



Planification énergétique territorial



Commune mixte de
Haute-Sorne

geoimpact AG

Bern | Zürich | Basel

+41 41 560 09 85

info@geoimpact.ch

Contact

Matthias Pauli | matthias.pauli@geoimpact.ch | +41 78 217 91 98

Stefano Cozza | stefano.cozza@geoimpact.ch

Table des matières

1	<i>Présentation du projet et concept général d'une planification énergétique territoriale</i>	3
1.1	Localisation et contexte	3
1.2	Objectifs	3
2	<i>Etat des lieux énergétiques</i>	4
2.1	Parc bâti existant	4
2.2	Besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire	6
3	<i>Scénarios d'approvisionnement énergétique</i>	8
3.1	Recommandations scénario A: Portail de l'énergie (PE).....	8
3.2	Recommandations scénario B : PE + rénovation	9
3.3	Recommandations scénario C : Réseau de chaleur à distance.....	10
4	<i>Étude de cas détaillée pour un réseau de chauffage à distance (CAD) urbain</i>	11
4.1	Localisation de la zone et des bâtiments	11
4.2	Économies d'énergie et d'émissions réalisables.....	13
5	<i>Annexes - Détails techniques du système CAD</i>	14

1 Présentation du projet et concept général d'une planification énergétique territoriale

1.1 Localisation et contexte

Haute-Sorne est une commune du district de Delémont dans le canton du Jura. En 2013, les anciennes communes de Bassecourt, Courfaivre, Glovelier, Soulce et Undervelier ont fusionné pour former la nouvelle commune mixte de Haute-Sorne (Figure 1). La commune mixte de Haute-Sorne souhaite diminuer les émissions de CO₂ sur son territoire. Aujourd'hui, le mazout est l'énergie dominante dans la Commune. La planification énergétique s'inscrit dans ce cadre.

Pour la commune mixte de Haute-Sorne, la planification énergétique territoriale représente une aide à la décision en matière de politique énergétique. La commune affirme sa volonté de répondre de façon coordonnée aux défis de son territoire et à ceux de la transition énergétique et du changement climatique. L'étude de planification énergétique territoriale permet ainsi d'inscrire une vision à moyen terme des mesures territoriales à prendre afin de s'inscrire dans la stratégie énergétique 2050 du Conseil fédéral.

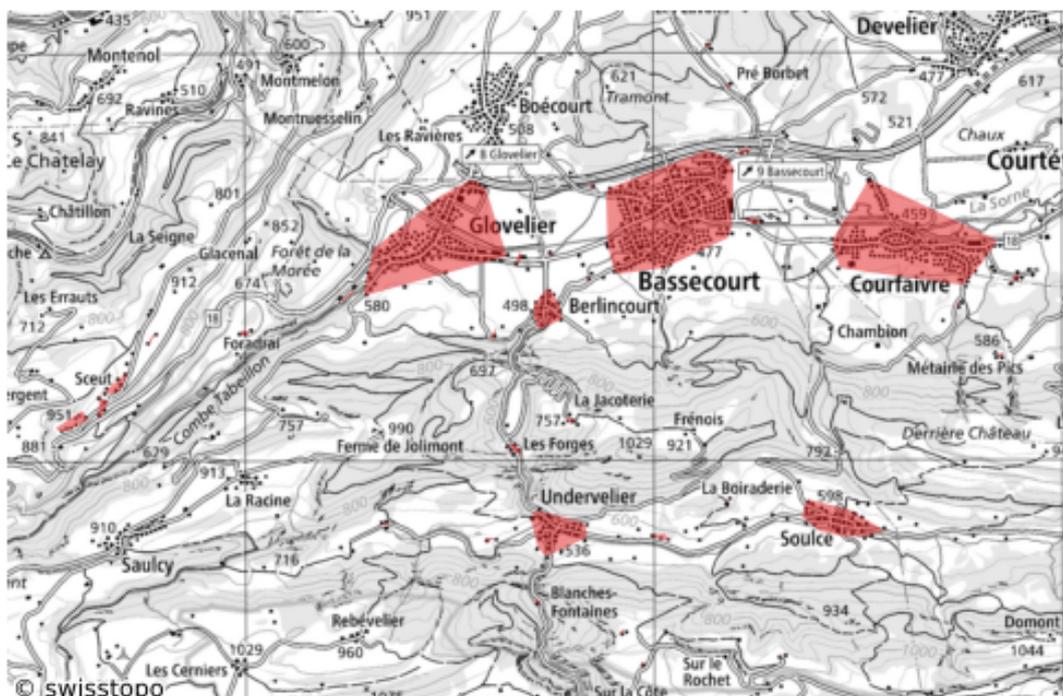


Figure 1 : Commune mixte de Haute-Sorne.

1.2 Objectifs

Guidée par cette vision, l'étude de planification énergétique territoriale s'est focalisée sur les consommations fixes du territoire, c'est-à-dire principalement le parc bâti (résidentiel, activités, infrastructures publiques). L'objectif de cette planification énergétique est de montrer les économies d'énergie et d'émissions de CO₂ possibles. L'étude est composée de trois étapes, respectivement associées aux objectifs suivants :

1. Etat des lieux énergétiques :

- Dresser un état des lieux des composantes actuelles des filières énergétiques du territoire (consommations liées au parc bâti et vecteurs d'approvisionnement).
- Repérer, en tenant compte des évolutions à venir sur le territoire, les principaux défis et potentialités pour la transition énergétique de celui-ci.

2. Scénarios d’approvisionnement énergétique et projections 2050 :

- Créer trois scénarios différents pour la transition énergétique du territoire.
- Le scénario A, qui suit une approche dans laquelle chaque citoyen/ménage remplace le système de chauffage/bâtiment individuellement (suivant les indications du Portail Énergie (PE) de Haute-Sorne).
- Le scénario B, qui suit une approche dans laquelle chaque citoyen/ménage remplace le système de chauffage/bâtiment individuellement (suivant les indications du PE), et dans lequel les bâtiments sont également rénovés selon les normes SIA en termes de demande d'énergie.
- Le scénario C dans lequel la municipalité construit une nouvelle infrastructure énergétique, c’est-à-dire un ou plusieurs réseaux de chauffage à distance.
- Identifier, dans le cadre d'un scénario territorial, les résultats pouvant être obtenus par la réalisation des trois scénarios proposés.

3. Étude de cas détaillée pour un réseau de chauffage à distance (CAD) urbain :

- Identifier la zone la plus intéressante pour la construction d'un réseau CAD.
- Conception du réseau et analyse des bâtiments concernés.
- Économies d'énergie et d'émissions réalisables grâce à ce projet.

2 Etat des lieux énergétiques

L'état des lieux énergétique consiste à caractériser, d'un point de vue énergétique, le parc bâti du territoire tel qu'il existe aujourd'hui, mais également à apprécier, en référence aux objectifs cadres fédéraux, l'ampleur des efforts à accomplir à horizon 2050 pour positionner le territoire sur la voie de la transition énergétique.

2.1 Parc bâti existant

Le Figure 2 présente les principales données issues du diagnostic énergétique du parc bâti établi pour l'année 2021. La Figure 2 montre que la majorité des bâtiments sont des maisons individuelles, représentant 70% des bâtiments, suivies par des bâtiments avec des appartements multiples de 2 appartements (10%) ou de 3 appartements ou plus (10% également). Le reste est essentiellement constitué de bâtiments industriels et commerciaux.

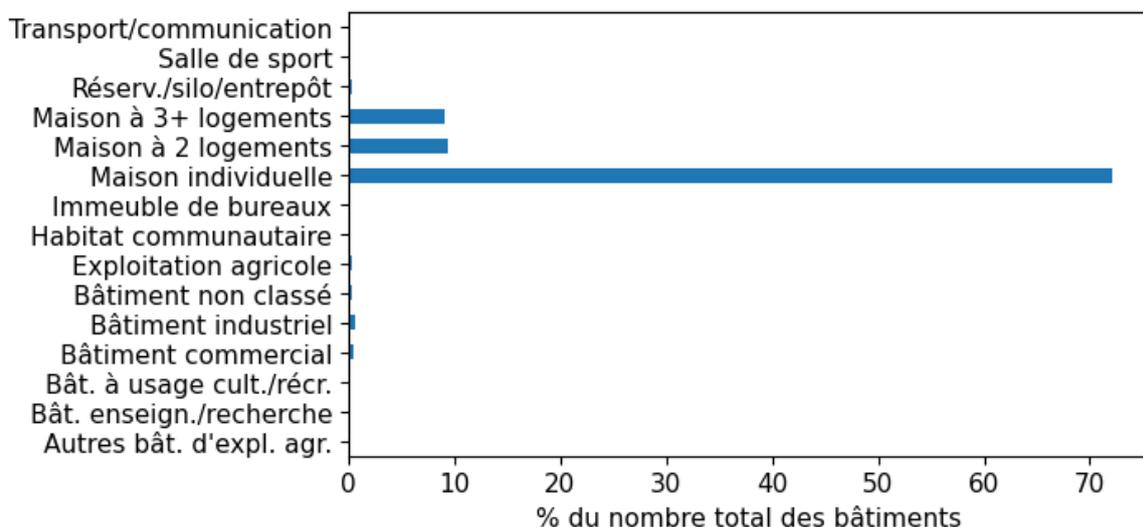


Figure 2: Types de bâtiments dans le parc immobilier en pourcentage du nombre de bâtiments.

Un résultat important peut être trouvé en examinant la même distribution non pas en termes de nombre de bâtiments, mais en termes de Surface de Référence Énergétique (SRE), c'est-à-dire leur taille. Les données estiment que la SRE totale de la région est de 857'162 m² (dont 80% de surfaces dédiées aux logements). La Figure 3 montre que les maisons individuelles représentent environ 45% de la surface, les maisons de deux appartements ou plus près de 35 % et les bâtiments industriels près de 5%. Ce résultat est très important car il donne le bon poids aux différentes catégories de bâtiments et indique les points sur lesquels il faut se concentrer lors de la rénovation des bâtiments.

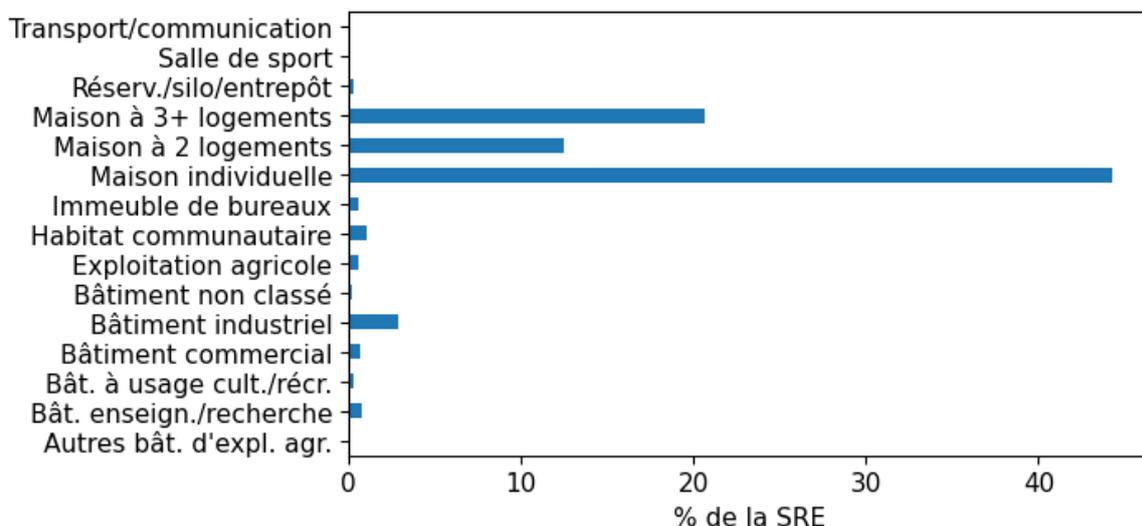


Figure 3: Types de bâtiments dans le parc immobilier en pourcentage de la Surface de Référence Énergétique (SRE).

Pour mieux comprendre les graphiques précédents, il est également utile de voir la taille moyenne des bâtiments, ou plutôt leur partie chauffée. La Figure 4 montre que la plupart des bâtiments sont relativement petits, environ 200 m².

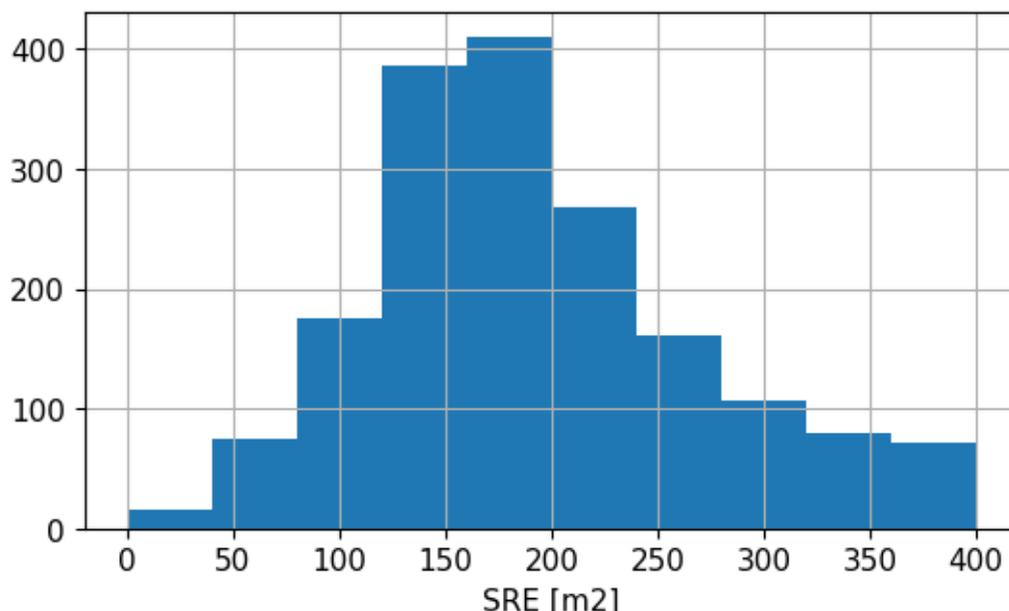


Figure 4: Distribution de la Surface de Référence Énergétique (taille) des bâtiments dans la commune.

La répartition des bâtiments en fonction de leur période de construction est une donnée importante pour comprendre le parc immobilier. La Figure 5 montre que la municipalité s'est agrandie plus ou moins régulièrement au cours du temps, avec un taux d'environ 10 % tous

les 10 ans, soit un taux de construction d'environ 1% par an. Enfin, nous pouvons voir que ces bâtiments sont relativement anciens, 40% d'entre eux ayant été construits avant 1960.

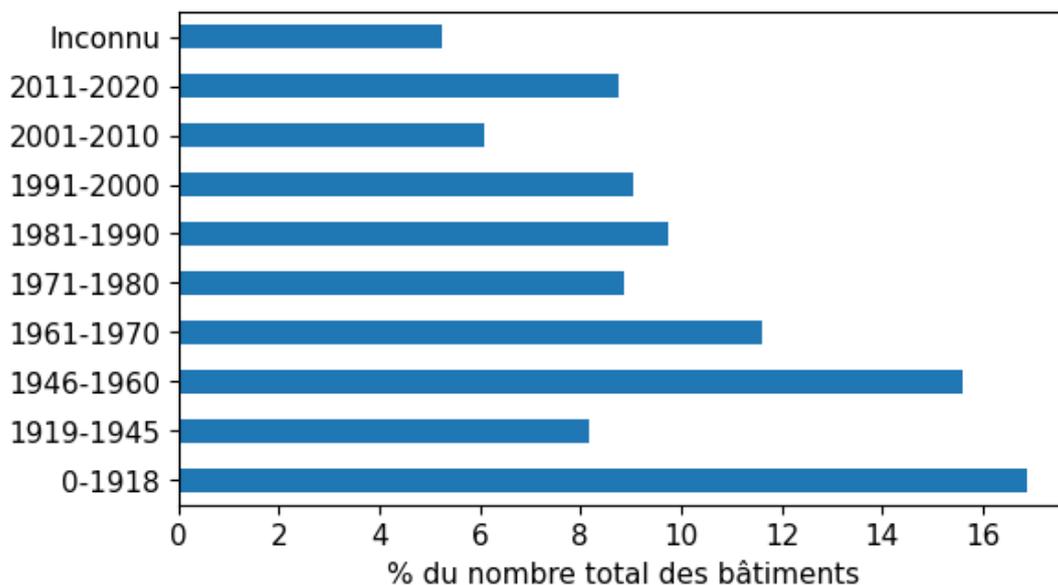


Figure 5: Répartition des bâtiments selon leur période de construction.

Ces données sont conformes à celles de communautés similaires en Suisse, il n'y a donc pas de criticité particulière liée au type de bâtiment.

2.2 Besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire

La demande de chaleur de ce parc bâti s'élève au total à 94 GWh pour l'année 2022 (Tableau 1), en tant que somme des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire. Ce parc est globalement peu efficace en énergie : l'indice de dépense de chaleur moyen s'élève à 140 kWh/m²/an, soit 3 fois plus qu'un bâtiment construit selon la norme Minergie P, et légèrement supérieure à la moyenne suisse.

Tableau 1: Consommation du parc immobilier.

	[GWh/an]	[kWh/m ² /an]
Demande de chaleur totale	94.16	139.9
Demande de chaleur pour le chauffage	79.76	121.7
Besoin en chaleur eau chaude	14.40	18.2

Environ 90% de ces consommations correspondent aux besoins en chauffage des bâtiments, les 10% restants étant dédiés aux besoins d'eau chaude sanitaire. Comme en atteste la Figure 6, ces consommations thermiques reposent aujourd'hui très majoritairement sur les énergies fossiles, mazout en premier lieu.

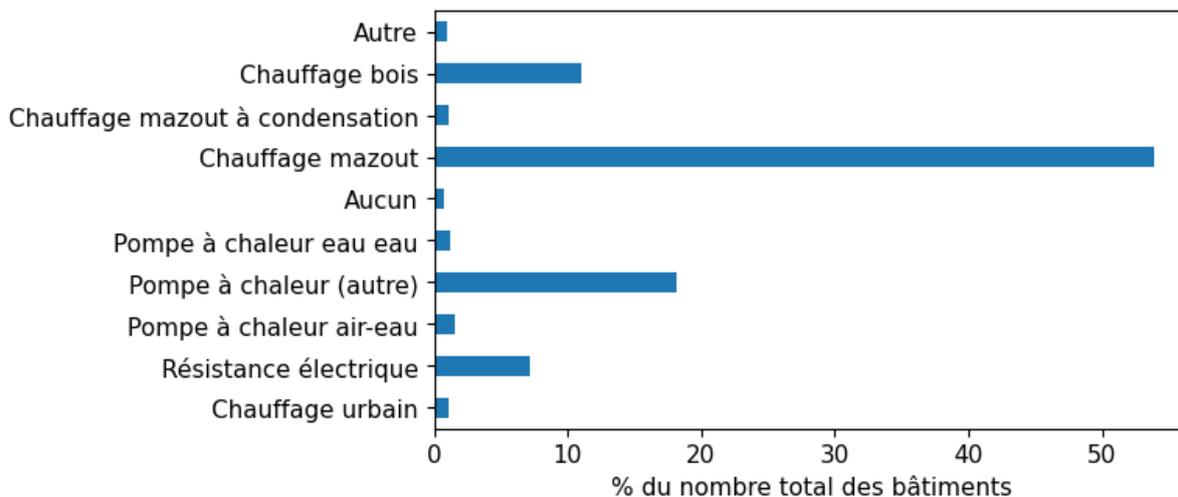


Figure 6: Types de consommation d'énergie.

La consommation d'énergie finale de cette commune est estimée à 103 GWh/an dont les principales sources de chaleur utilisées actuellement sont le mazout (55%), l'électricité (25%) et bois (12%).

La différence entre la demande d'énergie et l'énergie finale est liée à l'efficacité du système de chauffage. La demande d'énergie (dans ce cas, le total de 94 GWh/an) est l'énergie dont les bâtiments ont besoin pour être chauffés à la température souhaitée. Il s'agit donc de l'énergie fournie par les systèmes de chauffage. Cependant, les systèmes de chauffage ont leur propre rendement, ce qui signifie que l'énergie fournie au système de chauffage est différente de l'énergie que le système fournit ensuite au bâtiment. Les chauffages au combustible ont un rendement de moins de 100% (par exemple, une chaudière à mazout d'environ 90%) ce qui signifie qu'une partie de l'énergie est perdue. L'énergie fournie au système de chauffage est appelée énergie finale (qui dans ce cas est 103 GWh/an). Dans le rapport, nous utiliserons toujours cette dernière car elle est plus importante et plus utile pour comparer les différents scénarios.

Les émissions totales de CO₂ liées aux bâtiments sont ainsi estimées à 23'755 tonnes CO₂eq. L'équivalent CO₂ (CO₂eq) est une unité de mesure utilisée pour normaliser les effets climatiques des différents gaz à effet de serre.

Outre le principal gaz à effet de serre d'origine humaine, le dioxyde de carbone (CO₂), il existe d'autres gaz à effet de serre tels que le méthane ou l'oxyde nitreux. Les différents gaz ne contribuent pas de la même manière à l'effet de serre et restent plus ou moins longtemps dans l'atmosphère. Afin de rendre comparables les effets des différents gaz à effet de serre, un indice a été créé pour exprimer l'effet de réchauffement d'une certaine quantité d'un gaz à effet de serre sur une période donnée. Les gaz à effet de serre peuvent ainsi être calculés en équivalents CO₂. Cette valeur est très importante dans ce rapport car tous les scénarios proposés dans la section suivante sont évalués en termes de réduction des émissions de CO₂eq.

Enfin, pour conclure cette section, nous pouvons constater que :

- La commune mixte de Haute-Sorne a une proportion de mazout beaucoup plus élevée par rapport à la moyenne nationale Suisse.
- D'autre part, le gaz est très peu utilisé dans cette région.
- C'est certainement très important pour la rénovation, car cela permet de se concentrer sur des sources plus durables en remplaçant directement le mazout et en " évitant " le passage par le gaz.
- Les PAC et le bois sont largement utilisés dans cette commune.

3 Scénarios d’approvisionnement énergétique

Les types de chauffage écologiques (avec moins d’émissions) étudiées dans la commune dans ce rapport sont :

- Scénario A : Sondes géothermique, PAC Air-Eau individuelles, chauffage au bois (suivant les indications du PE).
- Scénario B : Sondes géothermique, PAC Air-Eau individuelles, chauffage au bois (suivant les indications du PE) + rénovation des bâtiments selon les normes SIA pour la réduction de demande d’énergie.
- Scénario C : CAD PAC Géothermique, PAC Air-Eau individuelles.

3.1 Recommandations scénario A: Portail de l’énergie (PE)

Ce scénario est élaboré sur la base de l’indication PE (Figure 7). Par conséquent, tous les systèmes de chauffage seront changés conformément aux recommandations, à l’exception des pompes à chaleur existantes.

La source de chaleur de la PAC Air-Eau est l’air ambiant. Ceci a l’avantage d’un coût d’installation moins important par rapport à la solution PAC avec une sonde géothermique. Cependant, cela a le désavantage de voir son efficacité ou coefficient de performance (COP) diminuer lorsque la température extérieure diminue et de devoir utiliser de l’énergie supplémentaire pour dégivrer les installations extérieures. Lors de périodes de froid important, cela correspond aussi au moment où l’énergie nécessaire pour chauffer les bâtiments est la plus grande. De plus ces installations doivent être montées en extérieur avec les désavantages visuels et sonores des installations.

La solution PAC Air-Eau utilise l’air comme source de chaleur. De ce fait des ventilateurs doivent être placés sur les côtés ou en toiture des bâtiments. Ceci entraîne des nuisances sonores d’environ 50 à 70 DB à 10 mètres des installations. Ces niveaux sonores correspondent au niveau de bruit d’une conversation et demandent des études acoustiques spécifiques afin de limiter les nuisances proches des espaces de repos.

Recommandation de chauffage Haute-Sorne

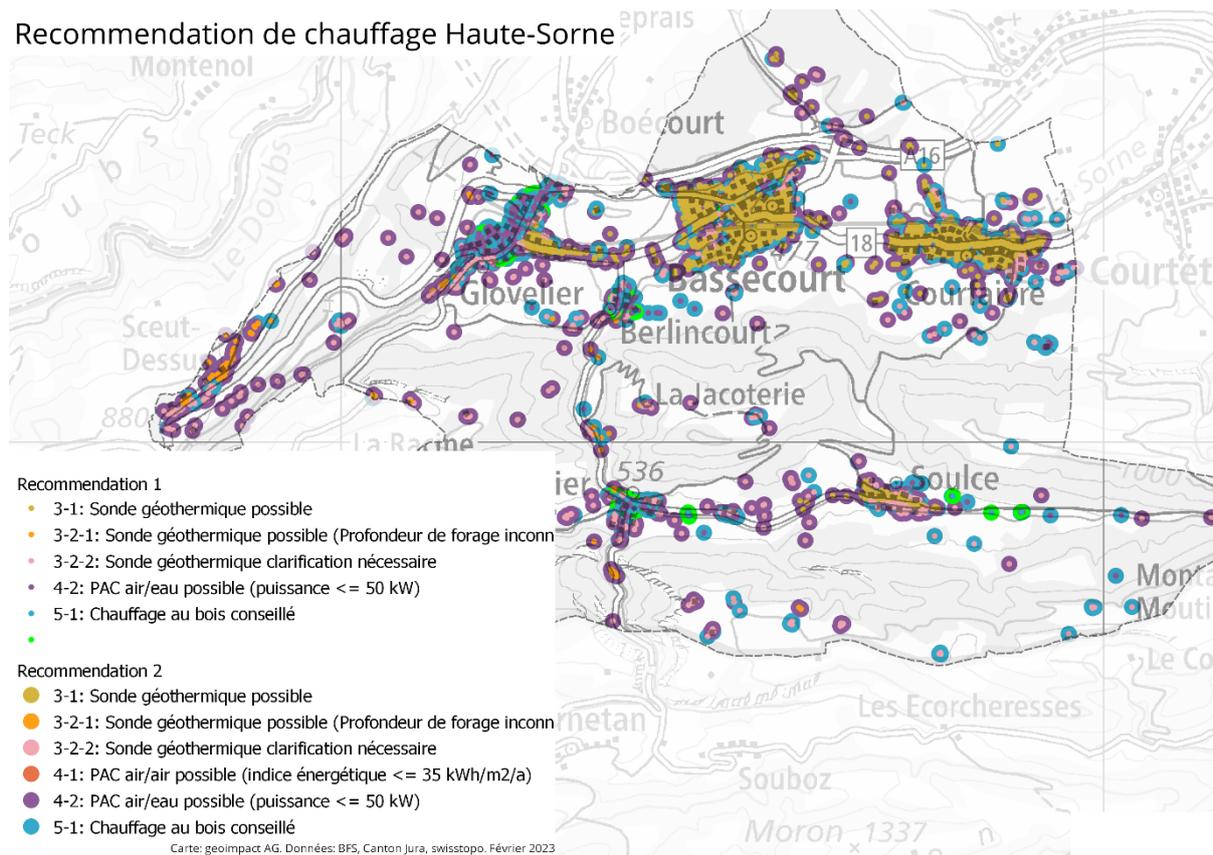


Figure 7: Scénario A sur la base PE.

Dans ce scénario, tous les systèmes qui ne sont pas déjà équipés d'une pompe à chaleur doivent être concernés, ce qui représente un total de 2080 systèmes à remplacer d'ici 2050, soit une moyenne de 77 par an. Cela donne un total en 2050 de 86.95 GWh de énergie finale et 3'466 ton CO₂eq.

Le Tableau 2 présente les valeurs en fonction des économies réalisées par rapport à aujourd'hui et, comme on peut le voir, le pourcentage de réduction est beaucoup plus prononcé pour les émissions de CO₂, avec près de 85%, alors que l'énergie économisée n'est que de 15%.

Tableau 2: Énergie finale et CO₂eq économisée pour le Scénario A.

	[#]	[%]
Énergie finale économisée GWh	15.94	15.5
Tonnes de CO ₂ eq économisées	20'289	85.4

Dans ce scénario, l'accent est donc mis sur la décarbonisation individuelle de l'énergie utilisée pour le chauffage, et non sur la réduction de l'énergie utilisée.

3.2 Recommandations scénario B : PE + rénovation

Ce scénario prévoit les mêmes changements du système de chauffage que le scénario précédent, mais avec une rénovation des bâtiments menant à une diminution de la demande de chaleur. Comme précédemment, il sera donc nécessaire de changer les systèmes de chauffage et de rénover 77 bâtiments par an pour atteindre ces objectifs en 2050.

L'objectif de demande énergétique est fixé à 60 kWh/m²/an, ce qui correspond aux normes SIA pour les bâtiments rénovés et représente presque la moitié de la moyenne actuelle.

La réalisation de ce scénario se traduirait par 54.71 GWh d'énergie finale et 2'703 tonnes CO₂eq en 2050. Le Tableau 3 montre à quoi cela correspond en termes d'économies actuelles.

Tableau 3: Énergie finale et CO₂eq économisée pour le Scénario B.

	[#]	[%]
Énergie finale économisée GWh	48.18	46.8
Tonnes de CO ₂ eq économisées	21'052	88.6

Comme dans le scénario précédent, le CO₂ diminue de plus de 85% grâce à la décarbonisation massive des systèmes utilisés. Mais dans ce cas, la demande d'énergie diminue également de près de 50%, grâce aux effets des rénovations et des améliorations énergétiques.

La solution retenue dans ce scénario permet donc de réduire significativement à la fois la demande d'énergie et les émissions liées à cette demande. En revanche, elle envisage un taux de renouvellement difficilement applicable d'ici 2050.

3.3 Recommandations scénario C : Réseau de chaleur à distance

Ce scénario est élaboré sur la base de la réalisation de 5 systèmes de thermo-réseau différents. Ces groupes de bâtiments (ou clusters) ont été créés en recherchant les zones où les émissions sont les plus élevées et où la densité de bâtiments est la plus grande.

Le système comprend des pompes à chaleur avec des sondes géothermiques. Ce scénario prévoit donc la réalisation de CAD géothermiques pour ces 5 clusters, puis le passage à des pompes à chaleur pour tous les autres bâtiments qui n'entrent pas dans les réseaux CAD (Figure 8). Les clusters ont été créés automatiquement et sont représentés dans la Figure 8.

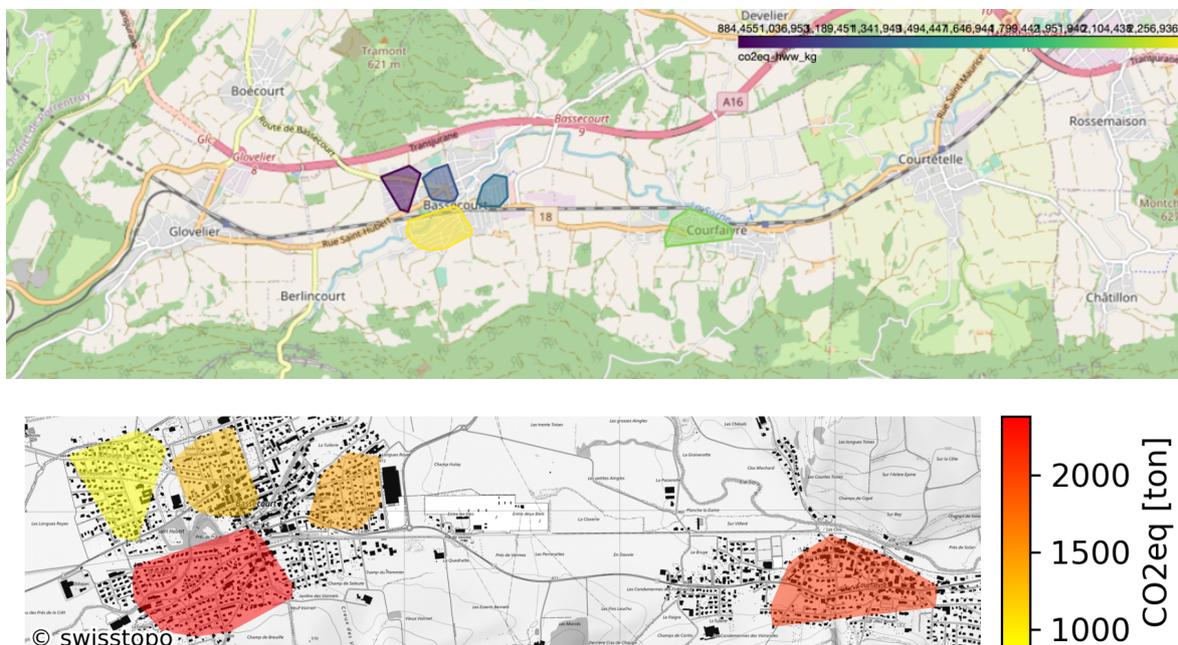


Figure 8: Les 5 clusters avec le plus d'émissions de CO₂ dans la commune.

Comme la montre la Figure 8, les zones concernées se situent principalement à Bassecourt et un pôle à Courfaivre. Ces 5 clusters représentent à eux seuls 80% des émissions de CO₂ de toute la commune.

Par conséquent, la mise en place de ces réseaux de CAD entraîne des émissions totales de 3'241 tonnes de CO₂eq, dont 20% sont émises par le système CAD et les 80% restants par les pompes à chaleur individuelles.

Ces émissions correspondent à une énergie finale de 31.16 GWh. Pour mieux comparer les scénarios A, B et C, le Tableau 4 montre les valeurs de l'énergie finale et des émissions de CO₂ qui peuvent être économisées dans ce scénario.

Tableau 4: Énergie finale et CO₂eq économisée pour le Scénario C.

	[#]	[%]
Énergie finale économisée GWh	71.73	69.7
Tonnes de CO ₂ eq économisées	20'514	86.4

Si ce scénario est comparé aux Tableau 2 et Tableau 3, c'est le seul qui permette une réduction presque similaire de l'énergie finale et des émissions, sans qu'il soit nécessaire de rénover tous les bâtiments, mais seulement en mettant en place 5 réseaux CAD.

Dans la section suivante, nous analyserons plus en détail la conception de l'un de ces réseaux, plus précisément celui en jaune dans la Figure 8.

4 Étude de cas détaillée pour un réseau de chauffage à distance (CAD) urbain

4.1 Localisation de la zone et des bâtiments

Le cluster identifié avec le plus d'émissions est situé dans la zone sud de Bassecourt. Il s'agit donc de la zone la plus intéressante en termes de réduction des émissions de CO₂ pour la construction d'un CAD. La Figure 9 montre la zone exacte, avec le nombre total de bâtiments inclus (183 bâtiments - 9 bâtiments non chauffés = 174 bâtiments analysés).

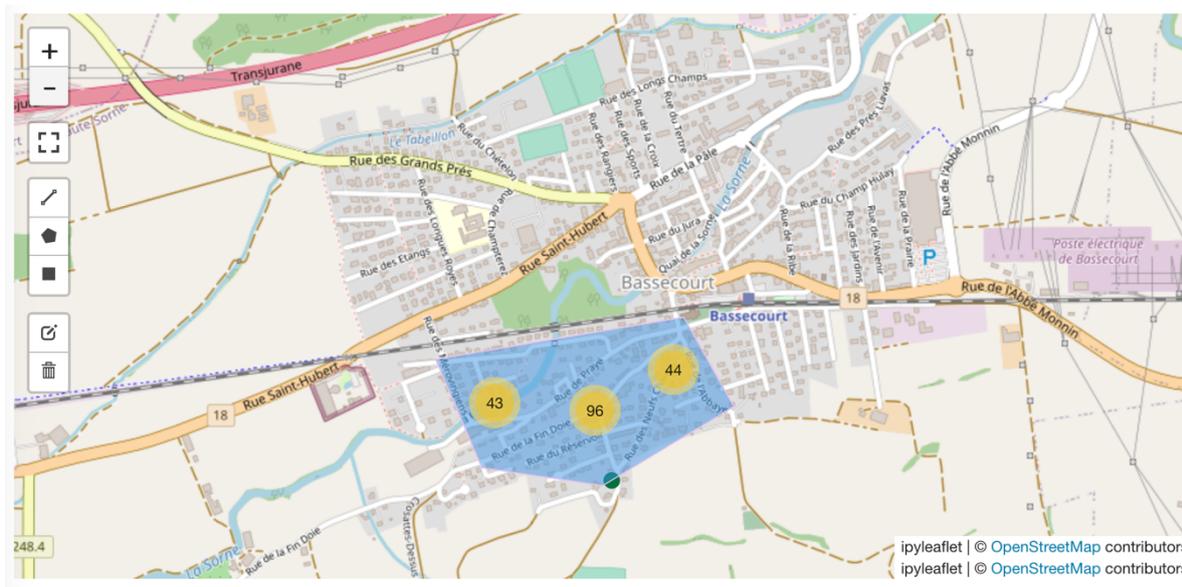


Figure 9: Zone envisagée pour un réseau CAD à Bassecourt.

La Figure 10 montre un détail des bâtiments et de leur consommation d'énergie, où chaque point représente un bâtiment et où les points rouges ont une consommation plus élevée que les points verts.

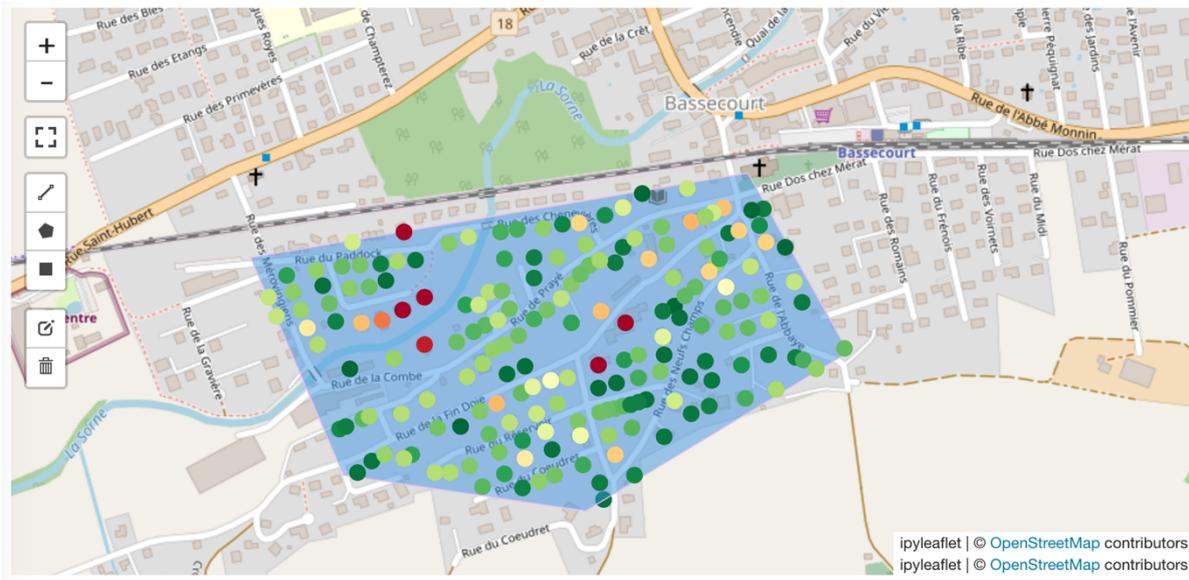


Figure 10: Bâtiments identifiés dans la zone couverte par le réseau CAD.

En termes d'énergie et d'émissions, ces 174 bâtiments représentent 7.23 GWh d'énergie finale et 2'156 ton CO₂eq (Tableau 5) et 72% de l'énergie provient de sources fossiles.

Tableau 5: Caractéristiques énergétiques de le cluster sélectionnée.

Nombre de bâtiments	174
Demande d'énergie [GWh]	6.68
Énergie finale [GWh]	7.23
Émissions de CO ₂ [ton CO ₂ eq]	2'156
Puissance maximale journalière [MW]	2.03
Énergie provenant des combustibles fossiles [%]	72
Intensité moyenne de CO ₂ [gCO ₂ /kWh]	292.7

Ces émissions sont beaucoup plus élevé que la moyenne de la municipalité. L'explication se trouve dans le Tableau 6, qui montre les types de chauffage utilisés dans cette zone. Dans ce cas, le mazout représente 70%, contre 55% pour l'ensemble de la commune (Figure 6).

Tableau 6: Types de consommation d'énergie de le cluster sélectionnée.

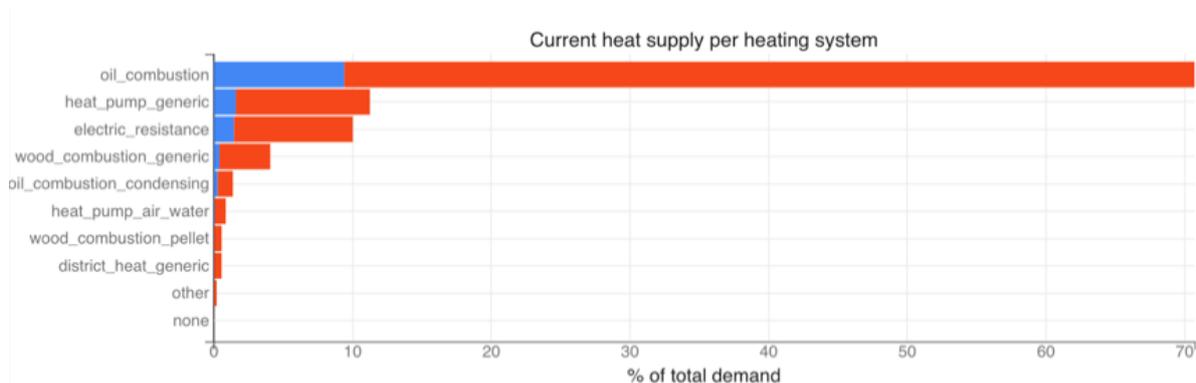


Tableau 7: Energie et émissions le système de chauffage à distance.

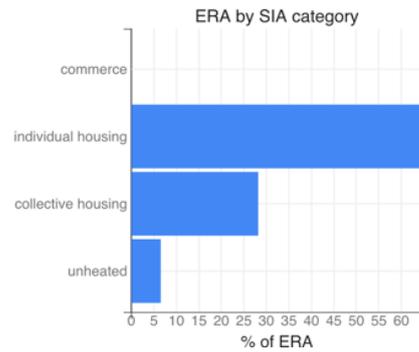
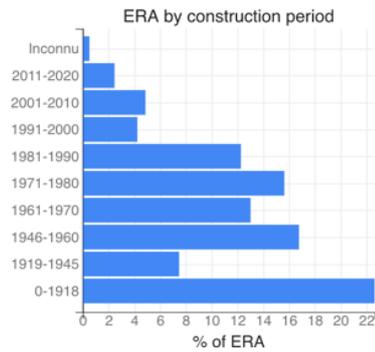
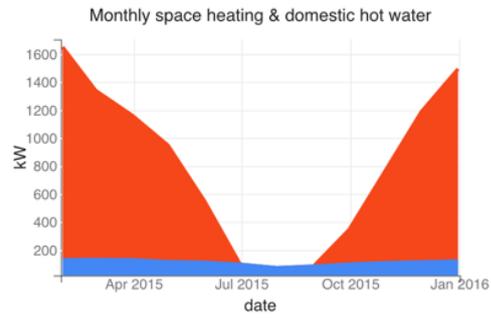
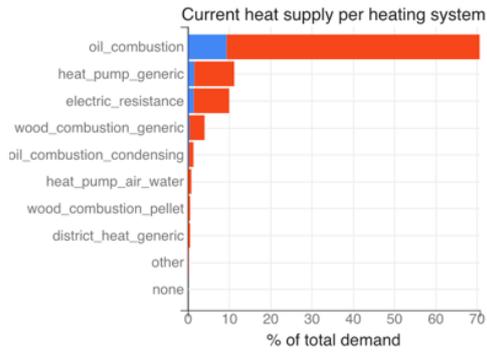
	Pompe à chaleur géothermique	Chaudière à copeaux de bois
Puissance thermique [MW]	2.0	2.0
Fourniture de chaleur [GWh]	6.80	6.80
Perte de réseau [MWh]	117.1	117.1
Énergie finale [GWh]	1.74	7.55
Émissions de CO ₂ [ton CO ₂ eq]	199.9	166.56
Intensité moyenne de CO ₂ [gCO ₂ /kWh]	26.67	22.22
Énergie renouvelable	100%	100%

5 Annexes - Détails techniques du système CAD

Ci-dessous figurent quelques détails techniques du système proposé, et tout d'abord un résumé des principales données relatives à l'énergie et aux émissions.

	Value	Unit
Number of buildings	174	-
Total energy demand	6.68	GWh
Space heating demand	5.80	GWh
Hot water demand	880.04	MWh
Total final energy	7.23	GWh
Space heating final energy	6.27	GWh
Hot water final energy	959.19	MWh
Total CO ₂ emissions	2156.06	ton
Hot water CO ₂ emissions	280.93	ton
Heating CO ₂ emissions	1875.12	ton
Total max power (daily)	2.03	MW
Heating max power (daily)	1.91	MW
Hot water max power (daily)	158.04	kW

Ensuite, une caractéristique du secteur choisi, avec une description plus approfondie du type de bâtiment, de l'année de construction et de la courbe de charge (en rouge la consommation pour le chauffage, plus élevée en hiver, et en bleu celle pour l'eau chaude sanitaire, plus ou moins constante).



En conclusion, un détail technique sur les connexions entre les différents bâtiments, avec la longueur totale des tuyaux, les dimensions et les coûts.

Thermal network: pipes

Summary of pipe network system dimensions and costs (Assuming discount rate 3

%,network lifetime 40 years)

	Value	Unit
Pipe length	4.74	km
Linear heat density	1.49	MWh / a / m
Mean diameter	31.07	mm
Max diameter	65.00	mm
Cost of pipe network	1.79	MCHF
Total O&M	16.20	kCHF / a
Pipe investment cost per meter	377.30	CHF / m