

Institut de Génie Thermique

Conseil

Avenue des Sports 20, CH – 1400 Yverdon-les-Bains, Tel. 024 557 73 89, Fax 024 557 73 87

Projet CAD Rolle

Analyse des vecteurs énergétiques

Référence : **180.CAD Rolle**

Date : **20 avril 2023**

Mandataire : **Commune de Rolle - M. Cotting**

Table des matières

1	Mandat	4
2	Objectifs	4
3	Situation énergétique en Suisse	4
4	Contraintes cantonales, environnementales et techniques	5
4.1	Loi Vaudoise sur l'énergie	5
4.2	Situation énergétique cantonale	6
4.2.2	Perspectives cantonales	6
4.3	Plan chaleur du canton de Vaud	7
4.4	Situation énergétique du District de Nyon.....	8
4.4.1	Potentiel de revalorisation des ressources énergétiques renouvelables pour les zones propices aux réseaux CAD	8
4.5	Zones propices aux systèmes décentralisées (Bâtiments individuels).....	9
4.5.1	Potentiel de revalorisation des ressources énergétiques renouvelables propices aux zones décentralisées (bâtiments individuels).....	10
4.6	Apport du bois énergie dans le mix de ressources renouvelables (chaleur haute température et électricité)	11
4.6.1	Perspectives cantonales de la consommation électricité pour les pompes à chaleur (PAC).....	11
4.7	Part de chaleur dans un bâtiment.....	13
4.8	Réseau CAD de la commune	13
4.9	Hypothèses de calculs	15
4.9.1	Densité de consommation	15
4.9.2	Densité de raccordement	15
4.10	Projet	17
4.10.1	Potentiel géothermique	17
4.10.2	Valorisation de la STEP	17
4.10.3	PAC CO ₂ et NH ₃ (ammoniaque)	18
4.10.4	POINTE DE PUISSANCE	18
4.10.5	Position des pompes	19
4.10.6	Problématiques des moules quagga (<i>Dreissena rostriformis burgensis</i>).....	20
4.10.7	Production d'eau chaude sanitaire ECS en été	21
4.10.8	Installation SOLARCAD II au SIG.....	22
4.10.9	Coût d'une sous-station.....	23
4.10.10	Maintenance / Panne.....	23
4.11	Intérêts de la commune à implémenter un CAD	24
4.1	Concession actuelle (voir annexe 2).....	24
4.2	Stratégie à appliquer	24
5	Recommandations et conclusion.....	25
6	Annexes	26

Liste des figures

Figure 1 : Consommation actuelle et perspectives futures	5
Figure 2 : Perspectives cantonales VD pour le CAD	6
Figure 3 : Répartition future par district des ressources dans les zones propices aux réseaux CAD	7
Figure 4 : Potentiel de revalorisation des ressources énergétiques renouvelables	8
Figure 5 : Répartition future par district des ressources dans les zones propices aux systèmes décentralisées	Erreur ! Signet non défini.
Figure 6 : Répartition future par district des ressources dans les zones propices aux systèmes décentralisées	9
Figure 7 : Bilan de l'apport du bois énergie dans le taux de couverture en ressources renouvelables	101
Figure 8 : Consommation d'électricité au niveau cantonal pour les PAC	112
Figure 9 : <i>Graphique « Production efficace de l'eau chaude sanitaire », page 6, Schweizerische Agentur für Energieeffizienz</i>	123
Figure 10 : Dessins sous-stations	134
Figure 11 : <i>Densité énergétique</i>	Erreur ! Signet non défini.
Figure 12 : <i>Courbe monotone</i>	18
Figure 13 : <i>Vue schématique des pompes à la STAP</i>	20
Figure 14 : Coût d'une sous-station	23

1 Mandat

L'Institut de Génie Thermique de la HEIG-VD a été mandaté par la commune de Rolle pour accompagner la municipalité dans le développement du réseau de chauffage à distance. Les principales activités envisagées sont l'analyse et la synthèse des aspects techniques, environnementaux et financiers en rapport avec les différentes possibilités de production d'énergie thermique, de développement du réseau et des possibilités de récupération de la chaleur fatale.

Documents en notre possession :

Plans :

- 91381-01-2a 1-2000 200831-JW – cadastre.dwg
- 91381-01-1a VoisinsCAD 200306-JW – cadastre.dwg
- PARCELLES et BATIMENTS COMMUNAUX.pdf

Listes :

- ELECTRICITE bât. communaux.xlsx
- GAZ bât. Communaux.xlsx
- Liste bâtiments communaux.xlsx

2 Objectifs

L'objectif de ce mandat est de présenter les différentes possibilités de mode de production d'énergie thermique pour la production du chauffage et de l'eau chaude sanitaire, du développement du réseau CAD, des demandes de la société Schenck, des possibilités de récupération de chaleur fatale, en y discutant les différents avantages et inconvénients selon des contraintes techniques, environnementales, financières et cantonales.

3 Situation énergétique en Suisse

La figure 1, ci-dessous montre l'évolution des consommations énergétiques finales en Suisse depuis 1910 à 2021. Selon les différentes variantes envisagées pour le futur, afin de répondre à la stratégie énergétique 2050 de la confédération, il est prévu une augmentation des réseaux thermiques pour le chauffage à distance de 8 à 25%.

De plus en plus, une diminution de la consommation du bois énergie est prévue et cela pour une revalorisation des ressources énergétiques situationnelles engendrant une augmentation des réseaux thermique de type « anergie », soit à basses températures et imposant un relèvement des températures par des pompes à chaleur chez les consommateurs.

Cette diminution de la consommation du bois énergie pour le chauffage se justifie par rapport au besoin industriel d'un combustible renouvelable et ainsi d'améliorer le rendement exergétique des installations à combustion.

Suite à ces prévisions, nous retournons dans une société toute électrique avec l'augmentation de la consommation électrique par la pose des pompes à chaleur et sans négliger l'apparition toujours plus importante de l'électromobilité.

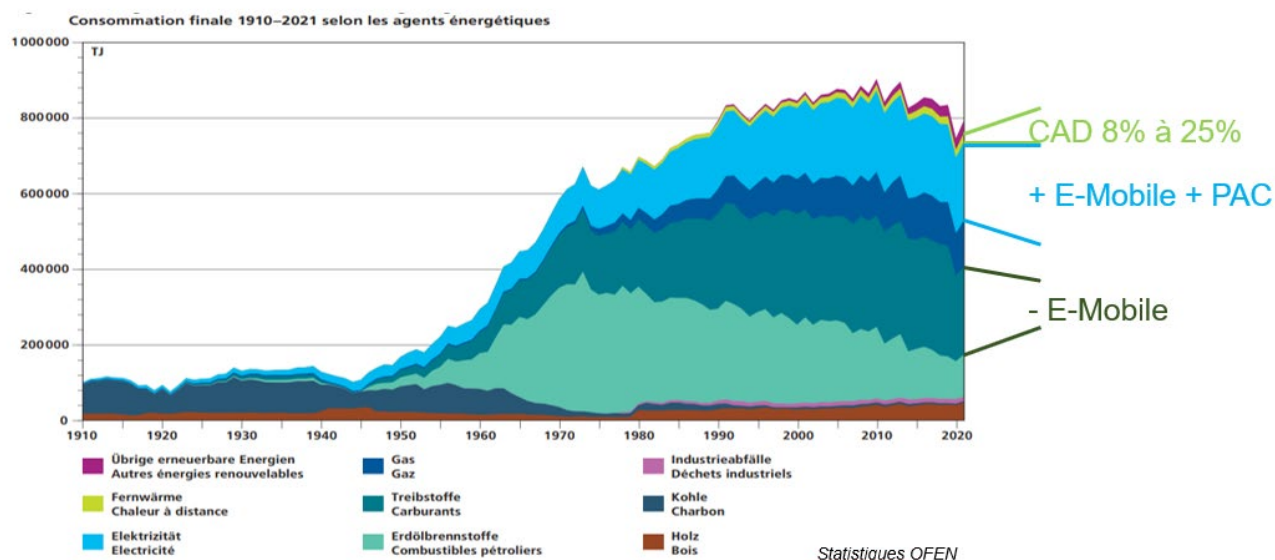


Figure 1 : Consommation actuelle et perspectives futures

4 Contraintes cantonales, environnementales et techniques

4.1 Loi Vaudoise sur l'énergie

La LVLEne du 16 mai 2006 en vigueur depuis le 1 mars 2022 précise :

- Art. 16d : Plans d'affectation cantonaux avec des obligations pour les communes
- Art. 24 : L'état et les communes encouragent les installations de chauffage à distance
- Art. 25 : Raccordement des bâtiments existants fortement recommandés et raccordement des bâtiment neufs obligatoires si la date du permis de construire est postérieure au 1 mars 2022.
- Art 28a-al. b : Un CAD avec PAC est considérée comme une source d'énergie renouvelable

4.2 Situation énergétique cantonale

4.2.2 Perspectives cantonales

La DGE, par l'intermédiaire du bureau CSD, a émis un document concernant la planification énergétique et l'utilisation des différentes ressources énergétiques renouvelables pour le chauffage centralisé (bâtiment unique) et décentralisé par la distribution au travers de réseaux thermiques (CAD). Cette planification considère l'état initial selon 2020 et l'état final à 2035.

La figure 2, ci-dessous montre l'évolution projetée entre 2020 et 2035 concernant la production d'énergie pour les systèmes décentralisés, soit les réseaux thermiques (CAD). Non, seulement la zone grisée (énergie non renouvelable) sera très largement remplacée par des ressources énergétiques renouvelables, mais l'optimisation du fonctionnement des réseaux est aussi pris en compte

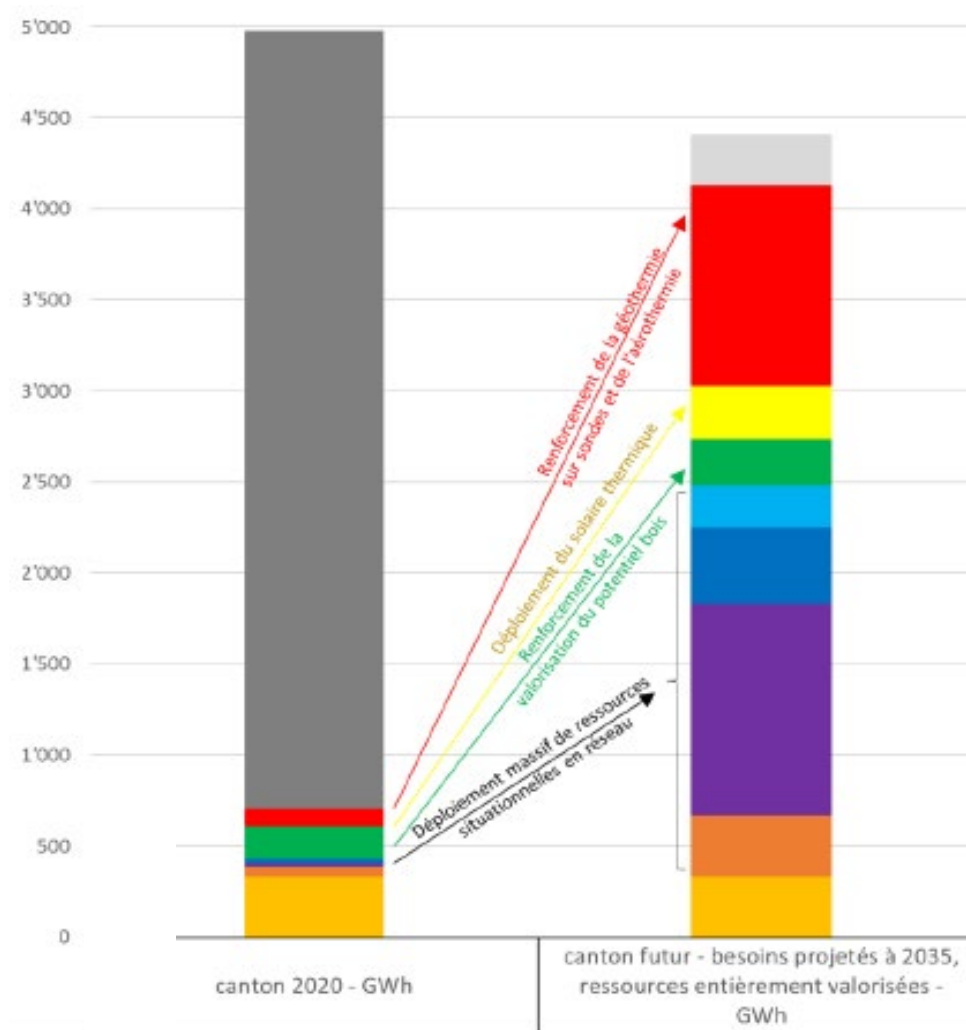


Figure 2 : Perspectives cantonales VD pour le CAD

Source : rapport CSD du 13-07-2021 - Perspectives de valorisation du potentiel de chaleur renouvelable du canton de Vaud

4.3 Plan chaleur du canton de Vaud

Afin d'améliorer la granulométrie, les perspectives de valorisation du potentiel chaleur dans le canton de Vaud sont déclinée par district selon la figure 3, ci-dessous.

La ressource « bois » est à utiliser prioritairement pour des usages hautes températures (industries) et exceptionnellement pour du chauffage.

A titre d'illustration, la figure suivante montre comment devraient se répartir, par district, les potentiels de valorisation des ressources (valeurs en MWh).



Figure 3 : Répartition future par district des ressources dans les zones propices aux réseaux CAD

Valeurs données en MWh (source rapport CSD du 13-07-2021)

■ Autres ressources (p.ex. bois, ressources importées, chaleur de l'environnement)
■ Nappes phréatique - futur
■ Lacs - futur
■ Aquifère - futur
■ Rejets thermiques - futur
■ STEP - futur
■ Ressources CAD actuels (rejets, déchets, boues, lac)

- La nappe phréatique varie avec le temps, c'est la couche supérieure d'un aquifère non confiné.
- Un aquifère est un ensemble de roches saturées par lesquelles l'eau peut facilement se déplacer.

4.4 Situation énergétique du District de Nyon

4.4.1 Potentiel de revalorisation des ressources énergétiques renouvelables pour les zones propices aux réseaux CAD

Le rapport de la DGE montre que la région de Nyon et plus spécialement la zone côtière (Rolle) doit favoriser des ressources renouvelables du type :

- Pompage dans le lac (PAC)
- Aerothermie (PAC air/eau)
- Sondes géothermiques - Acquifère et nappe phréatique (PAC)
- STEP (CCF: Couplage Chaleur Force)

Par contre, la partie nord district, soit le pied du Jura et le jura pourront profiter des réserves de bois-énergie.

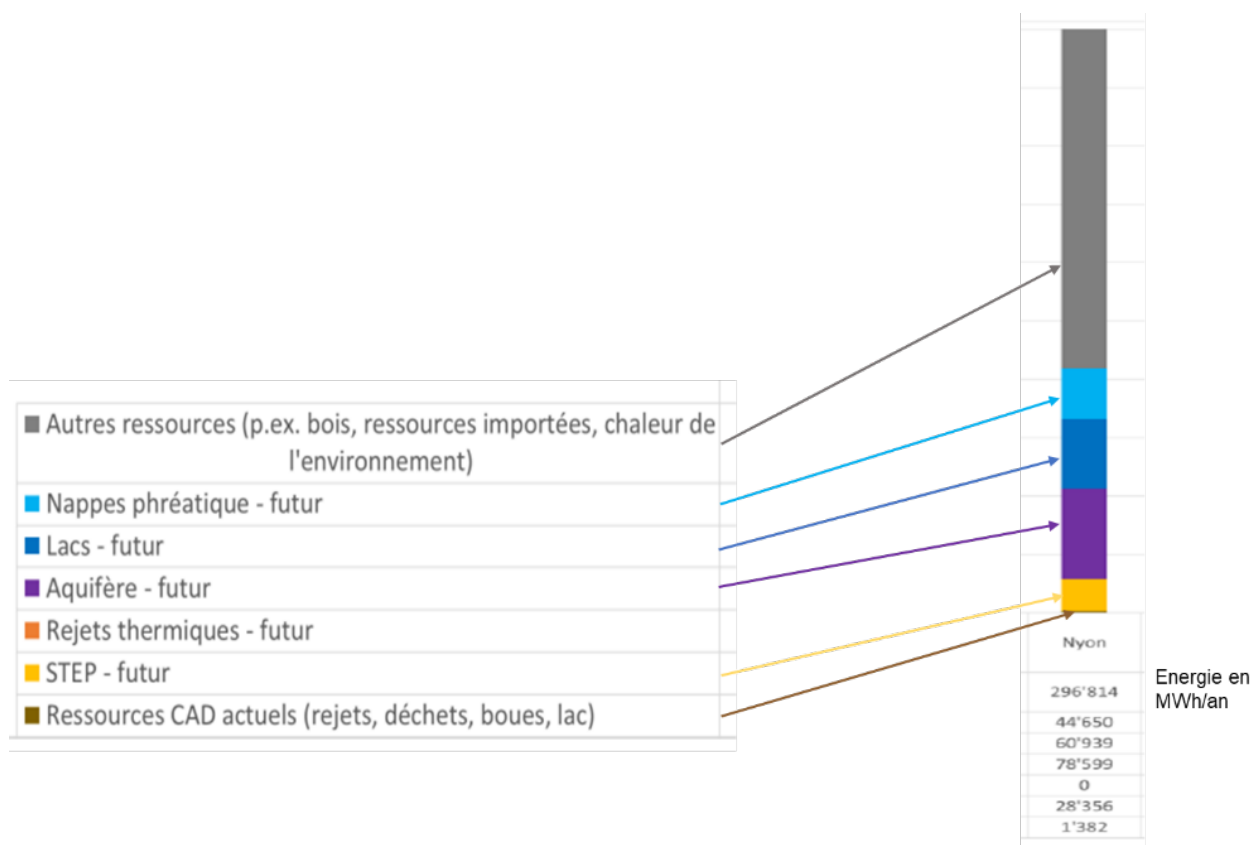


Figure 4 : Potentiel de revalorisation des ressources énergétiques renouvelables pour le district de Nyon

Source rapport CSD du 13-07-2021 - Perspectives de valorisation du potentiel de chaleur renouvelable du canton de Vaud

4.5 Zones propices aux systèmes décentralisés (Bâtiments individuels)

Le Rapport de la DGE concernant les perspectives chaleur pour des bâtiments individuels est tout aussi ambitieux pour 2035 et diminue très fortement l'utilisation du bois énergie. Ce dernier serait idéalement réaffecté à des usages haute température et pour des chauffages individuels de bâtiments à des altitudes supérieures à 1000 mètres, zones dans lesquelles l'utilisation des sondes verticales ou de nappe phréatique est difficilement réalisable.

La figure 5 ci-dessous donne l'aperçu des ressources énergétiques renouvelables envisagées pour les différents districts du canton de Vaud

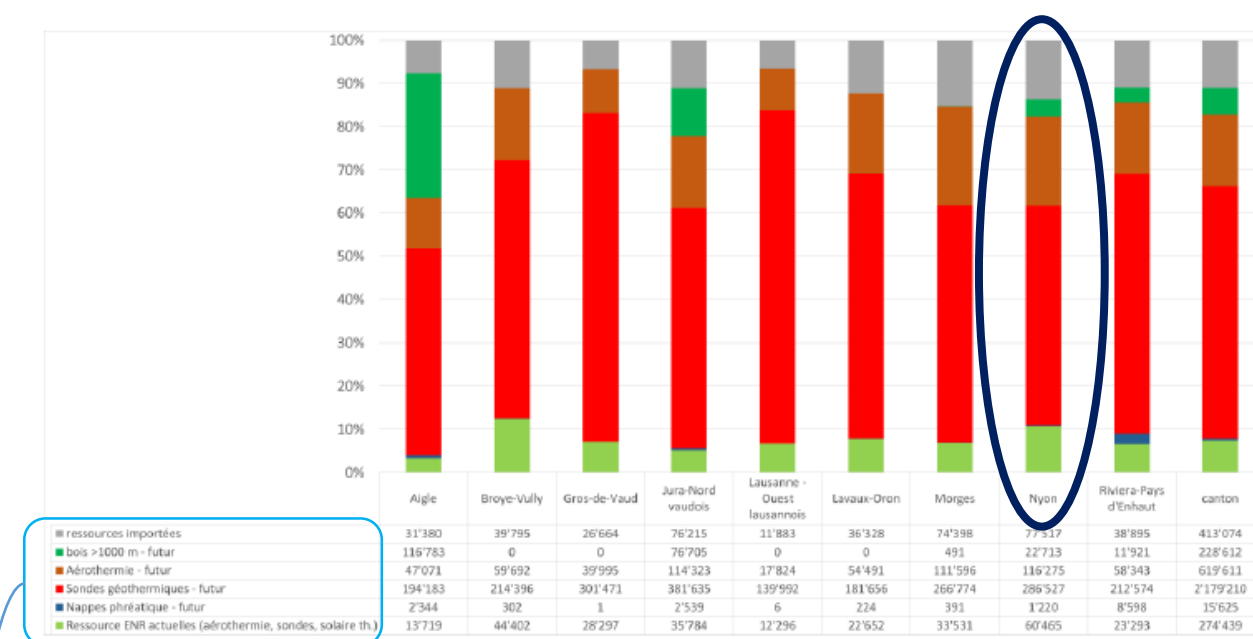


Figure 5 : Répartition future par district des ressources dans les zones propices aux systèmes décentralisés

Valeurs données en MWh (source rapport CSD du 13-07-2021 Perspectives de valorisation du potentiel de chaleur renouvelable du canton de Vaud - page 12)

■ ressources importées
■ bois >1000 m - futur
■ Aérothermie - futur
■ Sondes géothermiques - futur
■ Nappes phréatiques - futur
■ Ressource ENR actuelles (aérothermie, sondes, solaire th.)

4.5.1 Potentiel de revalorisation des ressources énergétiques renouvelables propices aux zones décentralisées (bâtiments individuels)

Dans le district de Nyon, une part prépondérante de la production énergétique pour les bâtiments individuels est prévue à terme par la géothermie, ainsi que les PAC (pompe à chaleur) air/eau et eau/eau.

Par contre l'utilisation du bois n'apparaît plus comme l'une des ressources renouvelables essentielles

Bien qu'il est fait mention des bâtiments individuels, ces prévisions sont importantes pour le district avec l'augmentation de la consommation électrique pour l'alimentation des PAC. (Voir chapitre 4.6.1)

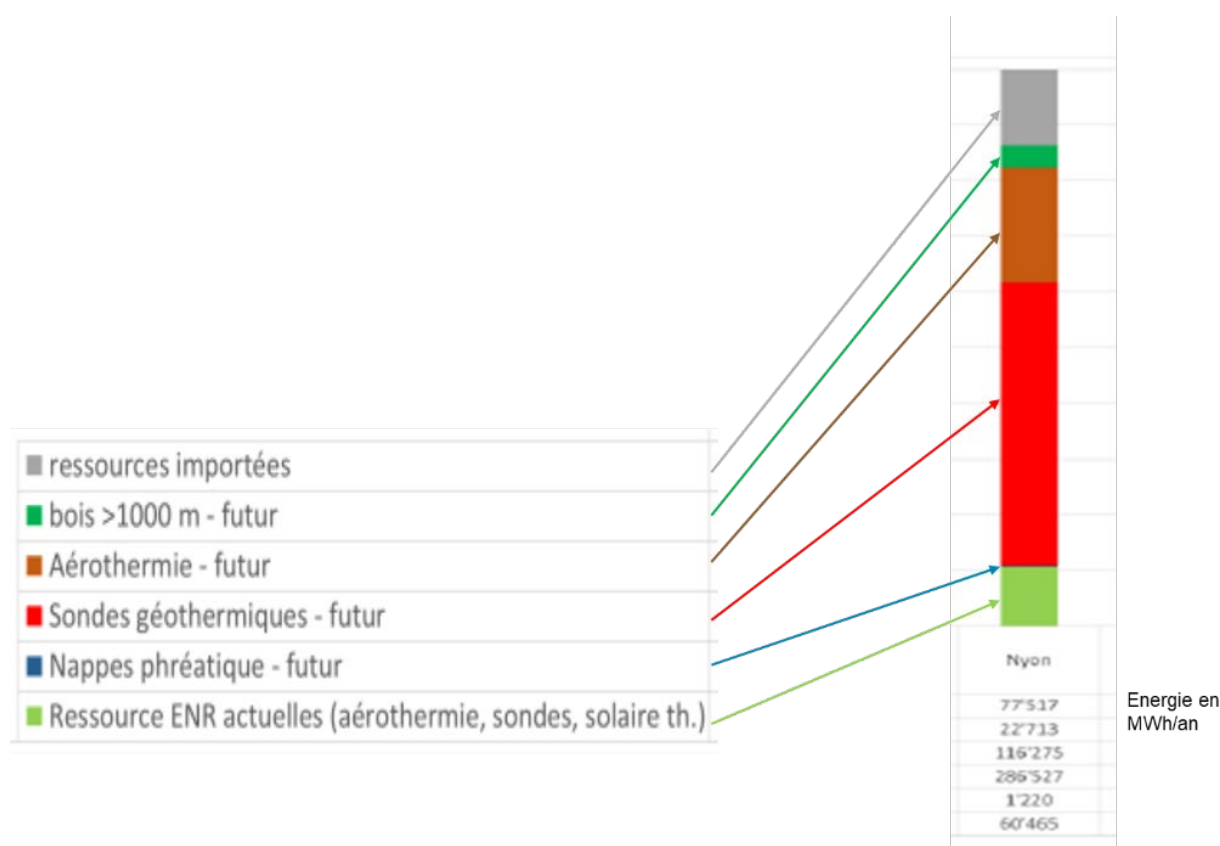


Figure 6 : Répartition future pour le district de Nyon pour des systèmes décentralisés

Source : rapport CSD du 13-07-2021 - Perspectives de valorisation du potentiel de chaleur renouvelable du canton de Vaud

4.6 Apport du bois énergie dans le mix de ressources renouvelables (chaleur haute température et électricité)

Comme mentionné précédemment, la ressource bois énergie n'est plus privilégiée, de ce fait la priorité pour l'attribution du bois énergie est donc la suivante :

1. Couverture de 50% des besoins en chaleur de procédés (soit 522 GWh/an)
2. Couverture des besoins en chaleur des mailles, en zones décentralisées, situées au-delà de 1000 m d'altitude (soit 229 GWh/an)
3. Utilisation du reste du potentiel bois-énergie (soit 249 GWh/an) pour les réseaux CAD

Priorité considérée	part ressources situationnelles actuelles et futures	Potentiel du bois affecté	part totale renouvelable (ressources situationnelles + affectation bois)
		GWh	
Zones propices aux réseaux	56%	249	62%
Zones propices aux systèmes décentralisés	83%	229	89%
Procédés industriels	0%	522	50%

Figure 7 : Bilan de l'apport du bois énergie dans le taux de couverture en ressources renouvelables

Valeurs données en MWh (source rapport CSD du 13-07-2021 Perspectives de valorisation du potentiel de chaleur renouvelable du canton de Vaud - page 42)

L'utilisation du bois énergie, actuellement revaloriser dans des réseaux de chaleur ou de manière décentralisée, devrait être réaffectée pour des usages haute température ou pour les bâtiments d'altitude (> 1'000m). Il est fortement dommageable d'utiliser du bois pour initier le phénomène de combustion, produisant une flamme de 1000°C, pour finalement produire de l'eau de chauffage à 90°C. Enfin, le 50% du bois-énergie est réservé pour les procédés industriels exigeant des températures élevées. Cette ressource est aussi planifiable pour la production conjointe de chaleur et d'électricité.

En conclusion, il est fortement recommandé de pomper l'eau du lac plutôt que de faire des chaufferies au bois pour la commune de Rolle.

4.6.1 Perspectives cantonales de la consommation électricité pour les pompes à chaleur (PAC)

Dans les zones CAD, avec le développement des réseaux anergies et la pose des pompes à chaleur, le besoin d'électricité passe de 37 GWh à 526 GWh soit un facteur multiplicatif de plus de 14. **Les infrastructures électriques seront donc à planifier et à augmenter en conséquence.**

La figure 8 ci-dessous permet d'apprécier les futures fortes demandes en électricité pour l'utilisation de la pompe à chaleur, aussi bien pour les réseaux thermiques basse température que l'habitat individuel. Par contre avec l'utilisation de nouveau fluide, la tendance est à l'augmentation du COP (Coefficient de Performance).

Afin de garantir un COP élevé, dans certains cas avec des différentes températures pour le réseau de chauffage et la production de l'ECS (Eau Chaude sanitaire), il est envisageable d'installer deux pompes à chaleur.

	canton 2020 - GWh	canton futur - besoins projetés à 2035, ressources entièrement valorisées - GWh
■ Zones propices aux systèmes décentralisés	83	879
■ Zones propices aux réseaux	37	526

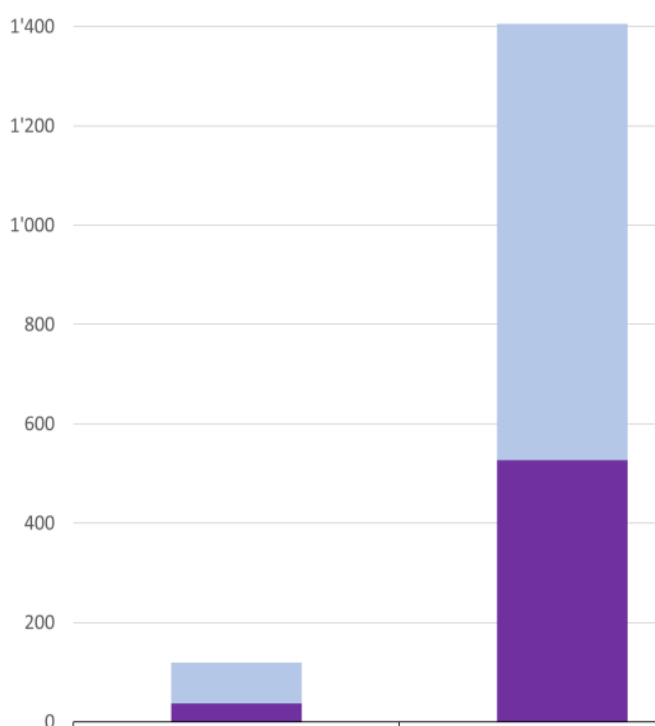


Figure 8 : Consommation d'électricité au niveau cantonal pour les PAC

Source : rapport CSD du 13-07-2021 - Perspectives de valorisation du potentiel de chaleur renouvelable du canton de Vaud

4.7 Part de chaleur dans un bâtiment

Depuis les années 2000, la construction de bâtiments bien isolés, l'augmentation de bâtiments à faible consommation de chaleur et le réchauffement climatique modifient les besoins énergétiques pour le chauffage, ces derniers ayant très nettement diminué, alors que la consommation de l'eau chaude sanitaire reste stable.

Cela signifie que les caractéristiques thermiques seront de plus en plus influencées sur le besoin d'ECS et non plus sur le besoin de chauffage.

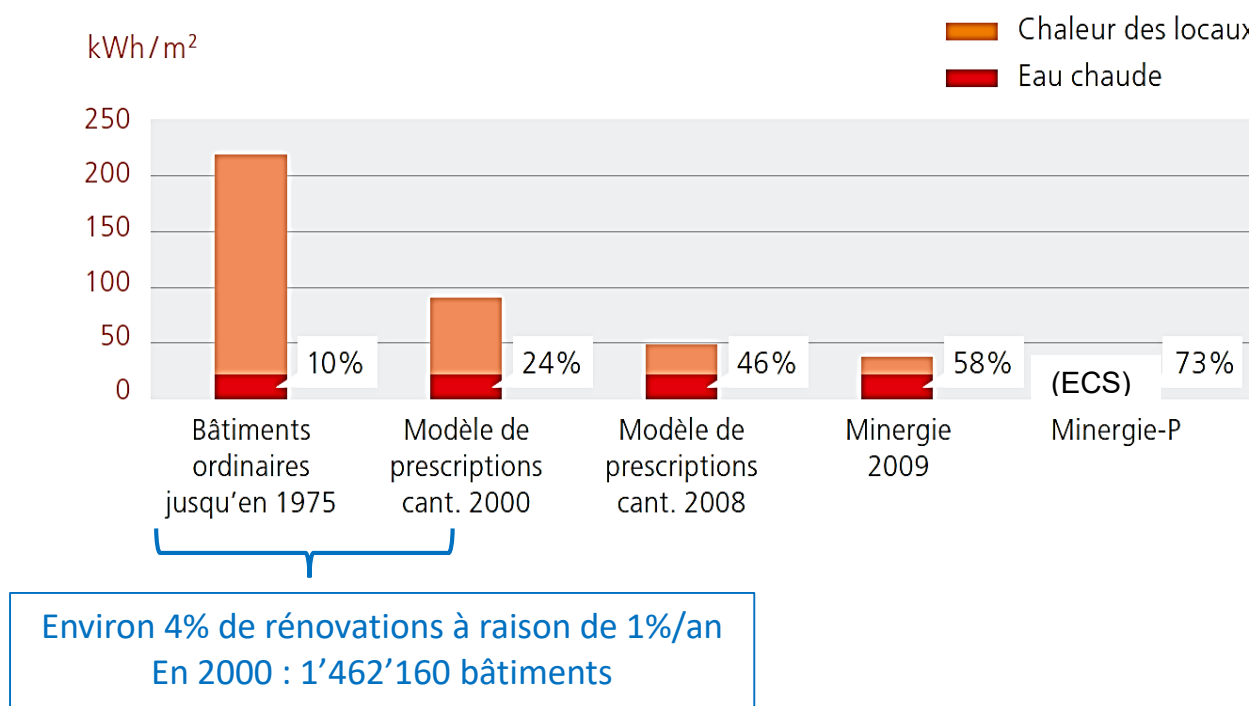


Figure 9 : Graphique « Production efficace de l'eau chaude sanitaire », page 6, Schweizerische Agentur für Energieeffizienz

4.8 Réseau CAD de la commune

Sachant que la commune de Rolle doit donner une priorité à une ressource énergétique renouvelable situationnelle pour son réseau thermique, il est opportun de privilégier la source énergétique contenue dans le lac.

Ce concept exige l'installation d'une pompe à chaleur, en privilégiant l'utilisation d'énergie électrique produite par du solaire photovoltaïque.

En fonction des consommateurs, il est important de déterminer les niveaux de température du réseau secondaire de distribution.

Nous pouvons imaginer 3 cas bien distincts, soit :

- Un réseau de distribution avec une température élevée pour les process ou les vieux bâtiments
- Un réseau de distribution avec une température plus basses pour les nouveaux bâtiments
- Un réseau de distribution froid pour rafraichir les bâtiments en « free-cooling »

Les réseaux basses températures permettent de mieux revaloriser l'utilisation de ressources énergétiques renouvelables, telles que le lac, les rivières, la géothermie, la récupération de chaleur fatale.

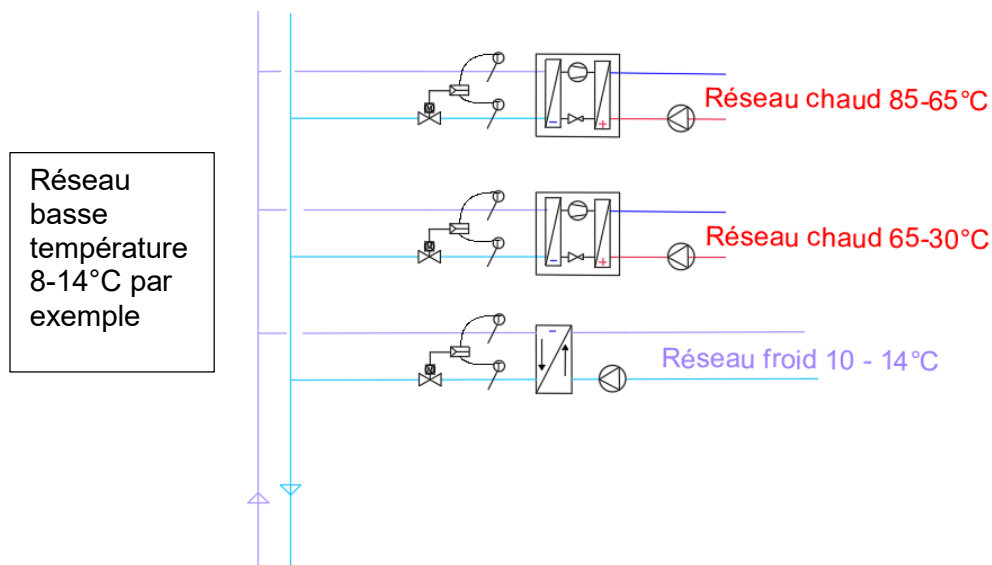


Figure 10 : Dessin HEIG-VD – Distribution sous-station

Par contre, il ne faut pas négliger la distribution d'énergie thermique pour la production d'eau chaude sanitaire, dont le niveau de température est stable et élevé (env. 65°C). Comme montré précédemment, la part énergétique pour la production d'eau chaude sanitaire prendra le dessus dans les nouveaux quartiers. Dans les vieux quartier ou les bâtiments non rénovés, le niveau de température chauffage et eau chaude sanitaire est identique.

4.9 Hypothèses de calculs

4.9.1 Densité de consommation

Afin de déterminer les futures zones raccordées, dans un objectif de rentabilité, il est nécessaire de calculer les densités de raccordement.

En règle générale, les vieux quartiers répondent sans problème aux exigences exprimées ci-dessous, par contre la mise en œuvre du réseau thermique est beaucoup plus problématique.

Il est fort probable que des nouveaux quartiers avec des grandeurs parcelles resteront avec des modes de chauffage individuel.

Pour Rolle, la référence de densité de densité de consommation pris en compte est de 70 kWh/m² et par an.

Pertinence du chauffage à distance	Densité de consommation thermique (kWh/m ² a)
Inapproprié	< 50
Partiellement approprié	50 – 70
Approprié	> 70

Figure 11 : Tableau densité énergétique – Guide de planification CAD

4.9.2 Densité de raccordement

Une fois les zones à consommation intéressante pour être raccorder à un réseau thermique, il faut valider la densité de raccordement, dépendant de la longueur de la tuyauterie pour atteindre le ou les consommateurs.

La densité de raccordement dépendra de la consommation énergétique annuelle et de la longueur de tuyauterie alimentant le particulier ou un groupe d'habitats.

$$\text{Densité de raccordement} \frac{[\text{MWh}/(\text{a m})]}{=} \frac{\text{Besoins en chaleur annuelle des consommateurs} [\text{MWh/a}]}{\text{Longueur totale du tracé} [\text{m}]}$$

Cette densité de raccordement :

- Constitue un indicateur essentiel pour estimer la rentabilité d'un réseau de chauffage à distance
- A priori une valeur inférieure à **2 [MWh/a*m]** n'est pas intéressante lors de l'analyse sommaire, sans connaissance précises (future développement de la zone, subventions, ...)

Nous prendrons en considération une valeur de densité de demande de chaleur linéaire de 2 MWh/(an*m). Cette hypothèse permet de calculer la longueur totale du réseau en utilisant la demande de chaleur annuelle des bâtiments. Ce chiffre a été retenu car il est considéré comme la limite minimal d'une densité de demande de chaleur linéaire pour qu'un CAD à haute température soit financièrement viable.

4.10 Projet

Dans le cadre de ce projet, il est nécessaire de prendre en compte non seulement toutes les possibilités d'exploitation de ressources énergétiques à disposition, mais aussi de tenir compte du développement de futurs quartiers.

4.10.1 Potentiel géothermique

Il existe dans la zone concernée deux possibilités de revalorisation de la chaleur du sous-sol.

4.10.1.1 Relation avec le projet Bernard Nicod, revalorisation de la chaleur géothermique pour des installations de basse profondeur.

La puissance de ce champ de sonde est à prendre en considération si des besoins en froid sont demandés. Dans l'immédiat, il n'est pas nécessaire de se préoccuper de ce dernier. De plus, les valeurs de la source chaude sont exploitables que pour sa zone constructible.

Les caractéristiques connues sont :

- Puissance chaud disponible : 174 kW (30 W/ml)
- Puissance froid disponible : 104 kW (18 W/ml)

4.10.1.2 Forage grande profondeur

La société EnergieÔ procède à divers sondages dans une zone propice à la géothermie proche de Rolle (Vinzel). Le 1^{er} forage à 2'252 mètres a confirmé la température de 85°C, mais avec un débit très faible, donc non exploitable pour un réseau thermique.

2^{ème} forage à 1'500 m est en cours, si le débit semble adéquat, par contre le niveau de température sera faible (entre 45 et 55°C). Si la possibilité pour la commune de Rolle de se raccorder dessus existe, il faudra tenir compte de différents aspects tels que :

- Prévoir une séparation hydraulique, afin de ne pas détériorer le réseau thermique de Rolle, sachant que l'eau issue de la géothermie pourrait être corrosive.
- S'adapter au niveau de température de l'eau issue de la géothermie. Pour optimiser le transfert de chaleur, soit directement avec un échangeur ou de passer par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur pour relever le niveau de température. Tout dépendra des zones d'habitat à relier

4.10.2 Valorisation de la STEP

Il est difficile de prévoir les possibilités de revalorisation des rejets thermique de la STEP sans connaître la planification de sa transformation. Dans le cas d'une revalorisation énergétique des rejets de la STEP, il faut tenir compte de deux recommandations, soit :

- Les moules quagga existent et elles remontent le long de la tuyauterie de refoulement.
- Un échangeur à tube pour les eaux chargées est indispensable, à contrario, les échangeurs à plaques se colmatent très vite.

4.10.3 PAC CO₂ et NH₃ (ammoniaque)

Pour le réseau thermique et le relevage des niveaux de températures, nous recommandons de :

- Prévoir une station de pompage (STAP) au bord du lac avec 3 réseaux de distribution et chaque réseau avec ses pompes (voir figure 13 § 4.10.5) de distribution régulée sur un différentiel de pression en bout de réseau.
- Prévoir des sous-stations par quartier (voir annexe 1 et 2). Chaque sous-station aura pour objectif de relever le niveau de température par des pompes à chaleur pour produire l'énergie thermique nécessaire pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. Un robinet thermostatique (consigne température) régulera le débit d'alimentation de l'évaporateur de la pompe à chaleur en fonction de la demande d'énergie thermique.
- Choisir des pompes à chaleur avec des fluides adaptés CO₂, ammoniac, hydrocarbure, qui de plus en plus substituerons les autres fluides.
- De procéder à une optimisation énergétique avec la possibilité de récupérer la chaleur de la désurchauffe (voir annexe 3)
- Produire de l'énergie thermique pouvant osciller entre 40 et 70°C selon le type de bâtiment (bâtiments Minergie aux bâtiments anciens peu isolés)
- Produire de l'eau chaude sanitaire à température fixe à 65°C (SIA 385-1 :2020)
- Pose des pompes à la STAP (voir figure 13 § 4.10.5).
- Selon le bas niveau de température du réseau principal, le rafraîchissement pourrait se faire en direct sur l'aller via un échangeur (figure 10)

4.10.4 POINTE DE PUISSANCE

Il est nécessaire pour chaque sous-station de sortir la courbe monotone (ou courbe classée) dans le but de bien étudier le choix des producteurs en fonction des puissances à délivrer selon une durée sur une année.

Afin d'assurer une production énergétique optimale, la figure ci-dessous donne en exemple les différentes possibilités de planifier l'utilisation de plusieurs producteurs de chaleur sur l'année.

La zone rouge n'est présente que pour assurer la puissance de pointe qui pourrait se produire lors de très basses températures et durant un laps de temps très faible. Néanmoins, dans le but d'éviter des retours désagréables des abonnés, la production énergétique pour assurer cette puissance de pointe est nécessaire.

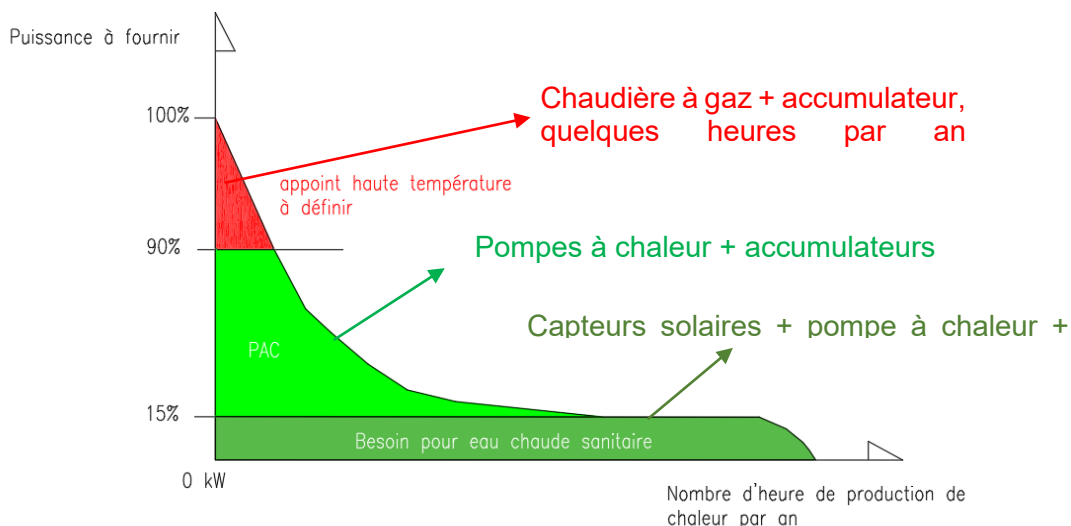


Figure 12 : exemple de courbe monotone du site

La zone verte foncée correspond à une bande énergétique régulière correspondant à la production de l'eau chaude sanitaire.

La solution la plus simple d'assumer la zone de pointe (rouge) est la pose d'une chaudière à gaz qui ne fonctionnerait que quelques heures par année, avec des taux de charge très variables. L'avantage de ce type de chaudière réside dans sa souplesse de fonctionnement, contrairement à une chaudière à pellet qui supporte très mal les variations de taux de charge avec un risque de dégradation rapide. Si nous comptons sur la pompe à chaleur pour délivrer cette puissance supplémentaire avec des hauts niveaux de température de chauffage durant cette période très froide, mais courte, le COP sera très défavorable avec une surconsommation électrique.

La pose d'une chaudière à gaz diminuera le taux de renouvelabilité du réseau thermique, mais dans une proportion très faible. Il est possible et même conseiller de prévoir des accumulateurs de stockage d'énergie afin de soulager la surface rouge et de diminuer le fonctionnement du producteur d'énergie de pointe.

Il serait souhaitable de discuter toutes les sous-stations avec l'aide des courbes monotones. Pour des vieux quartiers, il est difficile d'envisager d'autres solutions que la chaudière à gaz. Par contre, pour les quartiers de nouveaux habitats, avec des différences de températures entre la production d'eau de chauffage (40°C) et la production de l'eau chaude sanitaire (65°C), il pourrait être envisageable de prévoir 2 pompes à chaleur avec des fonctionnements différents et de garantir ainsi de bons COP. Ainsi, lors de périodes très froide, utiliser la PAC sanitaire pour relever le niveau de température du réseau de chauffage.

4.10.5 Position des pompes

Initialement les pompes sont proposées dans chaque sous-station avec un clapet de retenue. Nous ne soutenons pas ce concept ; nous recommandons d'installer les pompes principales dans la sous-station de pompage (STAP).

Ces pompes assureront le débit et la pression différentielle (Delta P) nécessaire au réseau.

La dispersion des pompes dans les sous-stations, créeront des déséquilibres hydrauliques lors de leur fonctionnement, car il n'y a aucune garantie de simultanéité de fonctionnement.

Les avantages sont les suivants :

- Rendement plus élevé que des pompes plus petites dispersées dans les sous-stations de distribution.
- Régulation simplifiée et efficace avec une pilotage par pression différentielle (Delta P)
- Possibilité de les secourir électriquement par un **seul** branchement d'un groupe électrogène à proximité de la sous station au bord du lac.
- Maintenance simplifiée et surtout localisée.
- Les sous-stations de quartier sont plus petites, aucune pompe primaire n'est nécessaire et la régulation de puissance se fera via une vanne 2 voies régulée, avec une consigne de température (voir § 4.8).

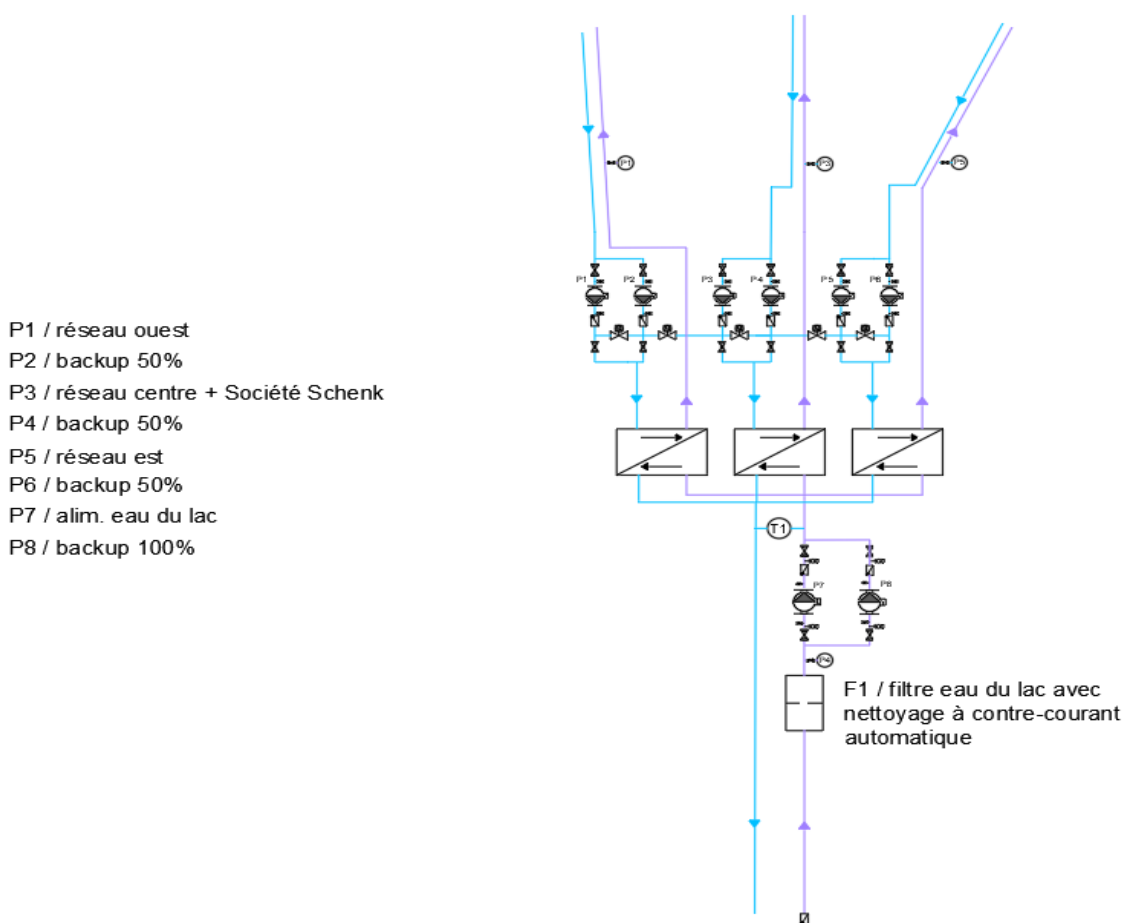


Figure 13 : Vue schématique des pompes à la STAP

Le système d'expansion est aussi à inclure dans la sous-station. Une expansion par réseau est nécessaire. La pertinence d'accumulateur peut permettre d'éviter des arrêts intempestifs lors des commutations des pompes.

Si la place horizontale est un problème, il faut étudier la possibilité de descendre l'excavation de façon à avoir le pompage de l'eau du lac au niveau -2 et la distribution dans le réseau au niveau -1.

4.10.6 Problématiques des moules quagga (*Dreissena rostriformis burgensis*)

Les moules quagga sont invasives avec des caractéristiques de colonisation très adaptées à nos lacs et infrastructures techniques. Quelques recommandations à vérifier lors du projet :

- La prise d'eau doit être à plus de 40 m de profondeur
- Crépine en PE ou crépine en cupronickel avec conduite d'eau chlorée (75 mm de diamètre) positionnée au centre pour le rinçage du tamis
- Crépine démontable pour son nettoyage (coût des plongeurs élevés)
- Dimensionnement des conduites de circulation de l'eau du lac pour obtenir des vitesses > 1.5m/s
- Filtration 50 microns (<http://www.rmg.ch/docs/francais/filtration/SAF.pdf> par exemple) avec nettoyage à contre-courant automatisé

4.10.7 Production d'eau chaude sanitaire ECS en été

Une installation de capteurs thermiques solaires d'environ 33'300 m² (toitures : usine, salle de gym, piscine, parking,...) permettrait de produire l'ECS l'été et le chauffage en intersaison.

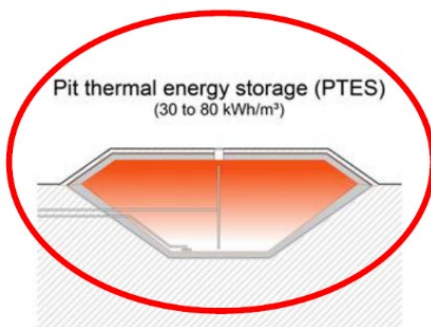
4.10.7.1 Installation existante au Danemark :

En exemple, une installation d'environ 550 kWh/m². Cette couverture solaire est plus ou moins identique à Rolle



Source : PlanEnergi – G. Gauthier

La création d'un stockage énergétique saisonnier de 75'000 m³ a été nécessaire



4.10.8 Installation SOLARCAD II au SIG

La HEIG-VD participe au projet SOLARCAD avec les SIG avec la revalorisation de l'énergie thermique solaire pour le CAD.

Centrale solaire :

- Mise en route décembre 2020
- 400 collecteurs MT-Power de TVP Solar (784m²)
- Opère à 75-80°C et injecte à ~72°C
- Connection retour/retour
- Production de 516MWh (658 kWh/m²/an)



Forces et leviers	Faiblesses et barrières
Permet de se prémunir contre l'augmentation du prix des énergies (électricité, bois, gaz)	Coût des technologies solaires en Suisse
Meilleure productivité spécifique	Disponibilité des surfaces
Technologie très efficace pour décarboner la production de chaleur	Manque de connaissance et d'information des acteurs du marché
Bonne image du solaire thermique	Absence de schéma de subvention
Permet d'étendre l'utilisation d'autres énergies renouvelables comme bois (ressource limitée) et géothermie (recharges)	Retours sur investissement potentiellement long
	Compétition du PV (plus simple mais moins de décarbonisation)
	Saisonnalité de la ressource → faible TCS sans stock

4.10.9 Coût d'une sous-station

Le graphique ci-dessous donne des ordres de grandeurs de coûts d'investissement spécifiques en fonction de la puissance de raccordement pour une station de transfert pour le chauffage à distance. Les coûts de construction des sous-stations diminuent avec la puissance installée.

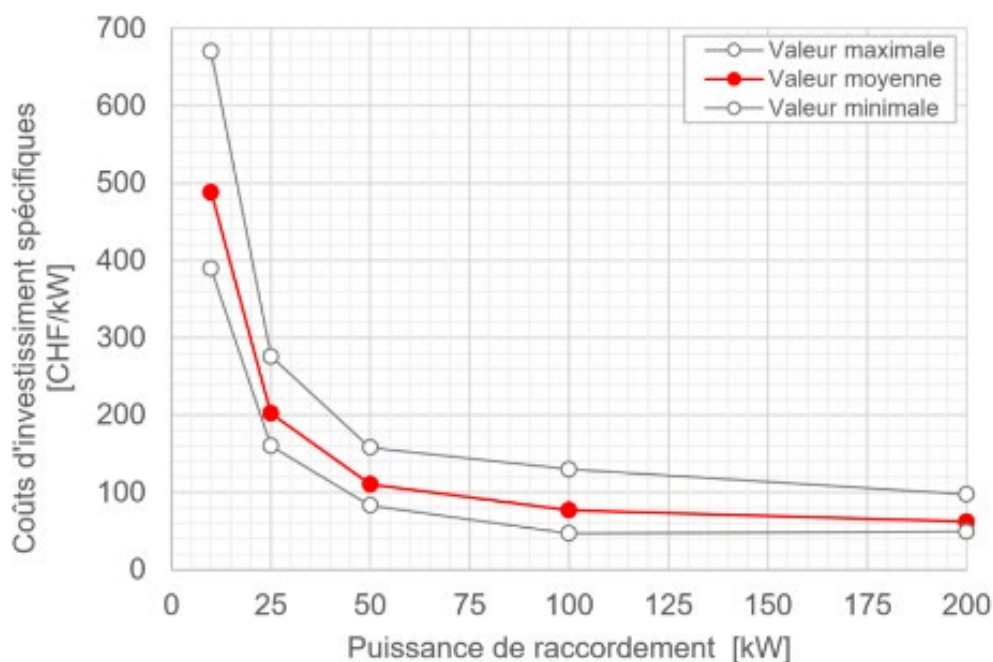


Figure 14 : Coût d'une sous-station

Source : Guide de planification des stations de transfert pour le chauffage à distance (2020)

Le coût approximatif de la pose du réseau de tuyauterie est d'environ CHF 2'500. à 3'000. --/ml. Ce montant fluctuera en fonction de l'ampleur du chantier et surtout des difficultés rencontrées, selon la nature de la zone urbaine, campagne ou autres.

4.10.10 Maintenance / Panne

Hormis le fait d'assurer un fonctionnement optimal de l'installation avec la pose des pompes dans la STAP, la maintenance et les diverses interventions seront facilitées si tout est localisé à seul endroit. Ce qui conforte notre souhait de n'avoir des pompes que dans la STAP au bord du lac.

4.11 Intérêts de la commune à implémenter un CAD

La réalisation d'un réseau thermique permet de mutualiser les installations techniques avec de nombreux avantages énergétiques, environnementaux et financiers.

Les principaux avantages sont :

- Atteindre les objectifs de la confédération selon la stratégie 2050
- Diminuer très fortement la dépendance aux énergies fossiles
- Diminuer la problématique géopolitique
- Coûts de l'énergie prévisible pour les budgets,
- Donner une image de durabilité de la part de la commune
- Assurer un suivi énergétique des clients
- S'aligner sur la planification énergétique du canton

4.12 Concession actuelle (voir annexe 2)

Actuellement, la société Schenk possède une concession pour le pompage de l'eau du lac, et cela depuis le 14 décembre 2020 pour 500 m³/h soit 1'290 kW de puissance pour la source froide à disposition.

La commune doit demander une nouvelle concession pour 19.6 MW de chaud à produire. Romande Energie a fait le calcul de débit et la demande sera faite lors de la mise à l'enquête.

4.13 Stratégie à appliquer

La situation stratégique du projet du chauffage à distance de la Ville de Rolle est problématique, car plusieurs acteurs sont actifs. De plus, il est prévu un seul réseau thermique avec 2 propriétaires différents et une prise d'eau qui pour l'instant dépend d'une seule concession appartenant à un seul des propriétaires.

Il est primordial que la Ville de Rolle crée avec Romande Energie SA une société commune pour le futur réseau thermique de la Ville de Rolle.

Une 2^{ème} société, ECV Energie Cité du Vin possède le réseau thermique alimentant la société Schenk, dans laquelle Romande Energie SA est aussi actionnaire.

En considération de ce qui précède, la situation est la suivante :

- A l'heure actuelle, il n'y a qu'une seule concession pour la prise de l'eau du lac appartenant à Schenk, donc la société ECV.
- Le débit autorisé à ce jour est juste suffisant pour la société Schenk
- L'une des branches du réseau thermique alimentant Schenk doit aussi alimenter d'autres zones appartenant à La Ville de Rolle.
- Une discussion entre La Ville de Rolle et Schenk concernant la mutualisation du réseau thermique et des contraintes financières est essentielle.
- D'où la nécessité que Romande Energie soit actionnaire dans les deux sociétés pour les discussions futures
- Ne pas négliger l'extension des réseaux, dont celui en direction de l'EST
- Etablir une convention entre les deux sociétés pour la répartition des coûts des travaux
- Finalement, une société unique pourrait être un avantage.

5 Recommandations et conclusion

La concession de la société Schenk est dimensionnée pour ses besoins propres. La commune via Romande Energie SA, doit demander une nouvelle concession pour 19.6 MW de chaud à produire.

De trouver une solution optimale dans la relation entre La Ville de Rolle, Romande Energie SA et la société Schenk.

Les réseaux thermiques proposés sont à confirmer par une étude détaillée des potentiels des zones de consommateurs, des futurs développements de la commune et bien sûr des inconvénients générés par les travaux de pose des conduites CAD sur le territoire Rollois. La synergie avec Romande Energie SA est par conséquent judicieuse.

Il reste néanmoins quelques problèmes techniques à résoudre dont les principaux sont :
Le dimensionnement de la STAP en y intégrant les pompes de distribution et les vases d'expansion.

D'étudier, dans la mesure du possible, les possibilités d'assurer la pointe de puissance par de ressources énergétiques renouvelables.

D'optimiser le fonctionnement des PAC de par leur choix et le type de fluide (CO₂, hydrocarbure, ammoniac)

Le budget d'investissement est une chose mais les coûts d'exploitation sont aussi à planifier de même qu'un service de dépannage performant et le professionnalisme de Romande Energie SA est un plus qui est déjà en place et qui est reconnu.

L'utilisation du bois comme source primaire d'énergie étant fortement déconseillée, la solution envisagée, avec la revalorisation de la source énergétique du lac est très favorable pour le développement de ce projet.

Par contre, la prolifération des PAC dans les sous-stations va nécessiter une puissance électrique à fournir. En parallèle une analyse des infrastructures électriques sera nécessaire et le cas échéant augmenter les sources d'alimentation.

HEIG-VD
Institut de Génie Thermique IGT



Prof. Nicolas Weber
Ing. HES – REG A.
Directeur IGT



Robert Alain
Ing. INPG – REG A.
Ingénieur - Chargé de Ra&D HES

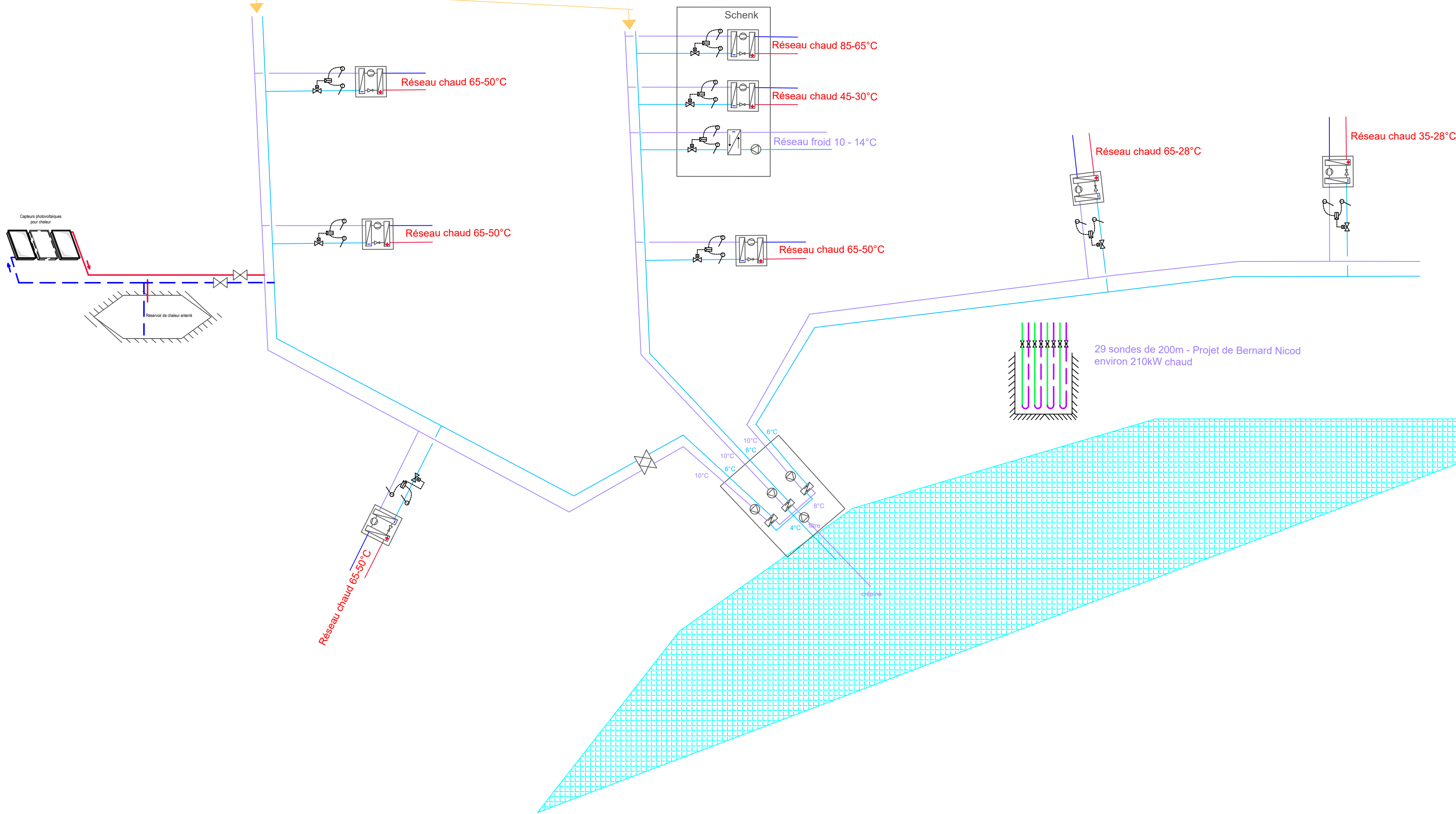
6 Annexes

Annexe 1 - Proposition de réseau communale

Annexe 2 – Proposition de sous-stations dans la commune

Annexe 3 – Concept de récupération de la chaleur avec la désurchauffe et PAC CO2

Vinzel 4,5 km



185. CAD commune de Rolle		Affaire 124 781	
Concept CAD		Faisabilité	
	Av. des Sports 20 tél: +41 24 557 76 00 secretariat.IGT@heig-vd.ch	-	1400 Yverdon-les-Bains
		Dessiné	01.02.2023 ARO
		Modifié	03.03.2023 ARO
		Form./Ech.	A0 - 1/5000
		Fichier	2.185.Projet CAD Rolle.dwg
		N°	100M
		www.heig-vd.ch	

- Potentiel CAD
- Réseau 2 tubes du Lac
- Réseau 2 tubes Vinzel
- Sources d'énergie
- Zones polluées
- Zones protégées
- Sous station avec puissance de chauffage

Forage de Vinzel 4.5 km
réseau haute température

Pompage dans le lac
Réseau anergie.
Autorisation pour Schenk SA de 500 m3/h faite.
La commune doit demander une nouvelle concession
pour 19,6 MW de chaud à produire

