors chaleur	18'345 97%	18'635 96%																				
5.5.2.	Pompes à chaleur	5 0%	803 4%																				
5.5.3.	Chauffage électrique direct	542 3%	0 0%																				
5.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)																						
																							

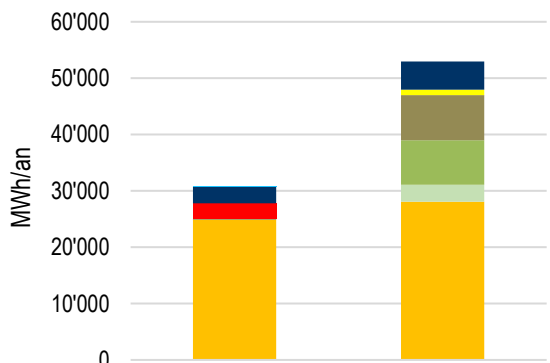
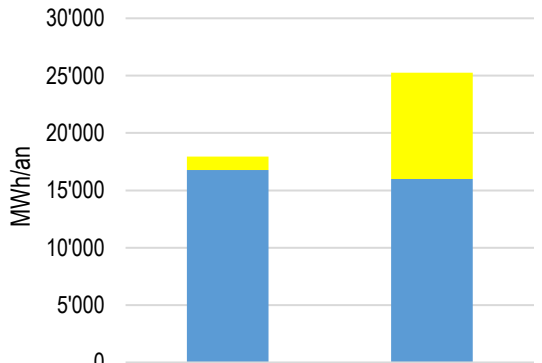
Fiche de zone		ZONE		6	
6.0. Carte		6.1 Description			
		Cette zone est celle du bourg, ce qui implique que les bâtiments sont anciens, très énergivores pour la plupart, et que les changements de système énergétique et rénovations sont difficiles à mettre en œuvre, pour des raisons économiques principalement. En effet, ces bâtiments sont protégés.			
		6.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée 57% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 28% au mazout - La zone est saturée - La configuration urbaine rend l'implantation de réseaux thermiques compliquée			
6.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
6.3.1.	Besoins en chauffage	34'996	70%	17'518	54%
6.3.2.	Besoins en ECS	3'736	7%	3'892	12%
6.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	11'112	22%	11'112	34%
6.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
6.4.1.	Import gaz	23'138	60%	18'903	88%
6.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
6.4.3.	PAC air/eau	20	0%	20	0%
6.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	0	0%
6.4.5.	Bois	1'987	5%	1'987	9%
6.4.6.	Solaire thermique	11	0%	500	2%
6.4.7.	Import mazout	10'868	28%	0	0%
6.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
6.4.9.	Chauffage électrique direct	1'188	3%	0	0%
6.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
6.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
6.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
6.4.13.	Inconnu	1'520	4%	0	0%
6.4.14.	Importation d'électricité	12'356	100%	11'105	100%
6.4.15.	Solaire PV	13	0%	13	0%
6.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
6.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
6.5.	Utilisation de l'électricité				
6.5.1.	Hors chaleur	11'112	90%	11'112	100%
6.5.2.	Pompes à chaleur	7	0%	7	0%
6.5.3.	Chauffage électrique direct	1'188	10%	0	0%
6.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

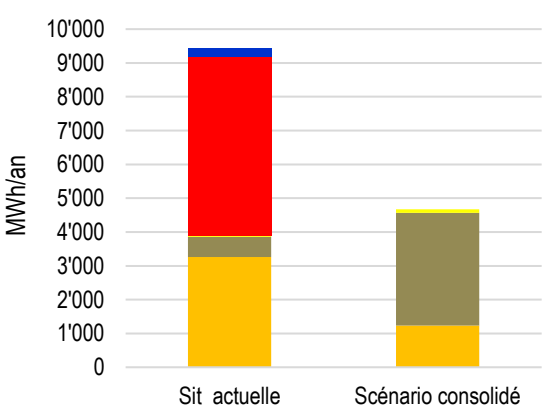
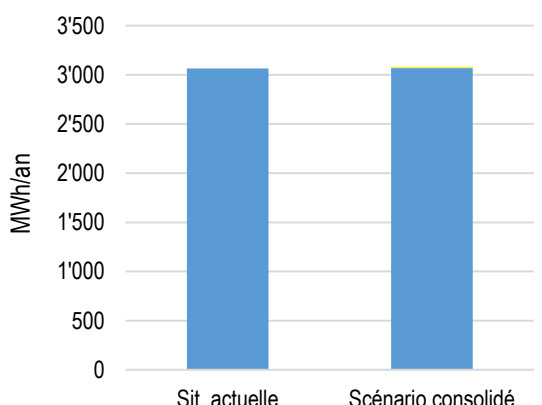
Fiche de zone		ZONE		7	
7.0. Carte		7.1 Description			
		La zone "Centre-ville" est une zone résidentielle, mis à part une zone d'intérêt général contenant le cimetière. Cette zone est en bordure de la vieille ville.			
		7.2 Points clés			
		• Densité des besoins thermiques moyenne à élevée • 63% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 33% au mazout • La zone n'est pas encore saturée • Les époques de références sont diverses • 58% de la SRE est désignée comme surface de logement			
7.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
7.3.1.	Besoins en chauffage	13'589	70%	7'186	53%
7.3.2.	Besoins en ECS	1'463	8%	1'758	13%
7.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	4'441	23%	4'612	34%
7.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
7.4.1.	Import gaz	9'462	63%	4'078	46%
7.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
7.4.3.	PAC air/eau	0	0%	1'100	12%
7.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	1'486	17%
7.4.5.	Bois	189	1%	2'000	22%
7.4.6.	Solaire thermique	7	0%	280	3%
7.4.7.	Import mazout	4'947	33%	0	0%
7.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
7.4.9.	Chauffage électrique direct	51	0%	0	0%
7.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
7.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
7.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
7.4.13.	Inconnu	395	3%	0	0%
7.4.14.	Importation d'électricité	4'494	100%	4'839	90%
7.4.15.	Solaire PV	0	0%	511	10%
7.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
7.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
7.5.	Utilisation de l'électricité				
7.5.1.	Hors chaleur	4'441	99%	4'612	86%
7.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	738	14%
7.5.3.	Chauffage électrique direct	51	1%	0	0%
7.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

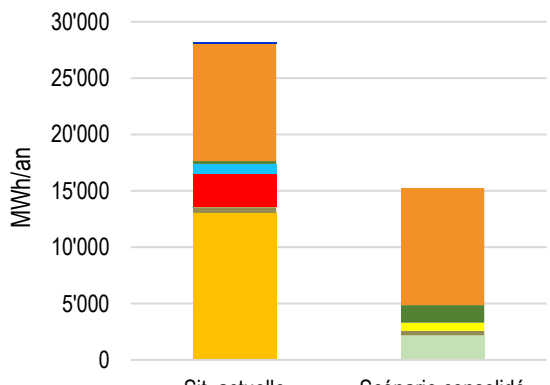
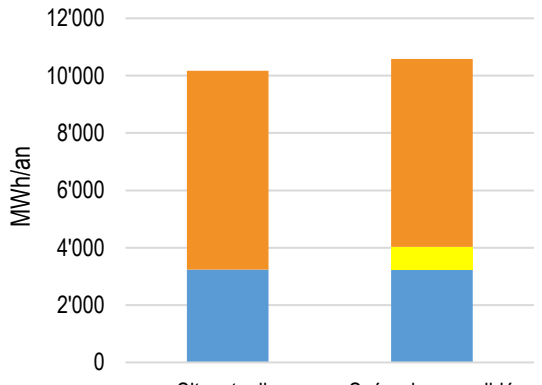
Fiche de zone		ZONE		8	
8.0. Carte		8.1 Description			
		La zone "Quarte-Marronniers" est une zone résidentielle se trouvant à l'Est de la vieille ville. Le centre de la zone est désigné comme "zone composite" selon le PGA.			
		8.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée au Nord et faible au Sud 56% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 33% au mazout - La zone n'est pas encore saturée - Les époques de références sont diverses 57% de la SRE est désignée comme surface de logement, dont 43% comme logement collectif			
8.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
8.3.1.	Besoins en chauffage	29'134	68%	14'098	50%
8.3.2.	Besoins en ECS	3'167	7%	3'276	12%
8.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	10'326	24%	10'714	38%
8.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
8.4.1.	Import gaz	18'016	56%	9'872	57%
8.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
8.4.3.	PAC air/eau	53	0%	1'167	7%
8.4.4.	PAC sur SGV	53	0%	3'535	20%
8.4.5.	Bois	1'490	5%	2'000	12%
8.4.6.	Solaire thermique	47	0%	800	5%
8.4.7.	Import mazout	10'806	33%	0	0%
8.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
8.4.9.	Chauffage électrique direct	402	1%	0	0%
8.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
8.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
8.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
8.4.13.	Inconnu	1'435	4%	0	0%
8.4.14.	Importation d'électricité	10'671	99%	10'937	91%
8.4.15.	Solaire PV	109	1%	1'050	9%
8.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
8.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
8.5.	Utilisation de l'électricité				
8.5.1.	Hors chaleur	10'326	96%	10'714	89%
8.5.2.	Pompes à chaleur	31	0%	1273	11%
8.5.3.	Chauffage électrique direct	402	4%	0	0%
8.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

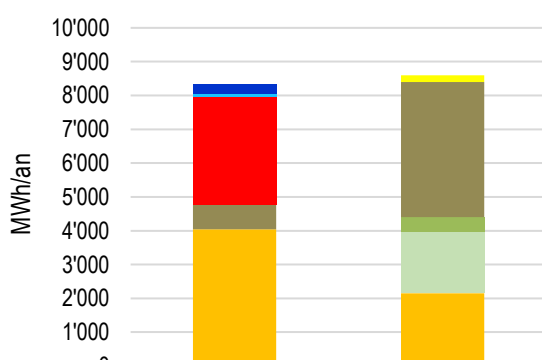
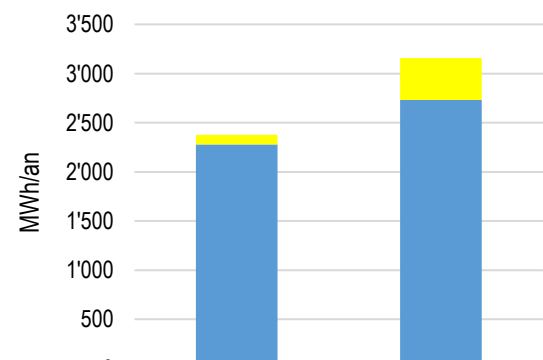
Fiche de zone		ZONE		9	
9.0. Carte		9.1 Description			
		La zone "Villetta" est désignée comme "zone composite" et "zone d'intérêt général" selon le PGA. Elle contient la HEIG-VD.			
		9.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée, surtout dans l'Est de la zone 93% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz dont 22% grâce à un CAD - La zone est saturée 36% de la SRE date de l'époque 1981-1990 63% de la SRE est désignée comme surface de logement, dont 3% comme logement individuel			
9.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
9.3.1.	Besoins en chauffage	13'822	69%	6'351	49%
9.3.2.	Besoins en ECS	1'378	7%	1'520	12%
9.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	4'948	25%	5'169	40%
9.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
9.4.1.	Import gaz	14'193	93%	4'071	52%
9.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
9.4.3.	PAC air/eau	0	0%	0	0%
9.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	3'000	38%
9.4.5.	Bois	30	0%	500	6%
9.4.6.	Solaire thermique	8	0%	300	4%
9.4.7.	Import mazout	545	4%	0	0%
9.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
9.4.9.	Chauffage électrique direct	12	0%	0	0%
9.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
9.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
9.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
9.4.13.	Inconnu	412	3%	0	0%
9.4.14.	Importation d'électricité	4'953	100%	5'426	92%
9.4.15.	Solaire PV	7	0%	492	8%
9.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
9.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
9.5.	Utilisation de l'électricité				
9.5.1.	Hors chaleur	4'948	100%	5'169	87%
9.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	750	13%
9.5.3.	Chauffage électrique direct	12	0%	0	0%
9.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					
Sit actuelle Scénario consolidé		Sit actuelle Scénario consolidé			

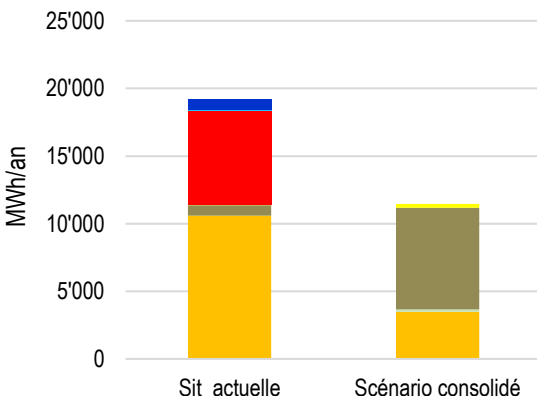
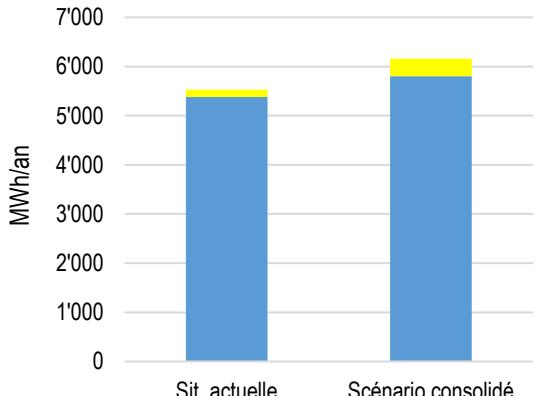
Fiche de zone		ZONE	10
10.0. Carte		10.1 Description	
		Le PGA définit cette zone ("Floreyres-Calamin") comme une zone résidentielle, hormis le périmètre du Coteau-Est qui est défini comme zone intermédiaire. Ce dernier fait l'objet d'un important projet de développement qui verra naître un important quartier de logements individuels (villas).	
		10.2 Points clés	
		- Densité des besoins thermiques faible - Actuellement, 35% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 47% au mazout - La zone n'est pas saturée actuellement - Les époques de référence sont très variées 57% de la SRE est désignée comme surface de logement individuel	
10.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle	Scénario consolidé
		MWh/an	MWh/an
		%	%
10.3.1.	Besoins en chauffage	16'118	13'746
		74%	60%
10.3.2.	Besoins en ECS	1'486	3'179
		7%	14%
10.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	4'167	6'090
		19%	26%
10.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité		
10.4.1.	Import gaz	6'198	3'375
		35%	20%
10.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0
		0%	0%
10.4.3.	PAC air/eau	122	3'000
		1%	18%
10.4.4.	PAC sur SGV	122	3'850
		1%	23%
10.4.5.	Bois	1'025	6'000
		6%	35%
10.4.6.	Solaire thermique	71	700
		0%	4%
10.4.7.	Import mazout	8'348	0
		47%	0%
10.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0
		0%	0%
10.4.9.	Chauffage électrique direct	1'247	0
		7%	0%
10.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0
		0%	0%
10.4.11.	CCF biogaz	0	0
		0%	0%
10.4.12.	CCF gaz	0	0
		0%	0%
10.4.13.	Inconnu	471	0
		3%	0%
10.4.14.	Importation d'électricité	5'431	7'334
		99%	91%
10.4.15.	Solaire PV	54	719
		1%	9%
10.4.16.	CCF biogaz	0	0
		0%	0%
10.4.17.	CCF gaz	0	0
		0%	0%
10.5.	Utilisation de l'électricité		
10.5.1.	Hors chaleur	4'167	6'090
		76%	76%
10.5.2.	Pompes à chaleur	71	1'963
		1%	24%
10.5.3.	Chauffage électrique direct	1'247	0
		23%	0%
10.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)		
			
MWh/an		MWh/an	
Sit actuelle		Sit actuelle	
Scénario consolidé		Scénario consolidé	

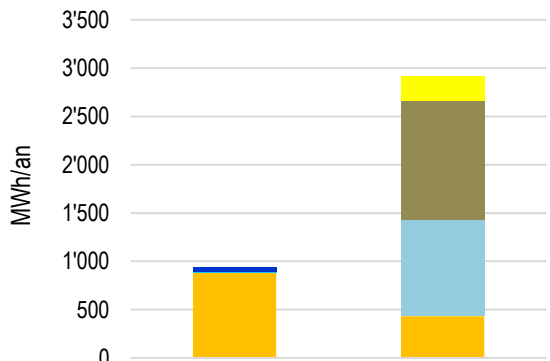
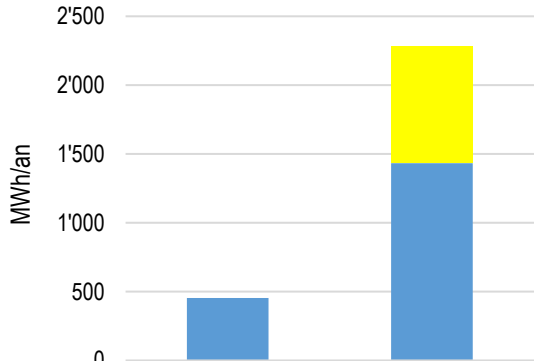
Fiche de zone		ZONE		11	
11.0. Carte		11.1 Description			
		La zone "Champs-Lovats - PST" est la zone industrielle. Elle comprend l'important projet du Y-Parc, le Parc Technologique et Scientifique. C'est une zone idéale pour envisager des synergies entre les différents bâtiments.			
		11.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques faible - Actuellement 83% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 9% au mazout - La zone n'est pas saturée actuellement - Les bâtiments sont récents en majorité 44% de la SRE est désignée comme industrie et 31% comme dépôts			
11.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
11.3.1.	Besoins en chauffage	29'401	60%	48'846	65%
11.3.2.	Besoins en ECS	1'348	3%	4'135	5%
11.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	17'927	37%	22'290	30%
11.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
11.4.1.	Import gaz	24'875	81%	28'068	53%
11.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
11.4.3.	PAC air/eau	8	0%	3'000	6%
11.4.4.	PAC sur SGV	8	0%	7'913	15%
11.4.5.	Bois	132	0%	8'000	15%
11.4.6.	Solaire thermique	69	0%	1'000	2%
11.4.7.	Import mazout	2'717	9%	0	0%
11.4.8.	Rejets thermiques industriels	2'923	10%	5'000	9%
11.4.9.	Chauffage électrique direct	16	0%	0	0%
11.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
11.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
11.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
11.4.13.	Inconnu	0	0%	0	0%
11.4.14.	Importation d'électricité	16'776	93%	15'986	63%
11.4.15.	Solaire PV	1'173	7%	9'282	37%
11.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
11.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
11.5.	Utilisation de l'électricité				
11.5.1.	Hors chaleur	17'927	100%	22'290	88%
11.5.2.	Pompes à chaleur	5	0%	2'978	12%
11.5.3.	Chauffage électrique direct	16	0%	0	0%
11.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

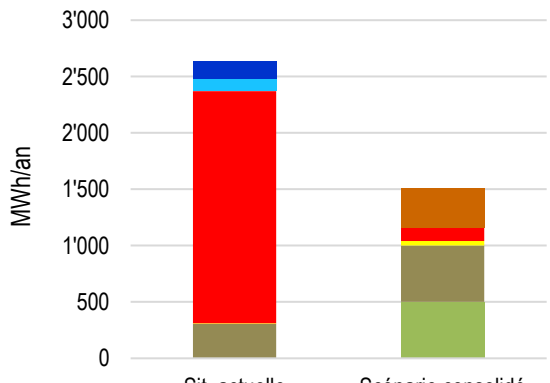
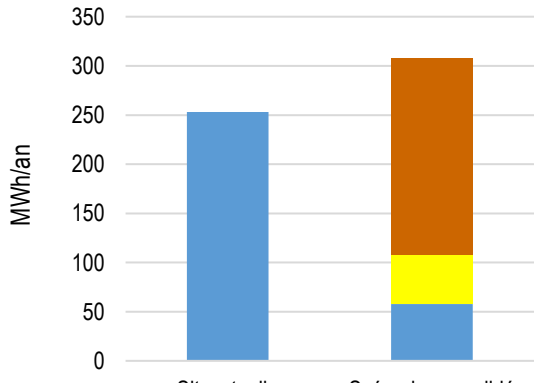
Fiche de zone		ZONE	12		
12.0. Carte		12.1 Description			
		La zone 12 est la zone "Pierre-de-Savoie". Elle ne comprend que des logements collectifs.			
		12.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques moyenne à élevée - Actuellement, 35% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 56% au mazout - La zone est saturée * 97% des bâtiments sont postérieurs à 1960			
12.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
12.3.1.	Besoins en chauffage	8'284	66%	3'509	45%
12.3.2.	Besoins en ECS	1'147	9%	1'161	15%
12.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	3'054	24%	3'073	40%
12.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
12.4.1.	Import gaz	3'257	35%	1'233	26%
12.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
12.4.3.	PAC air/eau	0	0%	0	0%
12.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	0	0%
12.4.5.	Bois	601	6%	3'337	71%
12.4.6.	Solaire thermique	28	0%	100	2%
12.4.7.	Import mazout	5'303	56%	0	0%
12.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
12.4.9.	Chauffage électrique direct	9	0%	0	0%
12.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
12.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
12.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
12.4.13.	Inconnu	234	2%	0	0%
12.4.14.	Importation d'électricité	3'063	100%	3'069	100%
12.4.15.	Solaire PV	0	0%	4	0%
12.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
12.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
12.5.	Utilisation de l'électricité				
12.5.1.	Hors chaleur	3'054	100%	3'073	100%
12.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	0	0%
12.5.3.	Chauffage électrique direct	9	0%	0	0%
12.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

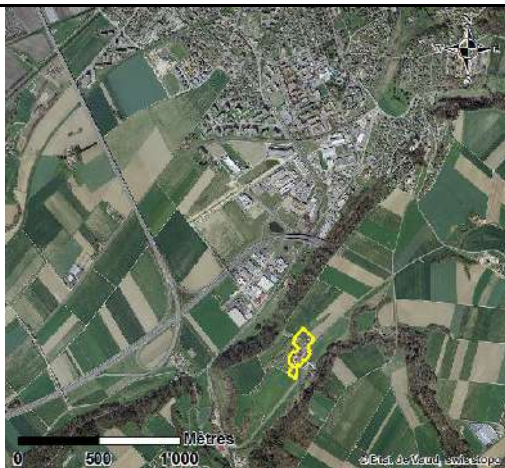
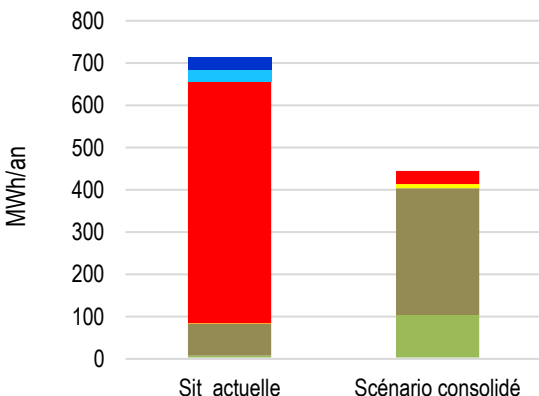
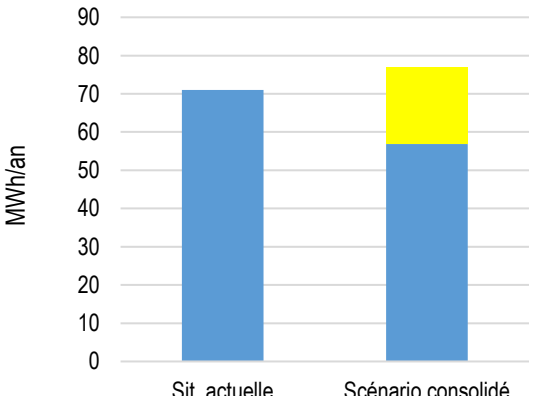
Fiche de zone		ZONE		13	
13.0. Carte		13.1 Description			
		La zone 13 est la zone "Bains". Elle abrite l'hôpital ainsi que le centre thermal et l'hôtel des bains.			
		13.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée - Actuellement, 83% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 10% au mazout La zone est quasiment saturée - Les bâtiments sont relativement récents : 33% des bâtiments sont postérieurs à 2000 - L'hôpital, le centre thermal ainsi que l'hôtel des bains font l'objet d'un chauffage à distance alimenté par un CCF à gaz : le CAD "Lotus"			
13.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
13.3.1.	Besoins en chauffage	23'862	64%	8'982	36%
13.3.2.	Besoins en ECS	4'336	12%	6'284	25%
13.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	9'272	25%	9'497	38%
13.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
13.4.1.	Import gaz	13'036	46%	0	0%
13.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
13.4.3.	PAC air/eau	0	0%	2'181	14%
13.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	0	0%
13.4.5.	Bois	514	2%	413	3%
13.4.6.	Solaire thermique	16	0%	716	5%
13.4.7.	Import mazout	2'962	11%	0	0%
13.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
13.4.9.	Chauffage électrique direct	858	3%	0	0%
13.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	268	1%	1'556	10%
13.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
13.4.12.	CCF gaz	10'400	37%	10'400	68%
13.4.13.	Inconnu	144	1%	0	0%
13.4.14.	Importation d'électricité	3'242	32%	3'236	32%
13.4.15.	Solaire PV	0	0%	790	8%
13.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
13.4.17.	CCF gaz	6'933	68%	6'560	64%
13.5.	Utilisation de l'électricité				
13.5.1.	Hors chaleur	9'272	92%	9'497	93%
13.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	727	7%
13.5.3.	Chauffage électrique direct	858	8%	0	0%
13.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

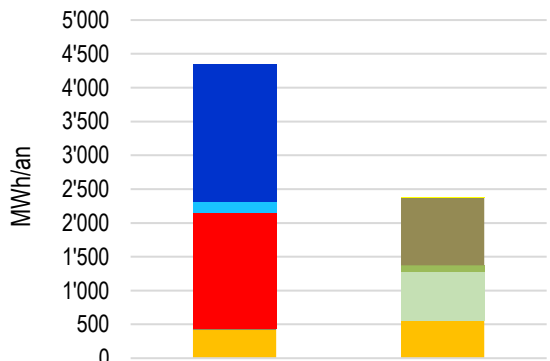
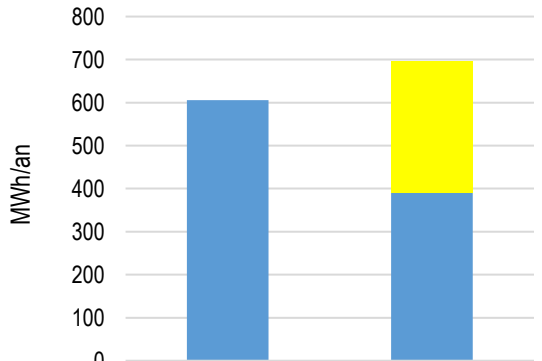
Fiche de zone		ZONE		14	
14.0. Carte		14.1 Description			
		La zone 14 est la zone "Isles". C'est une zone résidentielle. Elle est concernée par un projet de développement urbain incertain. Aucune information supplémentaire n'est disponible pour l'instant. Au vue de ces incertitudes, la surface concernée est considérée comme non bâtie.			
		14.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques faible à moyenne - Actuellement, 48% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 39% au mazout 36% de la SRE est postérieure à 2000			
14.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
14.3.1.	Besoins en chauffage	7'246	68%	6'706	61%
14.3.2.	Besoins en ECS	1'093	10%	1'892	17%
14.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	2'285	22%	2'444	22%
14.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
14.4.1.	Import gaz	4'040	48%	2'154	25%
14.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
14.4.3.	PAC air/eau	0	0%	1'825	21%
14.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	419	5%
14.4.5.	Bois	719	9%	4'000	47%
14.4.6.	Solaire thermique	7	0%	200	2%
14.4.7.	Import mazout	3'211	39%	0	0%
14.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
14.4.9.	Chauffage électrique direct	88	1%	0	0%
14.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
14.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
14.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
14.4.13.	Inconnu	275	3%	0	0%
14.4.14.	Importation d'électricité	2'279	96%	2'732	87%
14.4.15.	Solaire PV	98	4%	425	13%
14.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
14.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
14.5.	Utilisation de l'électricité				
14.5.1.	Hors chaleur	2'285	96%	2'444	77%
14.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	713	23%
14.5.3.	Chauffage électrique direct	88	4%	0	0%
14.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					
Sit actuelle Scénario consolidé		Sit actuelle Scénario consolidé			

Fiche de zone		ZONE		15	
15.0. Carte		15.1 Description			
		La zone 15 est celle des "Moulins". Elle comprend un projet de développement urbain. C'est une zone majoritairement résidentielle.			
		15.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée - Actuellement, 55% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz et 36% au mazout - Les bâtiments sont anciens : 93% de la SRE de la zone date d'avant 2000			
15.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
15.3.1.	Besoins en chauffage	17'483	71%	9'415	54%
15.3.2.	Besoins en ECS	1'715	7%	2'058	12%
15.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	5'427	22%	6'099	35%
15.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
15.4.1.	Import gaz	10'607	55%	3'490	30%
15.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
15.4.3.	PAC air/eau	4	0%	179	2%
15.4.4.	PAC sur SGV	4	0%	4	0%
15.4.5.	Bois	749	4%	7'500	65%
15.4.6.	Solaire thermique	10	0%	300	3%
15.4.7.	Import mazout	6'980	36%	0	0%
15.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
15.4.9.	Chauffage électrique direct	93	0%	0	0%
15.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
15.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
15.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
15.4.13.	Inconnu	752	4%	0	0%
15.4.14.	Importation d'électricité	5'380	97%	5'804	94%
15.4.15.	Solaire PV	147	3%	356	6%
15.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
15.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
15.5.	Utilisation de l'électricité				
15.5.1.	Hors chaleur	5'427	98%	6'099	99%
15.5.2.	Pompes à chaleur	2	0%	61	1%
15.5.3.	Chauffage électrique direct	93	2%	0	0%
15.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

Fiche de zone		ZONE		16	
16.0. Carte		16.1 Description			
		La zone 16 est la zone "Général-Guisan". Elle comprend le projet de développement "Aux Parties". Ce projet est un éco-quartier majoritairement résidentiel.			
		16.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques faible - Actuellement, 94% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au gaz - Les bâtiments sont anciens, mais la majorité de la surface reste à bâtir			
16.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
16.3.1.	Besoins en chauffage	851	62%	1'982	43%
16.3.2.	Besoins en ECS	85	6%	929	20%
16.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	447	32%	1'740	37%
16.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
16.4.1.	Import gaz	880	94%	431	15%
16.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	1'000	34%
16.4.3.	PAC air/eau	0	0%	0	0%
16.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	0	0%
16.4.5.	Bois	0	0%	1'230	42%
16.4.6.	Solaire thermique	0	0%	250	9%
16.4.7.	Import mazout	0	0%	0	0%
16.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
16.4.9.	Chauffage électrique direct	7	1%	0	0%
16.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
16.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
16.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
16.4.13.	Inconnu	49	5%	0	0%
16.4.14.	Importation d'électricité	454	100%	1'432	73%
16.4.15.	Solaire PV	0	0%	850	43%
16.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
16.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
16.5.	Utilisation de l'électricité				
16.5.1.	Hors chaleur	447	98%	1'740	89%
16.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	222	11%
16.5.3.	Chauffage électrique direct	7	2%	0	0%
16.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

Fiche de zone		ZONE		17	
17.0. Carte		17.1 Description			
		La zone 17 est la zone du village "Gressy". Elle est entourée de zones agricoles.			
		17.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques élevée au centre et faible autour 78% des besoins de chaleur de la zone sont alimentés au mazout et 12% au bois - Bâtiments existant anciens 67% de SRE définie comme logements et 23% comme dépôts			
17.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
17.3.1.	Besoins en chauffage	2'446	88%	1'295	77%
17.3.2.	Besoins en ECS	187	7%	211	12%
17.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	147	5%	183	11%
17.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
17.4.1.	Import gaz	0	0%	0	0%
17.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
17.4.3.	PAC air/eau	0	0%	0	0%
17.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	500	33%
17.4.5.	Bois	306	12%	500	33%
17.4.6.	Solaire thermique	5	0%	40	3%
17.4.7.	Import mazout	2'058	78%	116	8%
17.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
17.4.9.	Chauffage électrique direct	106	4%	0	0%
17.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
17.4.11.	CCF biogaz	0	0%	350	23%
17.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
17.4.13.	Inconnu	158	6%	0	0%
17.4.14.	Importation d'électricité	253	100%	58	19%
17.4.15.	Solaire PV	0	0%	50	16%
17.4.16.	CCF biogaz	0	0%	200	65%
17.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
17.5.	Utilisation de l'électricité				
17.5.1.	Hors chaleur	147	58%	183	59%
17.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	125	41%
17.5.3.	Chauffage électrique direct	106	42%	0	0%
17.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

Fiche de zone		ZONE	18		
18.0. Carte		18.1 Description			
		La zone 18 est la zone de "Sermuz". Tout comme Gressy, c'est une zone rurale entourée de zones agricoles.			
		18.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques faible 75% des besoins de chaleur de la zone couverts par le mazout et 11% au bois et 9% à l'électricité - Bâtiments existant anciens 56% de SRE définie comme dépôts			
18.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
18.3.1.	Besoins en chauffage	688	92%	412	83%
18.3.2.	Besoins en ECS	26	3%	33	7%
18.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	37	5%	51	10%
18.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
18.4.1.	Import gaz	0	0%	0	0%
18.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
18.4.3.	PAC air/eau	4	1%	4	1%
18.4.4.	PAC sur SGV	4	1%	100	22%
18.4.5.	Bois	75	11%	300	67%
18.4.6.	Solaire thermique	1	0%	10	2%
18.4.7.	Import mazout	571	80%	31	7%
18.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
18.4.9.	Chauffage électrique direct	30	4%	0	0%
18.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
18.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
18.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
18.4.13.	Inconnu	30	4%	0	0%
18.4.14.	Importation d'électricité	71	100%	57	73%
18.4.15.	Solaire PV	0	0%	20	26%
18.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
18.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
18.5.	Utilisation de l'électricité				
18.5.1.	Hors chaleur	37	52%	51	66%
18.5.2.	Pompes à chaleur	2	3%	26	34%
18.5.3.	Chauffage électrique direct	32	45%	0	0%
18.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

Fiche de zone		ZONE		Hors zone	
19.0. Carte		19.1 Description			
		La surface hors zone est très faiblement bâtie. Ce sont surtout des zones agricoles et d'autres zones inconstructibles.			
		19.2 Points clés			
		- Densité des besoins thermiques faible 39% des besoins de chaleur de la zone couverts par le mazout et 47% par des agents énergétiques de nature inconnue - Bâtiments existant anciens 51% de SRE définie comme dépôts			
19.3.	Besoins énergétiques	Sit actuelle		Scénario consolidé	
		MWh/an	%	MWh/an	%
19.3.1.	Besoins en chauffage	4'192	88%	2'237	79%
19.3.2.	Besoins en ECS	148	3%	148	5%
19.3.3.	Besoins en électricité (hors chauffage)	433	9%	433	15%
19.4.	Ressources énergétiques - approvisionnement chaleur et électricité				
19.4.1.	Import gaz	415	10%	559	23%
19.4.2.	Eaux de surface (lac)	0	0%	0	0%
19.4.3.	PAC air/eau	0	0%	716	30%
19.4.4.	PAC sur SGV	0	0%	100	4%
19.4.5.	Bois	22	1%	1'000	42%
19.4.6.	Solaire thermique	0	0%	10	0%
19.4.7.	Import mazout	1'713	39%	0	0%
19.4.8.	Rejets thermiques EU sortie de STEP	0	0%	0	0%
19.4.9.	Chauffage électrique direct	165	4%	0	0%
19.4.10.	Géothermie moyenne profondeur	0	0%	0	0%
19.4.11.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
19.4.12.	CCF gaz	0	0%	0	0%
19.4.13.	Inconnu	2'026	47%	0	0%
19.4.14.	Importation d'électricité	606	100%	391	56%
19.4.15.	Solaire PV	0	0%	306	44%
19.4.16.	CCF biogaz	0	0%	0	0%
19.4.17.	CCF gaz	0	0%	0	0%
19.5.	Utilisation de l'électricité				
19.5.1.	Hors chaleur	433	71%	433	62%
19.5.2.	Pompes à chaleur	0	0%	264	38%
19.5.3.	Chauffage électrique direct	173	29%	0	0%
19.6.	Graphiques chaleur et électricité (hors chaleur)				
					

4.1.3 Les enjeux pour la réalisation du scénario à l'horizon 2050

L'état des lieux de la situation énergétique actuelle conduit au constat que la ville d'Yverdon-les-Bains est encore très dépendante des énergies fossiles d'importation.

Les effets négatifs de l'utilisation des énergies fossiles, tels que le changement climatique et la pollution locale, ainsi que la conjoncture politique actuelle, ont motivé le développement de la stratégie énergétique 2050 de la Confédération. Pour s'aligner sur les objectifs énergétiques de la stratégie fédérale, qui vise principalement à garantir un approvisionnement en énergie sûr, économique et respectueux de l'environnement, la Ville doit donc ajuster ses propres objectifs énergétiques (voir chapitre 5.1).

L'enjeu pour l'atteinte de ces objectifs est d'établir une stratégie énergétique qui définit des actions concrètes sur le territoire pour réaliser le scénario de développement souhaité à l'horizon 2050.

Pour cela, la stratégie communale s'articule autour de deux axes principaux:

- L'augmentation de l'utilisation de ressources renouvelables locales à travers :
 - Le développement d'installations de production de chaleur/froid centralisées, alimentées majoritairement par des ressources renouvelables locales, pour l'approvisionnement des réseaux de chauffage à distance.
 - La priorisation des ressources énergétiques renouvelables par zone énergétique pour la production décentralisée,
 - Le développement de productions d'électricité renouvelable locale.
- La diminution de la consommation énergétique des bâtiments par le biais de plan d'actions d'efficacité énergétique.

Ces deux grandes lignes d'actions s'inscrivent parfaitement dans la politique énergétique communale et elles rendent possible sa concrétisation.

L'implantation d'installations qui consomment prioritairement des ressources renouvelables est clairement définie grâce à la localisation sur le territoire des bassins de développement des réseaux de chauffage à distance et des ressources préférentielles pour la production distribuée.

La réalisation de réseaux de chauffage à distance répond à l'article 24 de la loi vaudoise sur l'énergie (LVLene), qui demande aux Communes de les soutenir en les incluant dans leurs plans d'aménagement du territoire. Les bâtiments neufs ont l'obligation de se raccorder à un réseau de chauffage à distance alimenté prioritairement par des énergies renouvelables ou de récupération, conformément à l'article 25 et dans les limites de proportionnalité énoncées à l'article 6 de la loi sur l'énergie. Le raccordement des bâtiments existants est fortement encouragé.

Les actions d'efficacité énergétique sont développées et soutenues grâce à un programme de subventions communales (Equiwatt) pour les citoyens et grâce à un plan de réduction de la consommation des bâtiments communaux.

Grace aux nombreuses mesures de concrétisation de la politique énergétique, la Ville vise aussi l'amélioration de son bilan Cité de l'Energie, afin de garantir la pérennité du label et également de viser un objectif plus ambitieux qui serait l'obtention du label Cité de l'énergie GOLD.

Le système de suivi par les indicateurs énergétiques du label Cité de l'Energie, liés au développement durable, permettra de vérifier et certifier les progrès accomplis. Ce bilan régulier soutiendra également le groupe de pilotage Cité de l'énergie dans ses prises de décisions futures.

5 Les objectifs énergétiques communaux, les principes et les mesures

5.1 Objectifs énergétiques

La ville d'Yverdon-les-Bains est d'ores et déjà engagée dans une politique énergétique ambitieuse qui se concrétise en plusieurs objectifs à l'horizon 2020. Les trois principaux objectifs quantitatifs prévoient la réduction de la consommation électrique, la réduction des émissions de CO₂ et l'accroissement de la couverture des besoins énergétiques grâce à des énergies renouvelables.

Afin de garantir un développement urbain en ligne avec le scénario énergétique futur à l'horizon 2050, la Ville renouvelle ses objectifs énergétiques principaux à l'horizon 2035 en se fixant trois objectifs quantitatifs, alignés aux objectifs fédéraux de la Stratégie Énergétique 2050, et un objectif transversal, qui sert à promouvoir les conditions cadres pour la mise en œuvre de la politique énergétique communale :

1. **Réduire la consommation énergétique globale par habitant de 43% par rapport à celle de 2000.** (Dans cet objectif nous incluons aussi le sous-objectif de réduire la consommation électrique par habitant de 13% par rapport à celle de 2000).
2. **Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 54% par rapport à celles de 2000.**
3. **Couvrir le 30% des besoins énergétiques de la Commune avec des ressources renouvelables locales.**
4. **Améliorer la communication au sujet de l'énergie et garantir une bonne coordination entre les différents acteurs institutionnels pour la mise en œuvre de la politique énergétique de la Commune.**

Si les trois premiers objectifs visent un résultat mesurable de l'évolution de la Ville dans la direction de la transition énergétique, le dernier garantit une bonne communication et coordination parmi les institutions compétentes, afin de créer un environnement de travail idéal pour le bon déroulement des actions concrètes de mise en œuvre de la politique énergétique.

Le Tableau 11 montre l'évolution des différents indicateurs vers l'atteinte des objectifs énergétiques. Les valeurs 2013 ont été calculées lors de la réalisation des études de planification énergétique, les valeurs 2035 et 2050 sont les cibles visées et la colonne « scénario consolidé YLB 2050 » présente les résultats qu'on obtiendrait si le scénario énergétique se réalise. On peut constater que tous les objectifs sont atteints si le scénario préconisé est respecté

	2013	objectifs 2035	objectifs 2050	scénario consolidé YLB 2050
Consommation énergétique utile totale (MWh/hab/an)	17.1	11.6	9.4	9.2
Consommation électrique (MWh/hab/an)	4.3	3.9	3.7	3.4
Pourcentage énergie primaire renouvelable	6%	30%	40%	40%
Émissions CO ₂ (t CO ₂ eq/hab/an)	3.53	2.03	1.01	0.84

Tableau 11: Objectifs énergétiques

5.2 Principes et mesures

La mise en œuvre de la politique énergétique de la Ville pour l'atteinte de ses objectifs énergétiques se base sur deux axes principaux : la valorisation des ressources renouvelables locales et la promotion de mesures d'efficacité énergétique.

Les mesures de concrétisation des objectifs énergétiques qui peuvent être localisées sur le territoire de la Ville sont représentées sur les deux cartes en Figure 11 et en Figure 12. Les deux figures montrent le découpage en zones énergétiques qui a été établi sur la base des études de planification énergétique. Ces informations détaillées concernant le scénario consolidé à l'horizon 2050 représentent les lignes directrices pour la réalisation de la planification énergétique au niveau d'un sous-ensemble, comme un quartier, par exemple.

La Figure 11 montre les bassins d'installations des réseaux de chauffages à distance. La Figure 12 met en évidence les ressources distribuées (installations individuelles) préférentielles à utiliser sur le reste du territoire communal, ainsi que les zones qui seront alimentées majoritairement par les réseaux de chauffage à distance.

Ci-dessous sont présentées les mesures localisées sur le territoire :

1. Réalisation du réseau de chauffage à distance CAD STEP alimenté par les rejets thermiques des eaux usées, la zone d'implantation possible est représentée en Figure 11.
2. Réalisation du réseau de chauffage à distance CAD Santal alimenté majoritairement par du bois, la zone d'implantation possible est représentée en Figure 11.
3. Réalisation d'un réseau de chauffage à distance pour approvisionner le nouveau quartier Coteau-Est, la zone d'implantation possible est représentée en Figure 11.
4. Extension du réseau de chauffage à distance CAD Lotus, alimenté par un couplage chaleur force à gaz naturel, la zone d'implantation possible est représentée en Figure 11.
5. Valorisation de ressources renouvelables à basses émissions de GES, les différentes ressources sont identifiées sur la carte en Figure 12 et dans le Tableau 12.
 - Densification du réseau de gaz
 - Bois et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
 - Bois et pompes à chaleur (avec récupération de la chaleur de l'eau de la Thièle)
 - Bois, pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales et biogaz
 - Pompes à chaleur air/eau et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
 - Pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales ou sur nappe
 - Bois et pompes à chaleur air/eau
6. Réalisation de centrales solaires communales.
7. Élimination des chauffages au mazout.
8. Élimination des chauffages électriques directs.
9. Réduction de la consommation énergétique des bâtiments communaux.

La promotion de réseaux de chauffage à distance, basés sur une unité de production centralisée de grande taille, permet de considérer à terme la substitution de la ressource principale d'approvisionnement, avec un effort limité. La Ville envisage d'étudier et soutenir l'utilisation de la géothermie de moyenne et grande profondeur afin d'alimenter à terme une partie des réseaux de chauffage à distance grâce à cette ressource locale, dont l'impact environnemental est limité.

La Ville soutient également la mise en œuvre de sa politique énergétique à travers un programme de promotion de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables sous la forme d'un bouquet de subventions (Equiwatt) qui touche différents publics cibles (ménages, secteur immobilier, petites et grandes entreprises). Ces subventions favorisent la sobriété énergétique, avec la réduction des consommations en électricité et en chaleur ainsi que la production locale d'énergie renouvelable. L'étude « Planification énergétique territoriale de la Commune d'Yverdon-les-Bains » (Navitas Consilium, 2014), contient des cartes détaillées du potentiel solaire thermique (carte XVI) et photovoltaïque (XVII). Elles localisent les endroits les plus propices à l'exploitation de l'énergie solaire sur le territoire communal. Le bouquet de subventions est périodiquement mis à jour et l'offre sera étoffée afin de garantir un programme d'actualité et efficace. Pour sa part, le Service des Energies promeut l'utilisation d'énergies renouvelables par la mise à disposition d'une offre commerciale qui favorise les énergies renouvelables et la compensation de CO₂ du gaz naturel consommé.

La Commune s'engage dans une communication efficace et informe ses citoyens sur les différents moyens à leur disposition pour une participation active à l'atteinte de ses objectifs énergétiques. Les services communaux collaborent entre eux et avec les entités publiques d'envergure régionale, afin de garantir un déploiement efficace de la planification énergétique communale.

Les principales mesures concrètes de mise en œuvre de la politique énergétique communale sont synthétisées dans 9 fiches d'action au chapitre 6. Ces fiches sont de nature évolutive et elles sont mises à jour sur la base du développement de la ville vers l'atteinte de ses objectifs énergétiques.

Pour vérifier l'avancement de la Ville dans l'attente de ses objectifs énergétiques, une plateforme de suivi des consommations, EnergyCity, est en phase de mise en œuvre sous initiative du Service des Energies. Cette plateforme permettra de suivre l'évolution des consommations et des émissions de gaz à effet de serre de chaque bâtiment yverdonnois et de les géolocaliser sur une carte. La mise en place d'un tel outil fait l'objet d'une fiche d'action.

Le Tableau 12 montre les ressources énergétiques renouvelables préférentielles par zone énergétique :

Zone énergétique	Ressource renouvelable préférentielle
Zone 1	CAD STEP
Zone 2	Pompes à chaleur air/eau et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
Zone 3	Pompes à chaleur air/eau et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
Zone 4	Pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales ou sur nappe
Zone 5	Bois et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
Zone 6	Densification du réseau gaz
Zone 7	Bois et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
Zone 8	Bois et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
Zone 9	Bois et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
Zone 10	Pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales, CAD Coteau-Est
Zone 11	Pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales, CAD Santal
Zone 12	CAD Lotus
Zone 13	CAD Santal
Zone 14	CAD Santal
Zone 15	CAD Santal
Zone 16	Bois et pompes à chaleur (avec récupération de la chaleur de l'eau de la Thièle)
Zone 17	Bois, pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales et biogaz
Zone 18	Bois et pompes à chaleur sur sondes géothermiques verticales
Hors Zone	Bois et pompes à chaleur air/eau

Tableau 12: Ressources énergétique renouvelable préférentielles par zone énergétique

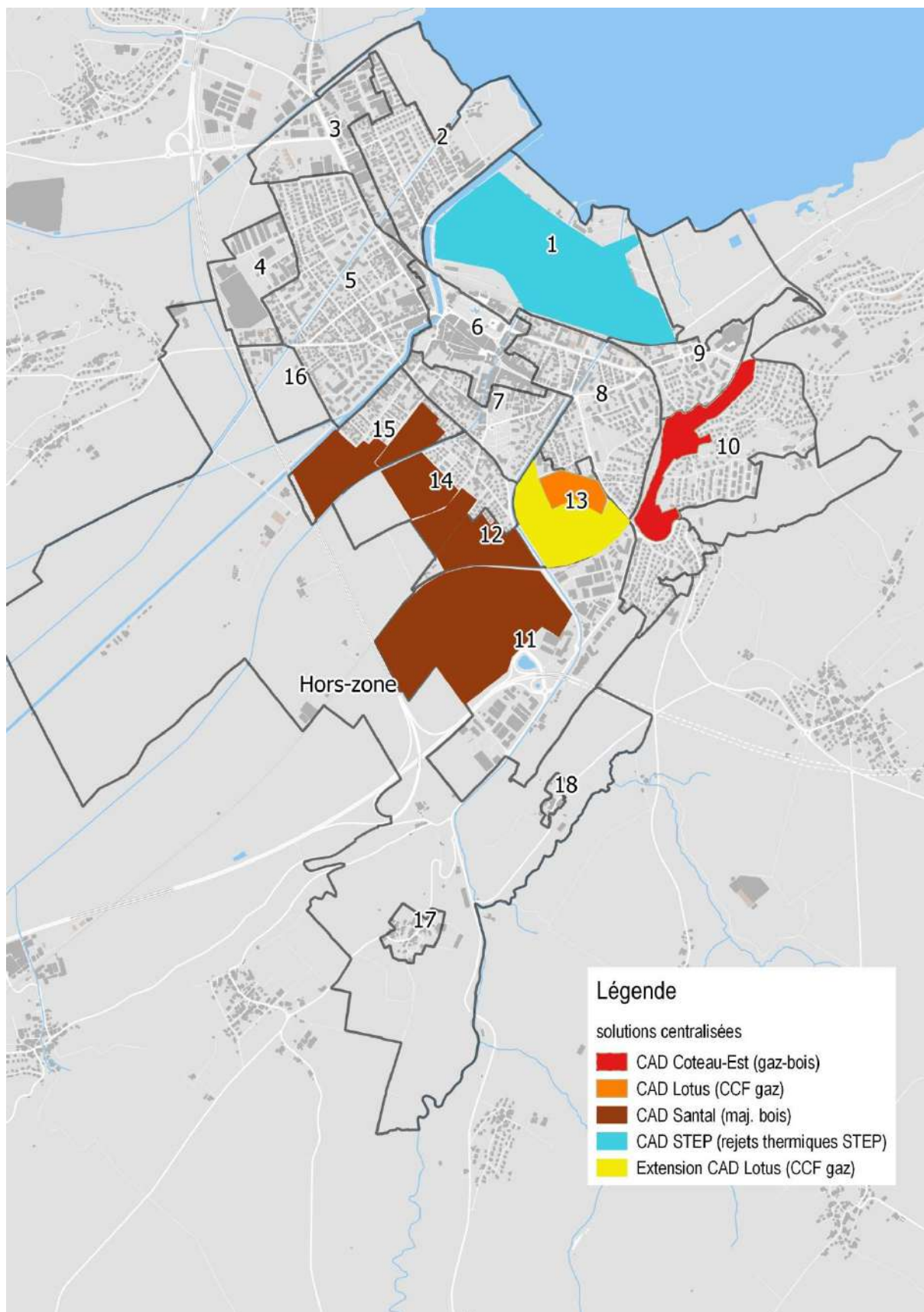


Figure 11: carte des bassins de développement des réseaux de chauffage à distance

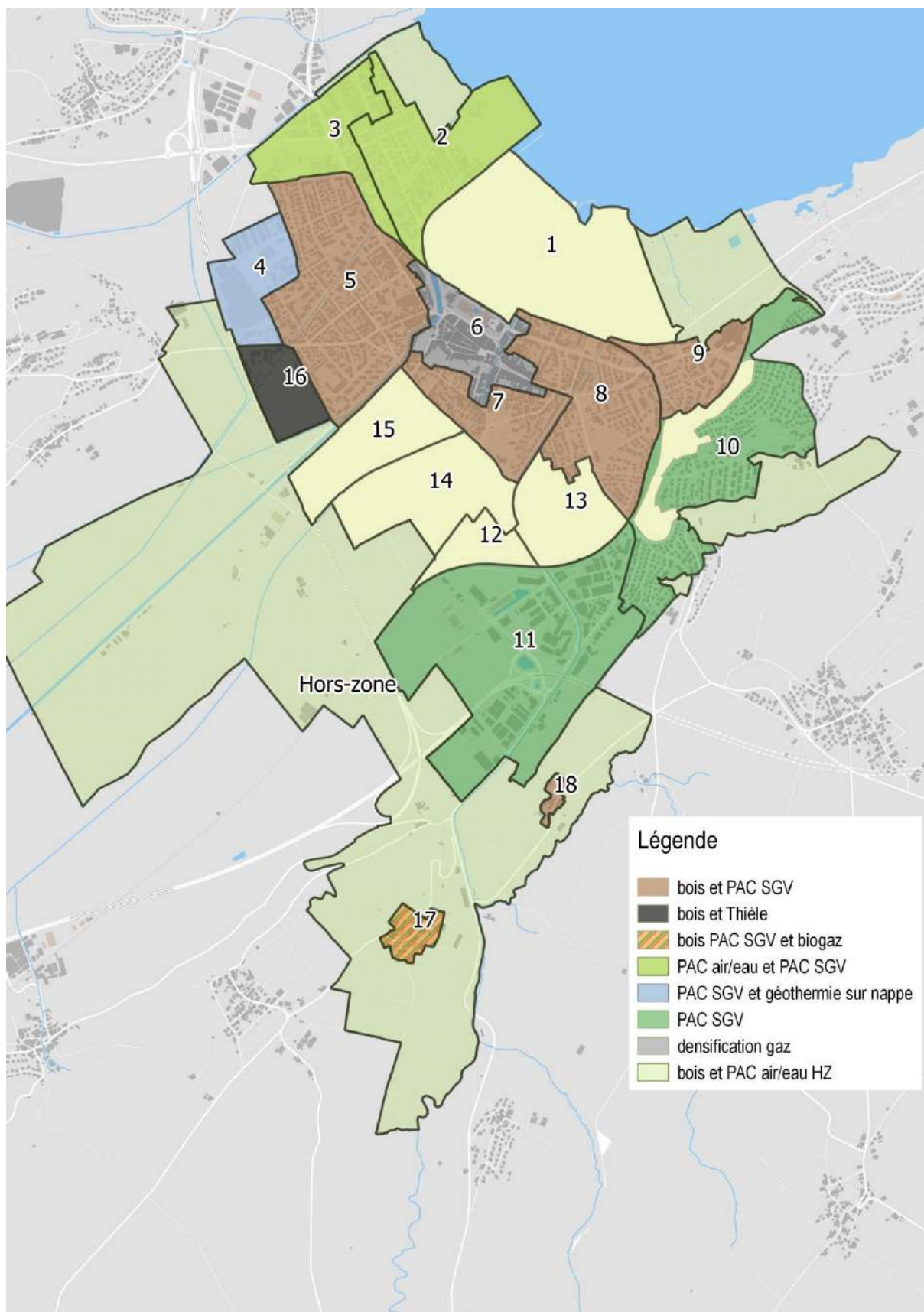


Figure 12: carte des ressources préférentielles par zone énergétique

6 Fiches d'action

6.1 Réalisation de réseaux de chauffage à distance

Fiche 1 : réalisation de réseaux de chauffage à distance	
Objet	Réalisation de réseaux de chauffage à distance
But	- Augmenter la part d'énergie renouvelable pour la couverture des besoins énergétiques - Diminuer les émissions de GES dues au chauffage - Améliorer l'efficacité de la production de chaleur
Effets	Augmentation de la production renouvelable locale, réduction des émissions de GES, favorisation de l'économie locale
Processus	- Réalisation des études de faisabilité économique - Conclusion des partenariats nécessaires à récolter les fonds pour la réalisation de l'infrastructure - Réalisation des infrastructures en partenariat avec une entreprise tierce - Organiser la gestion des réseaux
Coordination	Coordination nécessaire entre le service des énergies, le service de l'urbanisme et le service des travaux
Réalisation	Premiers réseaux mis en service en 2020, développement complet à l'horizon 2030, si les conditions de financement le permettront
Participants	Services communaux : - Service des Energies - Service de l'urbanisme - Service des travaux Entreprise(s) tierce(s) pour la réalisation des travaux et la gestion des réseaux
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Possible conflit d'intérêts avec la création de quartiers à basse consommation d'énergie (difficulté de garantir la faisabilité économique du réseau) - Possible conflit avec les normes OPair pour le contrôle de la qualité de l'air (pour les chauffages à bois) - Possibilité d'étendre les réseaux au-delà des limites communales (synergies avec les communes limitrophes) - Possibilité de substituer la source d'énergie dans le futur
Remarques concernant le controlling	- Nécessité d'intégrer cette production centralisée dans le système de monitoring pour les indicateurs de suivi énergétique (plateforme EnergyCity)

6.2 Valorisation de ressources renouvelables à basses émissions de gaz à effet de serres

Fiche 2 : valorisation de ressources renouvelables à basses émissions de GES	
Objet	Valorisation de ressources renouvelables à basses émissions de GES
But	- Augmenter la part d'énergie renouvelable pour la couverture des besoins énergétiques - Diminuer les émissions de GES dues au chauffage
Effets	Diminution des émissions de GES, favorisation des ressources locales
Processus	- Renouvellement des subventions actuelles pour le remplacement d'installations de chauffage vétustes avec des installations à gaz ou à bois - Renouvellement des subventions actuelles pour l'installation de panneaux solaires thermiques - Mise en place de subventions pour l'installation de pompes à chaleur - La source de financement principale est constituée par le fond sur les énergies renouvelable, géré par la commission consultative des énergies
Coordination	Coordination interne au service des énergies pour la mise à jour du bouquet de subventions
Réalisation	La mesure est déjà en cours. Le bouquet de subvention est mis à jour au fil du temps pour s'adapter aux nouvelles technologies et à l'évolution de la politique énergétique de la ville.
Participants	Service des Energies, commission consultative des énergies
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Coordination nécessaire avec les autres subventions à disposition au niveau fédéral et cantonal - Possible conflit avec les bassins de développement des réseaux de chaleur - Possible conflit avec les normes OPair pour le contrôle de la qualité de l'air (pour les chauffages à bois)
Remarques concernant le controlling	- Nécessité de mettre à jour les bases de données dans lesquelles les installations de chauffage sont répertoriées (Registre Cantonal des Bâtiments, plateforme EnergyCity)

6.3 Augmentation de la production photovoltaïque locale

Fiche 3 : Augmentation de la production photovoltaïque locale	
Objet	Augmentation de la production photovoltaïque locale
But	- Augmenter la part d'énergie renouvelable pour la couverture des besoins énergétiques
Effets	Augmentation de la part d'énergie renouvelable locale
Processus	Réalisation de centrales solaires communales : - Identification des surfaces disponibles pour la production solaire photovoltaïque - Réalisation des études de faisabilité - Prise en charge de la réalisation Mise à jour des subventions pour la réalisation d'installations solaires photovoltaïques privées
Coordination	Coordination en cours entre les différents acteurs
Réalisation	12 centrales communales déjà réalisées ou prévues (état 2017) pour une puissance installée de 800 kWc et une production annuelle de 0.8 GWh, d'autres possibles sites sont à étudier à moyenne terme (prochain 5-10 ans) Encouragement de la production photovoltaïque privée en cours, mise à disposition d'informations sur la marche à suivre pour la réalisation de l'installation et l'obtention des subventions communales grâce aux moyens de communication à disposition du service des énergies
Participants	Services communaux : - Service des Energies - Service de l'Urbanisme Entreprise(s) tierce(s) pour la réalisation des travaux
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Possibilité de réaliser l'installation de panneaux solaires photovoltaïques lors de la rénovation d'une toiture ou d'une installation de chauffage - Possible conflit avec l'installation de panneaux solaires thermiques ou l'utilisation des surfaces des toitures pour autres fonctions
Remarques concernant le controlling	- Nécessité d'intégrer cette production dans le système de monitoring pour les indicateurs de suivi énergétique (plateforme EnergyCity)

6.4 Élimination des chauffages à mazout et des chauffages électriques directs

Fiche 4 : élimination des chauffages à mazout et des chauffages électriques directs	
Objet	Élimination des chauffages à mazout et des chauffages électriques directs
But	- Diminuer les émissions de GES dues au chauffage - Augmenter la part d'énergie renouvelable pour la couverture des besoins énergétiques
Effets	Diminution des émissions de GES, augmentation de la part d'énergie renouvelable
Processus	- Renouvellement des subventions actuelles pour le remplacement d'installations de chauffage vétustes avec des installations à gaz ou à bois - Mise en place des subventions pour les audits énergétiques dans les bâtiments - Mise en place de subventions pour l'installation de pompes à chaleur
Coordination	Coordination interne au service des énergies pour la mise à jour du bouquet de subventions
Réalisation	Certaines mesures déjà en cours, mise en œuvre des nouvelles subventions à court terme (2017-2018)
Participants	Service des Energies
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Coordination nécessaire avec les autres subventions à disposition au niveau fédéral et cantonal - Possible conflit avec les bassins de développement des réseaux de chaleur - Possible conflit avec les normes OPair pour le contrôle de la qualité de l'air (pour les chauffages à bois)
Remarques concernant le controlling	- Nécessité de mettre à jour les bases de données dans lesquelles les installations de chauffage sont répertoriées (Registre Cantonal des Bâtiments, plateforme EnergyCity)

6.5 Réduction de la consommation énergétique des bâtiments communaux

Fiche 5 : réduction de la consommation énergétique des bâtiments communaux	
Objet	Réduction de la consommation énergétique des bâtiments communaux
But	- Réduire les besoins énergétiques en chaleur et électricité des bâtiments communaux
Effets	Diminution de la consommation énergétique des bâtiments communaux et de leurs émissions de GES
Processus	- Identifier les bâtiments communaux, les plus énergivores - Identifier les possibles actions d'efficacité énergétique - Sélectionner les actions avec le meilleur rapport coût/bénéfice - Mettre en œuvre les actions retenues
Coordination	Coordination en cours entre les services concernés
Réalisation	Projet à réaliser à court terme (d'ici 5 ans)
Participants	Services communaux : - Service des Energies - Service des Bâtiments
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Nécessité de coordonner les mesures d'amélioration de l'efficacité énergétique avec les mesures d'entretien des bâtiments - Conflit avec l'objectif de réduire la dette de la commune (coût élevé des mesures de rénovation des bâtiments)
Remarques concernant le controlling	- Nécessité d'établir le schéma de comptage de tous les bâtiments objet du programme de réduction de consommation

6.6 Mise en place de subventions pour la réduction de la consommation en chaleur des bâtiments

Fiche 6 : mise en place de subventions pour la réduction de la consommation en chaleur des bâtiments	
Objet	Subventions pour la réduction de la consommation en chaleur des bâtiments
But	- Réduire les besoins énergétiques en chaleur des bâtiments
Effets	Diminution de la consommation en chaleur des bâtiments
Processus	- Mise en place des subventions pour les audits énergétiques dans les bâtiments - Mise en place de mesures de soutien à la rénovation de l'enveloppe et des fenêtres
Coordination	Coordination entre les services concernés en cours
Réalisation	Projet à réaliser à court terme (d'ici 5 ans)
Participants	Services communaux : - Service des Energies - Service de l'Urbanisme
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Nécessité de coordination avec les mesures déjà en cours auprès du Canton de Vaud (programme bâtiments)
Remarques concernant le controlling	- Nécessité de mettre à jour les bases des données qui contiennent des informations sur l'année de rénovation du bâtiment (Registre Cantonal des Bâtiments, plateforme EnergyCity)

6.7 Mise en place de subventions pour la réduction de la consommation en électricité

Fiche 7 : mise en place de subventions pour la réduction de la consommation en électricité	
Objet	Subventions pour la réduction de la consommation en électricité
But	- Réduire la consommation électrique des ménages, des entreprises et des bâtiments d'habitation collectifs
Effets	Diminution de la consommation électrique des bâtiments
Processus	- Mise en place d'un programme de mesures de réduction de la consommation électrique pour différents publics cible : - Particuliers - Entreprises - Gérances et propriétaires immobiliers
Coordination	Coordination en cours entre les acteurs concernés
Réalisation	Projet à réaliser à court terme (d'ici 5 ans)
Participants	- Service des Energies - Autres distributeurs d'énergie en suisse romande qui mettent en œuvre des programmes similaires de soutien à l'efficacité énergétique - Canton de Vaud
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Nécessité de coordination avec les autres distributeurs d'énergie concernés afin de mettre en valeur les possibles synergies - Echanges avec le Canton de Vaud afin d'obtenir un soutien cantonal pour la mise en œuvre du programme
Remarques concernant le controlling	- Nécessité d'établir un système de comptage systématique des économies d'énergie

6.8 Retranscription du plan directeur des énergies dans les documents d'urbanisme (PDCom, PA)

Fiche 8 : retranscription du plan directeur des énergies dans les documents d'urbanisme (PDCom, PA)	
Objet	Retranscription du Plan Directeur des énergies dans les documents d'aménagement
But	- Diminuer les émissions de GES dues au chauffage - Augmenter la part d'énergie renouvelable pour la couverture des besoins énergétiques
Effets	Diminution des émissions de GES, augmentation de la part d'énergie renouvelable
Processus	- Coordination avec le service de l'urbanisme - Identification d'éléments de la stratégie énergétique du plan directeur des énergies pouvant être intégrés dans le PDCom et le règlement du plan d'affectation - Proposition d'un contenu pour le PDCom et le règlement du plan d'affectation - Ajustement avec le service de l'urbanisme
Coordination	Coordination nécessaire avec le service de l'urbanisme et des bâtiments
Réalisation	Projet à réaliser dans le cadre de la révision du PDCom et du Plan d'affectation
Participants	- Service des Energies - Service de l'Urbanisme - Canton de Vaud
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Coordination nécessaire avec les autres bases légales de niveau fédéral et cantonal - Coordination avec la DIREN - Coordination avec les autres thématiques contenues dans le PDCom et le Plan d'affectation
Remarques concernant le controlling	- Nécessité d'établir une directive pour le suivi de la mise en application des éléments qui seront retranscrits

6.9 Mise en place d'un système de suivi de la mise en œuvre du Plan Directeur des Energies

Fiche 9 : mise en place d'un système de suivi de la mise en œuvre du Plan Directeur des Energies	
Objet	Mise en place d'un système de suivi de la mise en œuvre du Plan Directeur des Energies
But	- Atteindre les objectifs visés par le Plan Directeur des Energies
Effets	Validation de l'atteinte des objectifs énergétiques visés par le Plan Directeur des Energies
Processus	- Mise en place d'un outil de suivi de l'évolution énergétique des bâtiments du territoire - Mise en place d'un processus de collecte de données pour la mise à jour - Réalisation d'un suivi périodique des indicateurs
Coordination	Coordination en cours entre les acteurs concernés
Réalisation	Projet à réaliser à court terme (d'ici 5 ans)
Participants	- Service des Energies - Service de l'Urbanisme - Service des Bâtiments - Canton de Vaud
Interdépendances/objectifs en concurrence	- Echanges avec le Canton de Vaud afin d'assurer un alignement entre le suivi énergétique communal et cantonal - Pas d'objectifs en concurrence
Remarques concernant le controlling	- Nécessité de définir les sources de données existantes et les indicateurs nécessaires au suivi de la mise en œuvre

7 Bibliographie

DGE-DIREN (juin 2016) – Guide pour une planification énergétique territoriale.

Alpgeo. (2013). *GP Yverdon - Production of thermic power by doublets from aquifer*. Yverdon-les-Bains.

Association suisse des professionnels de la protection des eaux VSA. (2008). *Energie dans les stations d'épuration*. Zürich.

Bundesamt für Energie. (2014). *Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000 - 2013 nach Verwendungszwecken*.

Canton de Vaud - Service du développement territorial. (2013). *Plan directeur cantonal*.

Canton de Vaud. (2014). *Guichet cartographique cantonal*. Récupéré sur <http://www.geoplanet.vd.ch/>

Canton de Vaud- Service de développement territorial. (2010). *Guide de procédures concernant les installations d'énergies renouvelables*. Epalinges.

CREM. (2013). *Méthodologie pour l'évaluation des zones potentielles pour l'implantation de réseaux thermiques*. Martigny.

CTA SA. (2010). *Information qualité de l'eau*.

Direction générale de l'environnement du Canton de Vaud. (2013). *Bilan 2012 de l'épuration vaudoise*. Lausanne.

Direction générale de l'environnement du Canton de Vaud. (2014). *Directive cantonale pour l'implantation de chauffage à bois*. Canton de Vaud.

EKZ. (2013). *Proposition de contracting - Récupération de l'énergie des eaux usées de la STEP d'Yverdon-les-Bains, distribution dans un réseau d'eau basse température et production de chaleur et eau chaude sanitaire à partir de pompes à chaleur décentralisées*. Châtel-Saint-Denis.

Girardin et al. (2009). *EnerGis: A geographical information based system for the evaluation of intergrated energy*.

KBOB. (2012). *Ecobilans dans la construction*.

Laplaige, L. (2010, avril 10). *Géothermie de surface - Puits canadiens, capteur enterrés et géostructures*. Consulté le février 2011, sur Techniques de l'ingénieur: <http://www.techniques-ingenieur.fr/>

LPTherm - HEIGVD. (2011). *Projet d'étude du concept énergétique du Coteau-Est à Yverdon-les-Bains*. Yverdon-les-Bains.

MétéoSuisse. (2013, janvier 30). Récupéré sur <http://www.meteosuisse.admin.ch/web/fr.html>

Municipalité d'Yverdon-les-Bains. (2014). *Rapport au Conseil communal d'Yverdon-les-Bains concernant une demande de crédit d'investissement pour les travaux d'installation d'un chauffage à distance "Lotus"*. Yverdon-les-Bains.

Navitas Consilium. (2014). *Planification énergétique territoriale de la Commune d'Yverdon-les-Bains*.

OFEN. (2013). *Analyse des schweizerischen Energieverbrauchs 2000-2012 nach Verwendungszwecken*.

OFEN. (2014). *Loi sur l'énergie*.

OFEN. (2014). *Statistique globale suisse de l'énergie 2013*.

Office fédéral de l'énergie. (2000). *Dimensionnement d'installation à capteurs solaires*.

- Office fédéral de l'énergie. (2012). *Graphiques de la statistique globale suisse de l'énergie 2012*.
- Office fédéral de l'énergie. (2013). *Evolution des marchés des énergies fossiles 2/2013*.
- Office fédéral de l'environnement. (2012). *L'environnement suisse - Statistique de poche 2012*. Neuchâtel.
- Office fédéral de l'environnement. (2014). *Ordonnance sur la protection des eaux*. Berne.
- Office Fédéral des Constructions et de la Logistique. (2012). *Oekobilanzdaten im Baubereich - KBOB/eco-bau/IBP 2009/1*.
- OFS. (2013). *Etat et structure de la population - Indicateurs*. Récupéré sur Administration fédérale admin.ch: <http://www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/themen/01/02/blank/key/bevoelkerungsstand.html>
- Planair SA. (2011). *Avant-projet pour un chauffage à distance à bois sur la commune d'Yveron-les-Bains*. Yverdon-les-Bains.
- Service du développement territorial (SDT). (2010). *Guide de procédures concernant les installations individuelles d'énergies renouvelables*.
- Services industriels de Genève. (2008). *Rafrâchir et chauffer le quartier des Nations avec l'eau du lac*. Genève.
- Société suisse des ingénieurs et des architectes. (2010). *SIA 384/6:2010 - Sondes géothermiques*.
- Société Suisse pour la Géothermie. (2007). *Les sondes géothermiques - Un chauffage discret, sans émission de CO2 et sans entretien*. Frauenfeld: Geothermie.ch.
- SuisseEnergie. (2010). *Aide au dimensionnement de capteurs solaires*.
- Swissgrid. (2015). *Rétribution uniques pour les petites installations photovoltaïques*. Récupéré sur Swissgrid: http://www.swissgrid.ch/swissgrid/fr/home/experts/topics/renewable_energies/remuneration_re/eiv.html
- Weinmann-Energies SA. (2010). *Parc scientifique et technique d'Yverdon-les-Bains - Etude pour l'évaluation des rejets thermiques et des besoins en chaleur du site*. Echallens.