



Annexe I



Concept énergétique territorial

(CSD, 2018)

CONCEPT ÉNERGÉTIQUE POUR LA ZONE D'ACTIVITÉ D'IMPORTANCE CANTONALE DE ST-AUBIN (PAC ELANCO)

RAPPORT FINAL
VERSION DU 13.06.2018

Fribourg, version du 13.06.2018
FR04557.100

TABLE DES MATIERES

1.	ÉTUDE DU CONTEXTE POLITIQUE ET ENVIRONNEMENTAL	7
1.1	Définition des objectifs du concept énergétique territorial et résultats attendus, contexte politique et institutionnel	7
1.2	Localisation et caractérisation du site	7
1.3	Éléments ou dangers naturels pouvant influencer sur le projet	8
1.4	Bases légales et réglementaires	9
1.4.1	Loi cantonale sur l'énergie	9
1.4.2	Règlement d'application de la loi cantonale sur l'énergie	9
1.4.3	Plan Communal des Energies de la Commune de Saint-Aubin	9
1.5	Synthèse des caractéristiques du projet d'aménagement	10
1.6	Horizons d'étude	13
2.	ÉTAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE SUR LA BASE DU SCÉNARIO D'AFFECTATION PRÉVU	13
2.1	Bases de l'analyse	13
2.2	Besoins utiles pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire (ECS) et le froid	16
2.2.1	Besoins utiles pour le chauffage	16
2.2.2	Besoins utiles pour l'eau chaude sanitaire (ECS)	17
2.2.3	Besoins de froid	18
2.2.4	Besoins d'électricité standard	19
2.3	Besoins liés aux procédés	20
2.3.1	Généralités	20
2.3.2	Chaleur	20
2.3.3	Froid	20
2.3.4	Electricité	20
2.4	Bilan des besoins énergétiques	21
3.	ÉVALUATION DU POTENTIEL DES RESSOURCES ÉNERGÉTIQUES RENEUVELABLES ET LOCALES PRINCIPALES AINSI QUE DES REJETS THERMIQUES	22
3.1	Généralités	22
3.2	Évaluation des gisements renouvelables	22
3.2.1	Géothermie à faible profondeur sur sondes géothermiques verticales	22
3.2.2	Valorisation thermique sur sondes géothermiques verticales	22
3.2.3	Valorisation thermique sur pieux énergétiques	24
3.2.4	Valorisation thermique de la nappe phréatique	26
3.2.5	Bois-énergie	27
3.2.6	Chauffage à distance	29
3.2.7	Rejets de chaleur d'industries	30
3.2.8	Récupération de chaleur des eaux usées	31
3.2.9	Solaire thermique	33
3.2.10	Solaire photovoltaïque	33
3.2.11	Méthanisation et couplage chaleur force (CCF)	35
3.2.12	Eau du lac	36
3.2.13	Réseau d'irrigation	37

3.2.14 Pompes à chaleur haute température	37
3.3 Bilan des potentiels des gisements renouvelables	38
4. PROPOSITION DE RÈGLEMENT POUR LE PAC	40
4.1 Généralités	40
4.2 Proposition de règlement	40
5. CATALOGUE DE MESURES	43
6. PROPOSITION DE VARIANTES D'APPROVISIONNEMENT	44
7. CONCLUSIONS	45

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Parcelles concernées par l'emprise du projet	8
Tableau 2 : SPd projetées par aire d'évolution des constructions	12
Tableau 3 : Facteur d'enveloppe, facteur de péjoration et besoins utiles de chauffage par m ² de SRE et par an par affectation	14
Tableau 4 : Autres besoins d'énergie par m ² de SRE et par an	15
Tableau 5 : Besoins utiles de chaleur pour le chauffage des bâtiments	16
Tableau 6 : Besoins utiles de chaleur pour la production d'ECS des bâtiments	17
Tableau 7 : Besoins utiles de froid pour le rafraîchissement des bâtiments	18
Tableau 8 : Besoins d'électricité des bâtiments	19
Tableau 9 : Potentiels de couverture des besoins par la géothermie sur SGV	24
Tableau 10 : Potentiels de couverture des besoins par les pieux géothermiques	24
Tableau 11 : Estimation des conductibilités et capacités thermiques du sous-sol et calcul des puissances spécifiques associées	25
Tableau 12 : Potentiels de couverture des besoins par la valorisation thermique de la nappe phréatique	26
Tableau 13 : Potentiel du bois-énergie global (échelle régionale locale)	27
Tableau 14 : Teneurs en polluants atmosphériques dans la station de mesure la plus proche	28
Tableau 15 : Potentiels de couverture des besoins par le bois-énergie	28
Tableau 16 : Potentiels de couverture des besoins par les rejets de chaleur d'industries	30
Tableau 17 : Potentiels de couverture des besoins par la récupération de chaleur des eaux usées	32
Tableau 18 : Potentiels de couverture des besoins par les panneaux solaires thermiques	33
Tableau 19 : Rendements des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques en fonction de l'orientation	33
Tableau 20 : Surfaces potentiellement disponibles pour les installations solaires photovoltaïques	34
Tableau 21 : Potentiels de couverture non cumulés des besoins par le solaire photovoltaïque	34
Tableau 22 : Potentiels de couverture des besoins par un couplage chaleur-force	36
Tableau 23 : Potentiels de couverture des besoins par la valorisation thermique de l'eau du lac	36
Tableau 24 : Potentiels de couverture des besoins par la valorisation thermique du réseau d'irrigation	37
Tableau 25 : Bilans des potentiels de gisements renouvelables	39
Tableau 26 : Suggestion d'une variante d'approvisionnement sur la base des gisements renouvelables disponibles	44
Tableau 27 : Vue synoptique d'une variante d'approvisionnement avec indication des pistes d'amélioration par pictogrammes	44

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Périmètre du PAC d'Elanco	7
Figure 2 : Plan de situation des parcelles du site	8
Figure 3 : Carte des dangers liés aux inondations par les crues (source : Géoportail du canton de Fribourg)	9
Figure 4 : Plan d'implantation du PAC (Source : Urbaplan, 24.04.2018)	10
Figure 5 : Plan d'implantation des volumes bâtis et indication de la future localisation de l'Usine Translait en traitillés jaune (Source : Urbaplan, 24.04.2018)	11
Figure 6 : Estimation des besoins énergétiques globaux du site	21
Figure 7 : Présence de sondes géothermiques à proximité du site [Portail cartographique du canton de Fribourg]	23
Figure 8 : Nappe aquifère définie à proximité du site [Portail cartographique du canton de Fribourg]	26
Figure 9 : Principe de la récupération de chaleur sur les eaux usées (source : Infracwatt)	31
Figure 10 : Mise en place d'un module de récupération de chaleur à l'intérieur d'une fosse de relevage	32

1. Étude du contexte politique et environnemental

1.1 Définition des objectifs du concept énergétique territorial et résultats attendus, contexte politique et institutionnel

Dans le cadre de l'élaboration du PAC d'Elanco de la commune de Saint-Aubin, le développement du site doit prendre en compte une utilisation rationnelle de l'énergie et favoriser le recours aux énergies renouvelables.

La présente étude a donc pour objet la réalisation d'un concept énergétique territorial pour le site.

1.2 Localisation et caractérisation du site

La localisation du site est fournie par la Figure 1 ci-après.

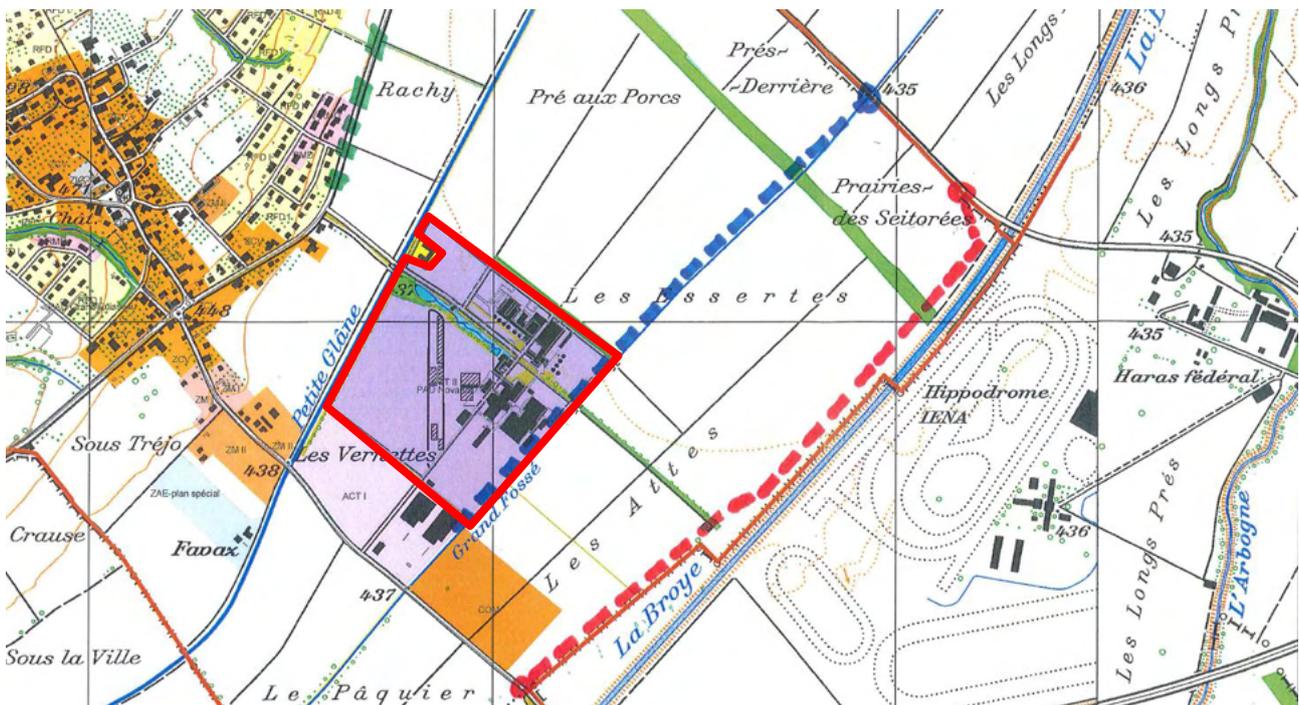


Figure 1 : Périmètre du PAC d'Elanco

Le site, d'une superficie d'environ 27.7 ha, s'étendra sur 2 parcelles (Figure 2 et Tableau 1), périmètre rouge. La majorité de la surface est actuellement définie comme zone d'activités à l'étude.

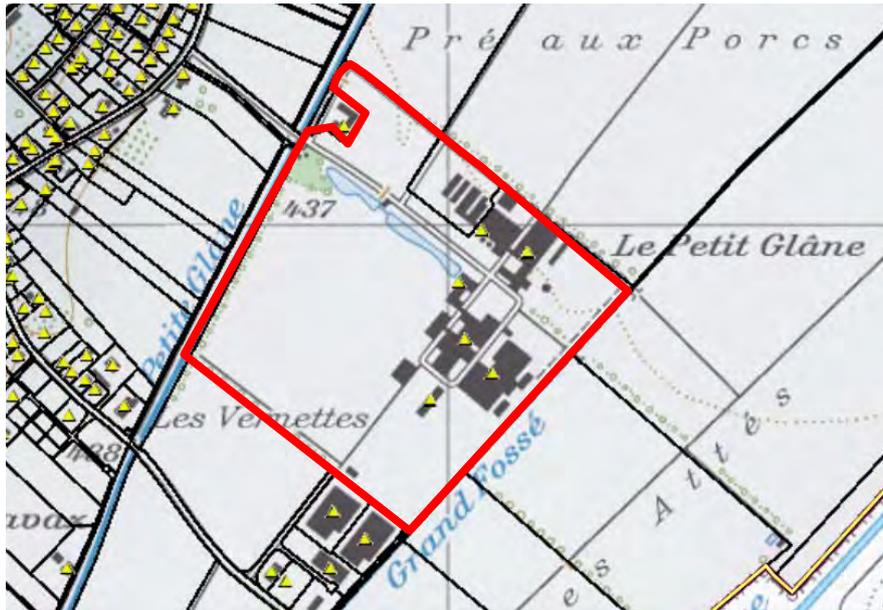


Figure 2 : Plan de situation des parcelles du site

Parcelle	Surface [m ²]	Propriétaire
333	263'790	Etat de Fribourg
2217	13'096	Etat de Fribourg

Tableau 1 : Parcelles concernées par l'emprise du projet

1.3 Éléments ou dangers naturels pouvant influencer sur le projet

Selon les cartes des dangers naturels du Canton de Fribourg, le site n'est pas soumis aux phénomènes géologiques de glissements de terrain, effondrements de falaises ou encore de chutes de pierres et blocs.

Toutefois, la carte des dangers de crue fait état d'un danger moyen d'inondation, de faible intensité, sur le secteur concerné par le site. Le danger moyen (bleu, voir Figure 3 ci-dessous) résulte d'une fréquence élevée d'inondation potentielle, puisque actuellement la Petite Glâne ne permet pas le transit d'une crue trentennale. Ces inondations sont le fait d'eau stagnante ou transitant à vitesse faible avec une hauteur d'eau de 10 cm (pour une crue trentennale) ou 25 cm (pour une crue centennale) et restent donc de faible intensité. La cartographie des dangers d'inondation est basée sur la limitation de la capacité du lit des cours d'eau et des ouvrages de franchissement. Elle ne tient pas compte des phénomènes de ruissellement, de remontée de nappe, ou de refoulements.

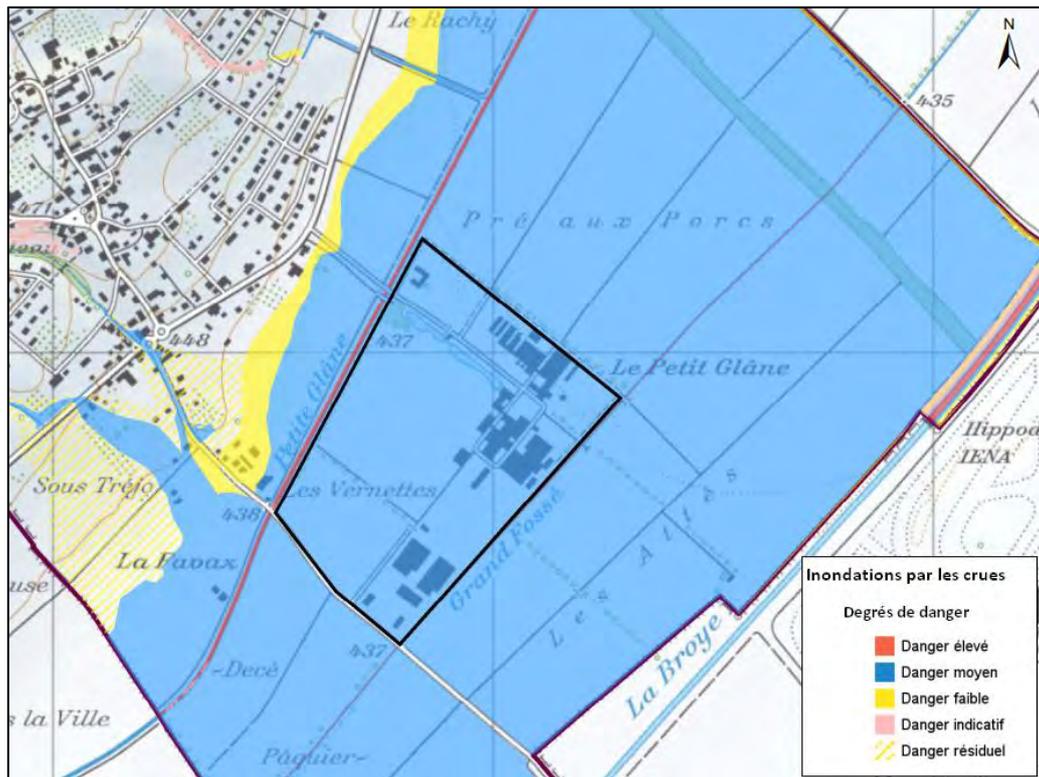


Figure 3 : Carte des dangers liés aux inondations par les crues (source : Géoportail du canton de Fribourg)

Afin de permettre le transit des crues potentielles et de conserver les bâtiments hors inondation pour la crue centennale, toute construction nouvelle sera établie en surélévation du terrain actuel. Des remblais d'environ 1 mètre sont agencés en plateforme d'altitude de 436 à 436.5 mètres, Les constructions y seront sans sous-sol ou des contraintes seront données dans le règlement d'utilisation.

1.4 Bases légales et réglementaires

1.4.1 Loi cantonale sur l'énergie

La réalisation de la présente étude est régie par la loi cantonale sur l'énergie du 9 Juin 2000, version 770.1. Les articles de la loi qui nous intéressent plus particulièrement dans le cadre de cette étude sont décrits dans l'Annexe A.

1.4.2 Règlement d'application de la loi cantonale sur l'énergie

Les modalités d'application de la loi cantonale sont définies dans le règlement d'application daté du 5 mars 2001, version 770.11. Celles qui nous intéressent plus particulièrement dans la réalisation de la présente étude sont décrites dans l'Annexe B.

1.4.3 Plan Communal des Energies de la Commune de Saint-Aubin

La commune de Saint-Aubin s'est vue octroyer le Label Cité de l'énergie avec un score de 56.1%, en octobre 2017 récompensant la commune pour ses résultats probants dans le développement de sa politique énergétique.

Le plan communal des énergies de la Commune date d'avril 2012.

1.5 Synthèse des caractéristiques du projet d'aménagement

Le plan d'implantation et fourni par la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** ci-après.



Figure 4 : Plan d'implantation du PAC (Source : Urbaplan, 24.04.2018)

En termes d'implantation des volumes bâtis, nous nous sommes basés sur le plan ci-après fourni par Urbaplan en Figure 5, qui correspond au scénario constructif n°1.



Figure 5 : Plan d'implantation des volumes bâtis et indication de la future localisation de l'Usine Translait en traitillés jaune (Source : Urbaplan, 24.04.2018)

La surface de plancher déterminante (SPd) projetée est de 103'014 m². Cette surface comprend les bâtiments existants qui seront maintenus (9'792 m²).

Notons que l'entreprise Translait, qui pourrait s'implanter sur le site, devrait occuper la zone 1b ainsi qu'une partie de la zone 2. Selon les informations actuelles, si l'entreprise s'installe effectivement, l'usine débutera ses activités de production au printemps 2021.

On ne connaît pas à ce stade le nombre de bâtiments qui seront construits.

En revanche, on sait que les bâtiments des zones 1 à 3 auront l'autorisation de culminer jusqu'à 20 m (et même jusqu'à 45 m pour la future tour de séchage du lait des zones 1b et 2), tandis que les bâtiments des zones 4 à 8 ne pourront excéder 10m.

Aucun phasage strict n'est prévu. Le site sera développé en fonction des besoins spécifiques des projets qui s'y implanteront. A priori, il semble que les zones 1 et 2 sont les plus facilement mobilisables à court terme car non construites. Toutefois, si un projet nécessitait par exemple la mobilisation des secteurs 1a et 6, une destruction rapide du bâtiment existant sur le secteur 6 devrait pouvoir être envisagée.

De plus, un projet de serre expérimentale pourrait s'implanter sur une partie des secteurs 7-8.

Le tableau récapitulatif des SPd projetées par bâtiment considéré dans ce CET est fourni par le Tableau 2.

Aires d'évolution des constructions	Standard	SPd totale	Affectations	SPd administration/bureaux (m ²)	SPd recherche/laboratoire (m ²)	SPd production (m ²)	SPd stockage (m ²)
1701	Existant (années 1970)	799	Administration/bureaux	799	0	0	0
1720	Existant (années 1970)	641	Administration/bureaux + recherche/laboratoire	128	513	0	0
1710	Existant (années 1970)	3'971	Administration/bureaux + recherche/laboratoire	794	3'177	0	0
1750	Existant (années 1970)	145	Administration/bureaux + recherche/laboratoire	29	116	0	0
1740, 1741, 1742, 1743	Existant (années 1970)	4'235	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	847	2'118	1'017	254
1a	SIA 380/1	10'080	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	1'008	1'008	6'048	4'032
1b	SIA 380/1	10'080	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	1'008	1'008	6'048	4'032
2	SIA 380/1	17'820	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	1'782	1'782	10'692	7'128
3	SIA 380/1	6'480	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	648	648	3'888	2'592
4	SIA 380/1	5'775	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	2'310	5'775	2'772	693
5	SIA 380/1	3'000	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	1'200	3'000	1'440	360
6	SIA 380/1	3'900	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	1'560	3'900	1'872	468
7	SIA 380/1	5'460	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	2'184	5'460	2'621	655
8	SIA 380/1	1'800	Administration/bureaux + recherche/laboratoire + production + stockage	720	1'800	864	216
TOTAL		103'014	-	15'017	30'305	37'262	20'430

Tableau 2 : SPd projetées par aire d'évolution des constructions

1.6 Horizons d'étude

Dans le cadre de cette étude, les horizons de référence considérés pour l'évaluation des impacts énergétiques du PQ sont les suivants :

- état actuel : 2018 ;
- état futur sans projet : 2030 ;
- état futur avec projet : 2030.

L'année présumée de mise en service de l'ensemble des équipements planifiés par le projet et l'occupation complète des futurs bâtiments est prévue pour 2030.

2. État des lieux énergétique sur la base du scénario d'affectation prévu

2.1 Bases de l'analyse

Le calcul préliminaire des besoins énergétiques est basé sur les SPd projetées.

A ce stade de l'étude, il est considéré que les SPd sont égales aux Surfaces de Référence Energétique (SRE) des futures constructions.

Sur cette base, la SRE totale à considérer est donc de 103'014 m².

A ce stade, aucun label énergétique de construction n'est prévu : l'évaluation des besoins se base donc sur les valeurs limites requises par la loi, et plus précisément par la norme SIA 380/1 Edition 2016 qui s'applique (station climatique de Payerne) et le cahier technique SIA 2024.

La méthode suivie est la suivante :

- Les besoins de chauffage et d'ECS sont calculés sur la base de la catégorie d'affectation 380/1 la plus proche par rapport aux affectations mentionnées dans le Tableau 2.
 - Pour les besoins de chauffage des bâtiments existants, on multiplie le besoin limite fourni par la SIA 380/1 Edition 2016 par le ratio de la valeur existante / valeur standard du cahier technique 2024, ce qui fournit des facteurs allant de 3.9 à 5.6.
 - Pour les besoins d'ECS des bâtiments existants, on se base sur les valeurs de la SIA 380/1, car, d'après le cahier technique 2024, il n'y a pas de différence entre valeur standard et valeur existantes.
- Les besoins de froid et d'électricité sont estimés sur la base du cahier technique SIA 2024 Edition 2015 (valeurs standard pour les bâtiments neufs, valeurs existantes pour les bâtiments existants).

Les facteurs d'enveloppe Ath/Ae ont été calculés en prenant comme hypothèse que chaque aire de construction correspond à un bâtiment. Afin de tenir compte d'éventuels aménagements futurs architecturaux pouvant péjorer le facteur d'enveloppe, le résultat théorique obtenu est multiplié par 1.15 (péjoration de 15%).

Aire d'évolution des constructions	Facteur d'enveloppe A_{th}/A_e péjoré de 15%	Facteur de péjoration de consommation pour chauffage bâtiment existant	Besoins utiles de chauffage par affectation (kWh/m ² /a)			
			Administration et Bureaux (Cat. SIA = moyenne admnistration/commerces)	Recherche et Laboratoire (Cat. SIA = école)	Production (Cat. SIA = industrie)	Stockage (Cat. SIA = dépôt)
1701	4.74	5.55	437.0	-	-	-
1720	4.84	3.94 à 5.55 (selon affectation)	445.3	341.6	-	-
1710	3.39	3.94 à 5.55 (selon affectation)	328.7	256.0	-	-
1750	7.65	3.94 à 5.55 (selon affectation)	671.0	507.5	-	-
1740, 1741, 1742, 1743	3.36	3.94 à 5.55 (selon affectation)	325.9	253.9	295.3	286.6
1a	2.20	-	41.9	47.0	40.8	44.8
1b	2.20	-	41.9	47.0	40.8	44.8
2	2.13	-	40.9	46.0	39.8	43.8
3	2.27	-	43.0	48.1	41.8	45.8
4	1.38	-	30.0	34.7	29.3	33.3
5	1.46	-	31.2	36.0	30.5	34.5
6	1.43	-	30.7	35.4	30.0	34.0
7	1.37	-	29.8	34.5	29.2	33.2
8	1.56	-	32.6	37.3	31.8	35.8

Tableau 3 : Facteur d'enveloppe, facteur de péjoration et besoins utiles de chauffage par m² de SRE et par an par affectation

Les autres besoins d'énergie (eau chaude sanitaire, froid, procédés et électricité) ne variant pas en fonction du facteur d'enveloppe, ceux-ci sont caractérisés dans le Tableau 4.

		Besoins utiles d'énergie hors chauffage (kWh/m ² /a)			
		Administration/Bureaux	Recherche/Laboratoire	Production	Stockage
Besoins standards	Eau chaude sanitaire	7.0	7.0	7.0	1.0
	Froid	20.6 (neuf) 11.20 (existant)	15.8 (neuf) 6.4 (existant)	3.4 (neuf) 0.1 (existant)	0
de	Électricité hors froid	172.1 (neuf) 68.7 (existant)	118.7 (neuf) 109.2 (existant)	94.4 (neuf) 138.8 (existant)	21.5 (neuf) 19.0 (existant)
	Procédés (chaleur)	-	-	≈14'500	-
Besoins procédés	Procédés (froid)	-	-	≈1'264	-
	Procédés (électricité hors froid)	-	-	≈1'785	-

Tableau 4 : Autres besoins d'énergie par m² de SRE et par an

Remarque n°1 : les SRE, les facteurs d'enveloppe ainsi que les différents besoins de chaleur, d'électricité et de froid devront être recalculés lorsque les projets architecturaux seront connus en vue de la mise à l'enquête. Les présents calculs sont basés sur une typologie urbaine provisoire et indicative.

Remarque n°2 : les besoins liés aux procédés sont basés sur une estimation des besoins du projet S. Les besoins des autres entreprises pouvant s'installer sur le site n'étant pas connus, ils ne sont pas pris en compte.

2.2 Besoins utiles pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire (ECS) et le froid

2.2.1 Besoins utiles pour le chauffage

Le Tableau 5 présente les besoins utiles de chaleur pour le chauffage de l'ensemble des bâtiments.

Aire d'évolution des constructions	SRE en m ²	Besoins utiles de chaleur pour chauffage hors pertes distribution (kWh/a)	Besoins utiles de chaleur pour chauffage avec 5% de pertes distribution (kWh/a)
1701	799	349'191	367'570
1720	641	232'259	244'483
1710	3'971	1'074'206	1'130'743
1750	145	78'328	82'450
1740, 1741, 1742, 1743	4'235	1'186'855	1'249'321
1a	10'080	517'520	544'758
1b	10'080	517'520	544'758
2	17'820	893'459	940'484
3	6'480	340'467	358'386
4	5'775	373'574	393'236
5	3'000	201'769	212'388
6	3'900	257'890	271'463
7	5'460	351'746	370'259
8	1'800	125'878	132'503
TOTAL	103'014	6'500'662	6'842'802

Tableau 5 : Besoins utiles de chaleur pour le chauffage des bâtiments

2.2.2 Besoins utiles pour l'eau chaude sanitaire (ECS)

Le Tableau 6 présente les besoins utiles de chaleur pour le chauffage de l'ensemble des bâtiments.

Aire d'évolution des constructions	SRE en m ²	Consommation ECS hors pertes distribution (kWh/a)	Consommation ECS avec 20% de pertes de distribution (kWh/a)
1701	799	5'593	6'991
1720	641	4'487	5'609
1710	3'971	27'797	34'746
1750	145	1'015	1'269
1740, 1741, 1742, 1743	4'235	28'127	35'159
1a	10'080	60'480	75'600
1b	10'080	60'480	75'600
2	17'820	106'920	133'650
3	6'480	38'880	48'600
4	5'775	76'692	95'865
5	3'000	39'840	49'800
6	3'900	51'792	64'740
7	5'460	72'509	90'636
8	1'800	23'904	29'880
TOTAL	103'014	598'516	748'145

Tableau 6 : Besoins utiles de chaleur pour la production d'ECS des bâtiments

2.2.3 Besoins de froid

Le Tableau 8 présente les besoins utiles de froid pour le rafraîchissement de l'ensemble des bâtiments.

Remarque : nous recommandons toutefois que des mesures constructives sérieuses soient prises dans l'élaboration du projet architectural (inertie thermique, ventilation naturelle et protections solaires efficaces) pour l'ensemble du site. Cette façon de procéder permettra de réduire les coûts d'exploitation du bâtiment et d'améliorer le confort des occupants.

Aire d'évolution des constructions	SRE en m ²	Consommation froid hors pertes distribution (kWh/a)	Consommation froid avec 5% de pertes de distribution (kWh/a)
1701	799	8'949	9'420
1720	641	4'717	4'965
1710	3'971	29'226	30'764
1750	145	1'067	1'123
1740, 1741, 1742, 1743	4'235	23'143	24'361
1a	10'080	57'254	60'268
1b	10'080	57'254	60'268
2	17'820	101'218	106'545
3	6'480	36'806	38'744
4	5'775	148'256	156'059
5	3'000	77'016	81'069
6	3'900	100'121	105'390
7	5'460	140'169	147'546
8	1'800	46'210	48'642
TOTAL	103'014	831'406	875'164

Tableau 7 : Besoins utiles de froid pour le rafraîchissement des bâtiments

2.2.4 Besoins d'électricité standard

Le Tableau 8 présente les besoins d'électricité calculés dans les conditions standard (hors froid notamment)

Aire d'évolution des constructions	SRE en m ²	Consommation standard d'électricité (kWh/a)
1701	799	54'891
1720	641	64'813
1710	3'971	401'476
1750	145	14'660
1740, 1741, 1742, 1743	4'235	435'436
1a	10'080	950'725
1b	10'080	950'725
2	17'820	1'680'747
3	6'480	611'181
4	5'775	1'359'574
5	3'000	706'272
6	3'900	918'154
7	5'460	1'285'415
8	1'800	423'763
TOTAL	103'014	9'857'832

Tableau 8 : Besoins d'électricité des bâtiments

La fourniture d'électricité dans le secteur est assurée par le Groupe E.

Afin de prendre en compte l'impact de la consommation d'électricité non produite sur place, l'offre la meilleure marché de Groupe E a été considérée, il s'agit de :

- L'offre « BASIC », offre d'électricité non certifiée, qui possède les caractéristiques du mix électrique consommé en Suisse (tarif = 18.94 centimes HT le kWh hors abonnement et taxe de puissance).

A noter que Groupe E proposent deux offres 100% renouvelable, bien meilleures en matière d'émissions de gaz à effet de serre et de consommation d'énergie primaire que l'offre « Basic », pour des prix intéressants :

- L'offre « PLUS », offre certifiée 100% renouvelable régionale (tarif = 19.34 centimes HT le kWh) ;
- L'offre « STAR », offre 100% renouvelable certifiée nature made star (tarif = 22.44 centimes HT le kWh).

2.3 Besoins liés aux procédés

2.3.1 Généralités

Les besoins liés aux procédés sont estimés sur la base d'une coordination réalisée avec l'entreprise Translait en mai 2018.

2.3.2 Chaleur

Les besoins de chaleur de l'entreprise Translait nécessaires pour les procédés s'élèveraient à environ 131'500 MWh/an en comptant les pertes de distribution. La puissance totale nécessaire est de 25.1 MWth. Les besoins doivent être couverts via la fourniture de vapeur à 16 bars (202°C).

2.3.3 Froid

Les besoins de froid de l'entreprise Translait nécessaires pour les procédés s'élèveraient à environ 11'5000 MWh/an en comptant les pertes. La puissance totale nécessaire est de 3.1 MWth. Les besoins doivent être couverts via la fourniture d'eau glacée à 2°C.

2.3.4 Electricité

Les besoins d'électricité de l'entreprise Translait nécessaires pour les procédés s'élèveraient à environ 16'200 MWh/an. La puissance totale nécessaire est de 3.9 MWth. Les besoins doivent être couverts via le raccordement au réseau.

2.4 Bilan des besoins énergétiques

La Figure 6 illustre les besoins énergétiques de chauffage, eau chaude sanitaire, électricité et également des besoins liés aux procédés dans deux cas de figure : (i) besoins utiles sans prise en compte des pertes de distribution et (ii) besoins utiles avec prise en compte des pertes liées à la distribution.

Ces besoins ne tiennent pas compte, à ce stade, des pertes de rendement des systèmes de production de chaleur.

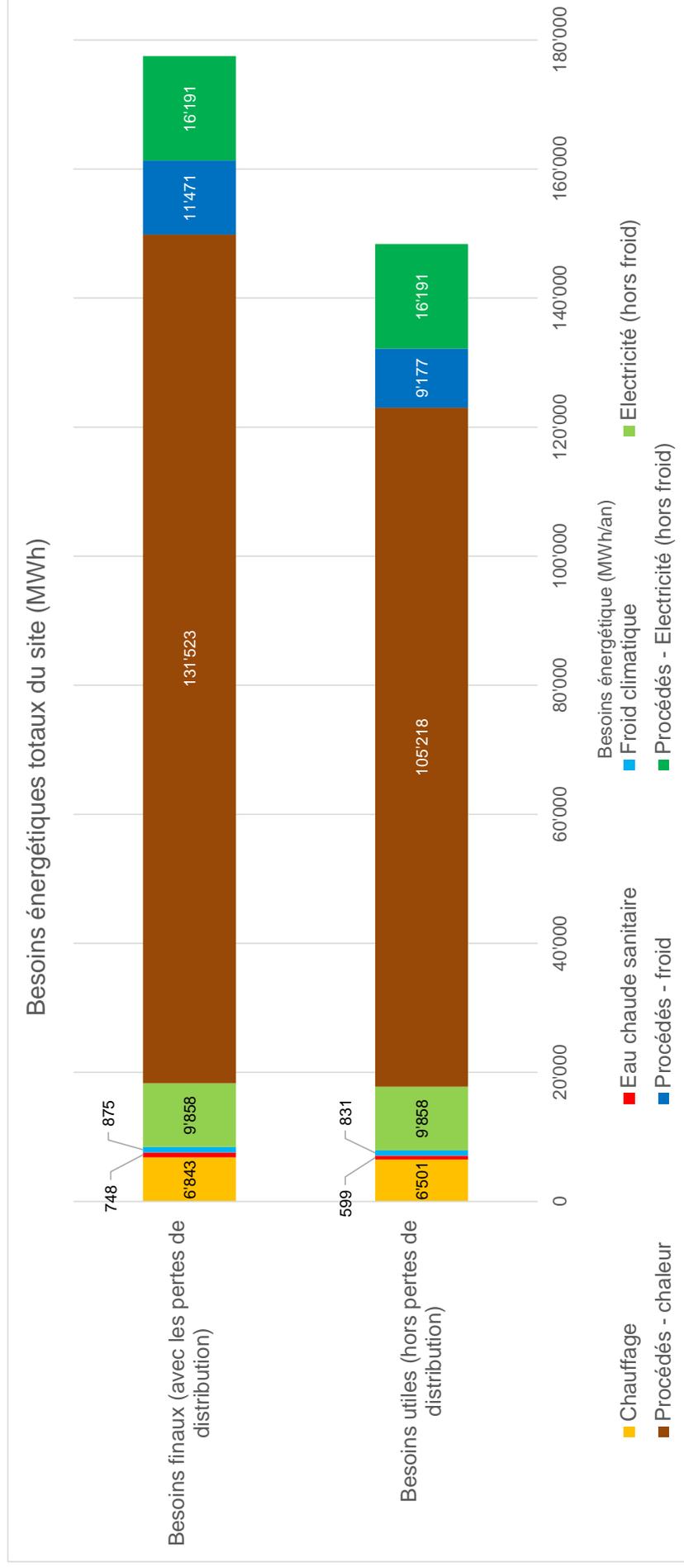


Figure 6 : Estimation des besoins énergétiques globaux du site

3. Évaluation du potentiel des ressources énergétiques renouvelables et locales principales ainsi que des rejets thermiques

3.1 Généralités

L'étude du site, la visite sur site et plusieurs contacts avec les différents services communaux et cantonaux ont permis d'évaluer le potentiel des ressources énergétiques renouvelables et locales principales et de vérifier si des rejets thermiques étaient disponibles pour le site.

3.2 Évaluation des gisements renouvelables

3.2.1 Géothermie à faible profondeur sur sondes géothermiques verticales

3.2.1.1 Géologie du site

Le site se trouve dans la plaine de la Broye, constituée d'alluvions récentes et de dépôts de plaine d'inondation. Un ancien sondage effectué sur ce site indique que la partie supérieure, jusqu'à une profondeur de 5 à 6 m est formée de particules fines contenant souvent de la tourbe. Sous ces formations peu perméables, on retrouve un horizon plus sableux qui constitue un aquifère à perméabilité moyenne. Plus en profondeur, des limons argileux de type "seeton" forment un plancher imperméable. Ces dépôts quaternaires recouvrent des grès et marnes bigarrés constitutif de la molasse d'eau douce inférieure. Cette dernière constitue généralement un aquifère de perméabilité modeste dépendant de la présence de couches plus perméables et de fissures.

Le site est classé en secteur A_u de protection des eaux.

Aucun glissement permanent n'y a été identifié.

En revanche, comme indiqué au § 1.3, afin de permettre le transit des crues potentielles et de conserver les bâtiments hors inondation pour la crue centennale, toute construction nouvelle sera établie en surélévation du terrain actuel. Des remblais d'environ 1 mètre sont agencés en plateforme d'altitude de 436 à 436.5 mètres, Les constructions y seront sans sous-sol ou des contraintes seront données dans le règlement d'utilisation.

3.2.2 Valorisation thermique sur sondes géothermiques verticales

Sous réserve de passer outre le risque lié aux inondations, il existe un potentiel géothermique exploitable sur le site du PAC. Il est en effet possible d'exploiter la chaleur issue du sol à faible profondeur (de 50 à 250 m) au moyen de pompes à chaleurs (PAC) sur des sondes géothermiques verticales.

Il existe deux facteurs limitant cette ressource :

- La surface libre de construction à disposition, qui limite le nombre de sondes ;
- La profondeur de forage autorisée ou techniquement possible.

D'après le portail cartographique du canton de Fribourg, les sondes géothermiques verticales sont admises sur la quasi-totalité du site sans restriction de profondeur. Par ailleurs, on dénote plus d'une vingtaine de sondes géothermiques verticales existantes situées entre 150 et 450 m de l'angle Est du site. La profondeur de ces sondes varie de 110 m à 210 m, ce qui laisse à penser que le potentiel peut être significatif. En revanche, il est probable que, compte tenu des consommations importantes à prévoir sur le site, les surfaces libres à disposition ne permettent pas d'installer suffisamment de sondes pour couvrir une partie significatives des besoins de chaleur et/ou de froid.

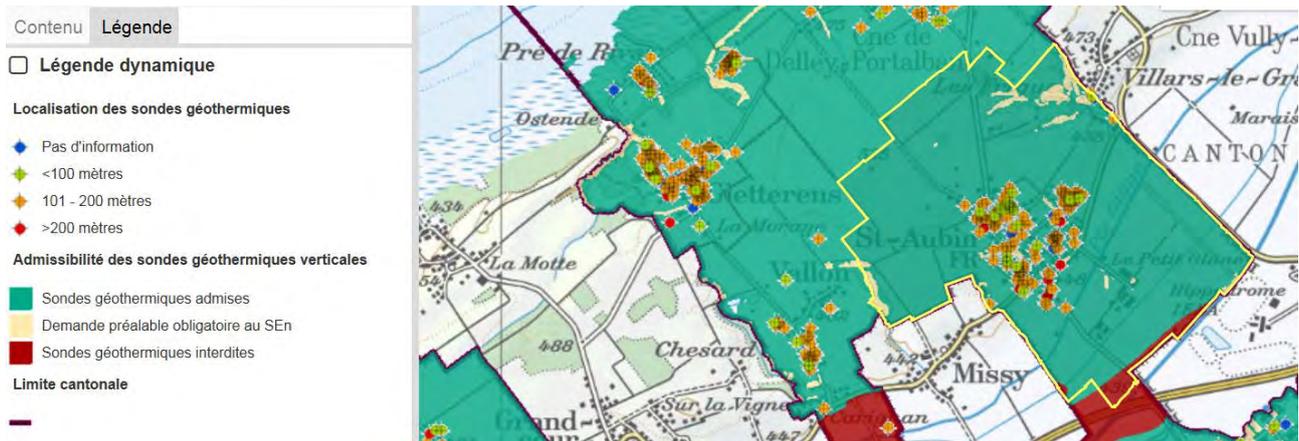


Figure 7 : Présence de sondes géothermiques à proximité du site [Portail cartographique du canton de Fribourg]

Le Tableau 11 fournit une estimation simplifiée des conditions géologiques qui pourraient être rencontrées sur le site. Sur cette base, les capacités et conductibilités thermiques sont établies à l'aide d'un calcul théorique. Ces valeurs devraient naturellement être calculées plus précisément sur la base d'une modélisation dynamique après la réalisation d'un test de réponse thermique.

L'hypothèse est faite que chaque forage pourrait atteindre 250 m de profondeur. Étant donnée les importants besoins énergétiques du site, l'ensemble de la surface devrait être considérée pour l'exécution de sondes géothermiques. Il sera donc nécessaire de placer des sondes dans les zones libres de construction et les zones à construire (donc aussi sous les nouveaux bâtiments). Cette manière de faire impliquera une coordination accrue des travaux de construction. En effet, entre le terrassement et le bétonnage, il faudra prévoir du temps pour le forage et la mise en place des sondes.

Quelle que soit la zone considérée, les sondes géothermiques devront être distantes d'environ 10 m pour éviter toute interaction thermique entre elles.

Les caractéristiques du site (22'505 m² de surfaces de verdure hors forêts et surfaces de compensation) permettent d'envisager l'implantation de 289 sondes géothermiques verticales. Sur la base de l'estimation des conductibilités et des capacités thermiques du sous-sol calculées dans le Tableau 11, on peut estimer que les caractéristiques du sous-sol lui permettraient de fournir une puissance moyenne de 36W par mètre de profondeur pour des sondes de 250 m de profondeur. Le site étant situé à une altitude d'environ 470 mètres, on estime que la durée de fonctionnement pourra être égale à 2'200 h pour chauffer les locaux et produire l'ECS.

Ces valeurs équivalent à une production annuelle moyenne de 70 kWh du côté froid de la PAC pour les sondes à 250 m. Toutefois, ces valeurs sont théoriques et nécessitent d'être affinées par un test de réponse thermique. Pour éviter tout risque de gel du terrain et de chute du COPa des PAC, nous considérons une valeur prudente basée sur notre expérience, soit 60 kWh/an/m pour les sondes de 250 m.

En considérant 289 sondes géothermiques d'une profondeur de 250 m pour la production de chaleur uniquement, une production moyenne annuelle par mètre linéaire de forage prudente de 60 kWh/an/m du côté froid de la PAC et un coefficient de performance annuel prudent des PAC électriques eau-eau associées (COPa de 4.0 pour le chauffage et COPa de 3.0 pour l'ECS, soit un COPa moyen de 3.9), on estime qu'environ 5'830'000 kWh de chaleur pourraient être produits annuellement. En considérant les pertes relatives à la distribution du chauffage et de l'ECS, cette production équivaut à 77% des besoins utiles de chaleur totaux du site, hors besoins de procédés. En se basant sur une couverture de 77% des besoins de chaleur et de froid hors procédés, la consommation électrique additionnelle liée au fonctionnement des PAC s'élèverait à environ 494'000 kWh/an, à laquelle s'ajouterait une consommation d'environ 74'000 kWh pour le fonctionnement des pompes de circulation du champ géothermique (soit 15% de la consommation des PAC). Ainsi, la consommation électrique calculée dans des conditions standard serait augmentée de 6%.

Si à la place de chaleur les 289 sondes géothermiques d'une profondeur de 150 m cette fois servaient de source à du froid de confort uniquement, une production moyenne annuelle par mètre linéaire de forage de 14 kWh/an/m par échange direct (fourniture de froid pendant 500 h), on estime que 607'000 kWh de froid pourraient être produits annuellement. En considérant les pertes relatives à la distribution du froid, cette production équivaut à environ 69% des besoins utiles de froid totaux du site, hors besoins de procédés.

En se basant sur une couverture de 69% des besoins de froid hors procédés, la consommation électrique additionnelle liée au fonctionnement des pompes de circulation du champ géothermique s'élèverait à environ 30'000 kWh/an. Ainsi, la consommation électrique calculée dans des conditions standard serait augmentée de 0,3%.

Un dimensionnement rigoureux pourrait permettre au champ de sonde de fournir de la chaleur et du froid à hauteur d'une fraction du potentiel maximum défini ci-dessus, et ainsi couvrir une partie non négligeable des deux typologies de besoins.

Le Tableau 9 récapitule le potentiel de couverture **non cumulé** des différents besoins par les sondes géothermiques verticales.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCEDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Potentiel de couverture des besoins d'énergie distribuée	77% (non cumulé avec froid)	69% (non cumulé avec chaleur)	-	-	-	-

Tableau 9 : Potentiels de couverture des besoins par la géothermie sur SGV

3.2.3 Valorisation thermique sur pieux énergétiques

Les pieux énergétiques sont placés de manière beaucoup plus dense que les sondes géothermiques (distance de 3 à 6 mètres) et sont moins profonds (de 10 à 20 mètres). Ils sont utilisables pour le stockage de chaleur excédentaire en été et son soutirage en hiver. Les puissances spécifiques sont de l'ordre de 10 W/m linéaire et le bilan énergétique annuel doit être équilibré (l'énergie injectée soit être proche de l'énergie soutirée).

Étant donné la nature du sous-sol, une solution de production géothermique pourrait être envisagée sur la base de l'exécution de pieux énergétiques. Toutefois, il n'est pas possible de se prononcer sur ce potentiel puisque l'emprise des bâtiments n'est actuellement pas connue.

Le Tableau 10 récapitule le potentiel de couverture des différents besoins par des pieux géothermiques.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCEDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Potentiel de couverture des besoins d'énergie distribuée	NC	NC	-	-	-	-

Tableau 10 : Potentiels de couverture des besoins par les pieux géothermiques

Succession probable des terrains	Épaisseur de la formation géologique estimée	Épaisseur de la formation géologique considérée sur 1500 (m)	Type de roche selon C:3 Tableau 6 Norme SIA 384/6	Conductivité thermique recommandée selon C.3 Tableau 6 Norme SIA 384/6 (W/m.K)	Capacité thermique spécifique (MJ/m ³ .K)	Puissance spécifique par m de sonde selon D.3.2 Figure 7 Norme SIA 384/6 (W/m)
Couverture: Terre végétale et limon argileux	Entre 0 et 3 m de profondeur*	3	Tourbe	0.4	1.6	
Alluvions (sables moyens à très fin)	Entre 3 et 10 m*	7	Sables, saturé d'eau	2.3	2.4	
Molasse d'eau douce inférieure	Entre 10 et 1'300 m	1'290	Grès	2.3	2.1	
Soubassement hauterivien (calcaire marneux)	Entre 1'300 et 1'500 m	200	Roche calcaire	2.8	2.2	
MOYENNE PAR METRE SUR 150 METRES	-	-	-	2.3	2.1	36
MOYENNE PAR METRE SUR 250 METRES	-	-	-	2.3	2.1	36
MOYENNE PAR METRE SUR 500 METRES	-	-	-	2.3	2.1	36
MOYENNE PAR METRE SUR 1'000 METRES	-	-	-	2.3	2.1	36
MOYENNE PAR METRE SUR 1'500 METRES	-	-	-	2.4	2.1	37

Tableau 11 : Estimation des conductibilités et capacités thermiques du sous-sol et calcul des puissances spécifiques associées

3.2.4 Valorisation thermique de la nappe phréatique

Il est possible, dans certaines conditions, de valoriser la chaleur des nappes phréatiques pour chauffer des bâtiments. Comme indiqué plus haut, des alluvions sableux rencontrés sous une couverture limoneuse peu perméable constituent un aquifère à perméabilité moyenne (coefficient de perméabilité estimé à $K= 1 \text{ à } 2 \cdot 10^{-4} \text{ m/s}$ sur la base d'essais de pompages selon une étude antérieure). La nappe contenue dans ces sables est légèrement en charge et son niveau en période de hautes eaux est située à une profondeur d'environ 1.50 m. Cette nappe est très probablement liée à l'aquifère répertorié sur la carte ci-dessous.



Figure 8 : Nappe aquifère définie à proximité du site [Portail cartographique du canton de Fribourg]

D'après une modélisation des écoulements de la nappe selon Dupuis basée sur les informations décrites ci-dessus et en tenant compte d'un rayon d'influence de 100 m, on peut admettre de prélever jusqu'à 150 à 300 l/min, soit en moyenne environ 4 l/s.

Au contraire de sondes géothermiques verticales évoquées au §3.2.2, ce type d'installation nécessiterait une concession de pompage, ce qui serait à vérifier par une étude plus détaillée et la réalisation d'un essai de pompage afin de tirer des conclusions certaines.

Au vu des débits disponibles, l'exploitation des nappes phréatiques offre a priori un potentiel intéressant pour la production de froid (puissance potentielle de 63 kW froid, soit une production potentielle de 549 MWh/an basée sur une utilisation 24h/24h). Les propriétés physico-chimiques et biologiques de l'eau devront être analysées pour choisir le matériel en conséquence.

Étant donné le potentiel réduit du gisement, le taux de couverture des besoins de chaleur n'a pas été calculé.

Le Tableau 12

Tableau 13 résume le potentiel issu de cette ressource.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCÉDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Besoins d'énergie distribuée potentiellement couvrables	NC	63%	-	-	-	-

Tableau 12 : Potentiels de couverture des besoins par la valorisation thermique de la nappe phréatique

3.2.5 Bois-énergie

L'entretien des haies forestières encaissant le site génère une production locale de bois non négligeable. Le produit annuel de la taille correspond à environ 200 m³ apparents de plaquettes forestières fraîches qui sont jusqu'à présent considérés comme des déchets à évacuer. Étant donné l'espace disponible dans le local de la chaufferie, tant en termes de superficie (près de 730 m²) que de hauteur sous plafond (plus de 8 mètres), il est tout à fait envisageable de stocker cette ressource dans un ou des silos et de prévoir l'installation d'une ou plusieurs chaudières à bois.

Au niveau des forêts publiques, une évaluation du bois disponible dans la région a été obtenue auprès de M. Taboada (ingénieur forestier adjoint du 4^{ème} arrondissement) qui a récolté ces informations auprès des unités de gestion des arrondissements fribourgeois les plus proches du site. Les unités de gestion d'Estavayer et de la Bourgeoisie de Fribourg exploitent tout ou du moins la majorité de leur potentiel à l'intérieur de leur territoire ou pour leurs partenaires. Plusieurs projets sont à l'étude notamment à Estavayer, où aucun potentiel ne peut être promis en dehors de leur territoire dans l'attente de la concrétisation de ces projets. Les unités de gestion qui ont annoncé des volumes sont celles qui peuvent écouler du bois sans péjorer leurs commandes actuelles et futures.

Aux potentiels mentionnés issus des forêts publiques, s'ajoutent des ressources issues de fournisseurs privés. Nous avons contacté M. Claude Limat à Prez-vers-Noréaz qui est spécialisé dans les plaquettes forestières et livre environ 60'000 m³/an de plaquettes chez ELSA à Estavayer. Sous réserve de la distance tolérable pour la provenance du bois ainsi que du type de plaquettes souhaitées, ce dernier a annoncé pouvoir livrer une quantité supplémentaire d'environ 50'000 m³ de plaquettes forestières humides. D'autres fournisseurs pourraient permettre d'augmenter encore le potentiel de cette ressource issue des forêts privées si une volonté forte de recourir au bois rendait nécessaire une plus grande quantité.

Les différents potentiels décrits ci-dessus sont complétés par la valorisation de produits végétaux issus des travaux d'entretien des milieux naturels, en particulier des roselières de la Grande Cariçaie qui occupe l'ensemble de la rive sud du lac de Neuchâtel. Selon les informations obtenues auprès de M. Baudraz, directeur de l'Association de la Grande Cariçaie, la combustion de paille de roseaux issue de la fauche des prairies humides (filère qui pour ce matériau est deux fois plus efficace que la méthanisation) pourrait permettre de fournir environ 2'400 MWh/an (combustion de 800 tonnes de paille sèche soit l'équivalent de 3'200 m³ de plaquettes fraîches). L'avantage de cette ressource qui couvrirait environ 15% des besoins de base estimés pour le chauffage et l'eau chaude du site est qu'elle pourrait être disponible à un prix avantageux.

Le

Tableau 13 résume l'ensemble du potentiel.

Corporation/Groupement	Quantité de bois rond	Équivalent plaquette fraîche	Mélange résineux-feuillus
Production propre site Elanco	-	200 m ³	NC
Basse-Broye	1'000 m ³	2'500 m ³	70% feuillus
G. Payerne-Avenches	4'500 m ³	12'600 m ³	70% feuillus
Estavayer	0	0	0
Haut-Lac	1'000 m ³	2'800 m ³	70% feuillus
Forêt-Sarine	6'500 m ³	18'000 m ³	60% feuillus
Bourgeoisie de Fribourg	0	0	0
Glâne-Farzin	800 m ³	2'240 m ³	70% feuillus
Producteur privé M. Limat	NC	50'000 m ³	NC
Association grande Cariçaie	NA	3'200 m ³ (en équivalent énergétique)	Paille sèche
Total	-	91'540 m³	-

Tableau 13 : Potentiel du bois-énergie global (échelle régionale locale)

La qualité de l'air au droit du site d'implantation d'une éventuelle chaudière à bois peut être appréhendée à l'aide de la station de mesures atmosphériques la plus proche, à savoir la station de Payerne (réseau NABEL), qui est distante de 2.5 km au Nord-Ouest. Les teneurs en polluants atmosphériques mesurées à Payerne en 2017 sont présentées dans le Tableau 14.

Paramètres	Payerne 2017* – Station rurale		Valeur limite OPAir	
	Moy. Annuelle	Moy. Horaire max**	Moy. Annuelle	Moy. horaire
NO2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$]	13	46	30	80
PM10 [$\mu\text{g}/\text{m}^3/\text{an}$]	12		20	-

*Source : Analyse des données 2017 du réseau NABEL (OFEV, avril 2018) ; **Valeur pour 2016

Tableau 14 : Teneurs en polluants atmosphériques dans la station de mesure la plus proche

Le site considéré par l'étude n'est pas situé en zone d'immissions excessives. D'un point de vue réglementaire et technique, il n'existe donc à ce stade pas de contre-indication à recourir à un approvisionnement au bois, de type chaudières à bois déchiqueté ou pellets pour couvrir tout ou partie des besoins de chaleur du site.

Il est toutefois important de tenir compte de l'importante logistique qu'implique l'approvisionnement d'une telle production de chaleur au bois.

Le Tableau 15 récapitule le **potentiel de couverture cumulé** des différents besoins par le bois énergie via un ou plusieurs réseaux centralisés sur la base du potentiel de 91'540 m³ de plaquettes fraîches, soit 68'655 MWh.

Notons que le taux de couverture de 85% indiqué pour les besoins de chaleur est un maximum technique, indépendant du potentiel qui est plus élevé.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCÉDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Besoins d'énergie distribuée potentiellement couvrables (y.c perte de 8% via réseau centralisé)	85%	-	À définir si CCF bois	48%	-	À définir si CCF bois

Tableau 15 : Potentiels de couverture des besoins par le bois-énergie

3.2.6 Chauffage à distance

La commune de St-Aubin a diligenté une étude pour une centrale d'énergie avec chauffage à distance (en coordination avec Groupe-e Celsius). Le site d'Elanco étant proche de la zone de déploiement du projet de CAD, une coordination avec Groupe-e Celsius a été établie étant donné que de fortes synergies peuvent être trouvées, soit par une mutualisation de la centrale de chauffe soit par la revente de rejets thermiques du site industriel. Les besoins en chaleur de la commune sont d'environ 3.0 GWh. Ils pourraient être fournis au travers d'un réseau chaud classique (85°C/60°C en hiver, 75°C/60°C en été). Groupe-e Celsius a annoncé qu'ils étaient prêts à investir dans des installations d'alimentation en énergie, notamment pour la production de chaleur, dans la chaufferie existante du site d'Elanco.

Compte tenu des besoins presque négligeables de la Commune par rapport aux besoins totaux en chaleur du site d'Elanco (seulement 2.2% des besoins de chaleur!), le point central du raisonnement pour la planification d'un CAD doit être le site d'Elanco.

Suite à une coordination avec Translait en mai 2018, il a été établi que l'industriel est ouvert à une solution de contracting pour la fourniture de chaleur (sous réserve d'un prix acceptable). Cette information est d'ailleurs corroborée par le fonctionnement actuel de certaines usines françaises du Groupe, où la chaleur est fréquemment fournie par un tiers. Par ailleurs, les dirigeants du Groupe semblent s'être engagés à favoriser une production de chaleur sur une base renouvelable, sous réserve d'un prix juste et d'une faisabilité technique avérée. Là aussi, un exemple existe au niveau de l'usine de Port sur Saône (France), qui dispose non seulement d'une chaufferie bois de grande puissance, mais également d'une installation de méthanisation de grande envergure.

En substance, Translait semble accueillir avec bienveillance l'idée qu'un contracteur lui fournisse tout ou partie de ses besoins de chaleur, à condition que cette chaleur soit sous forme de vapeur à 16 bars (202°C) pour garantir la compatibilité avec ses procédés internes.

Par conséquent, au niveau du périmètre considéré par cette étude, il est fortement envisageable de réaliser au moins deux réseaux de chauffage à distance : l'un sur le site même de l'usine Translait pour distribuer de la vapeur à 16 bar et l'autre partant de la chaufferie existante pour distribuer de la chaleur à un niveau de température classique (85°C) aux autres preneurs.

Notons toutefois que dans le cas présent, la notion de chauffage à distance constitue plus un moyen de distribution de chaleur vers les preneurs qu'une ressource en soit, raison pour laquelle aucun tableau de récapitulation de la ressource n'est fourni ci-après.

3.2.7 Rejets de chaleur d'industries

Ne connaissant pas à ce stade la caractérisation d'éventuels rejets thermiques des industries qui viendront s'implanter sur le site (en termes de quantité, température et temporalité), il n'est pas encore possible de quantifier cette éventuelle ressource. Il sera possible de se prononcer sur ce point et trouver des synergies potentielles dans une phase ultérieure du projet.

Il est toutefois déjà connu que l'usine de Translait qui devrait venir s'implanter sur le périmètre de l'étude va générer des besoins thermiques de l'ordre de 25.1 MW_{th}. Cette puissance considérable permet d'ores et déjà de se prononcer sur le fait que l'utilisation de rejets thermiques industriels sera à étudier, bien que les procédés tendent vers une valorisation maximale des rejets de chaleur en interne d'après les informations recueillies lors de la séance de travail du 17 mai 2018 avec l'équipe de projet chez Translait.

La valorisation de chaleur provenant d'industries n'est donc pas chiffrable à ce stade et indiquée comme non communiquée (NC) dans le Tableau 16 qui récapitule le potentiel de couverture des différents besoins par la valorisation des rejets de chaleur industrielle issue du site ou à proximité.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCEDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Besoins d'énergie distribuée potentiellement couvrables	-	-	-	NC	NC	-

Tableau 16 : Potentiels de couverture des besoins par les rejets de chaleur d'industries

3.2.8 Récupération de chaleur des eaux usées

La valorisation thermique des eaux usées est un principe efficace d'origine suisse, adapté aux nouveaux quartiers qui a fait ses preuves sur de nombreux sites sur le plan national¹.

Comme l'illustre schématiquement la Figure 9 ci-dessous, la chaleur des eaux usées produites par les consommateurs est valorisée par l'intermédiaire d'un échangeur thermique et d'une pompe à chaleur, puis stockée dans un accumulateur avant de retourner chez les consommateurs pour répondre à leurs besoins en eau chaude sanitaire et/ou en chauffage. Trois options de récupération de chaleur existent selon l'emplacement de l'échangeur de chaleur.

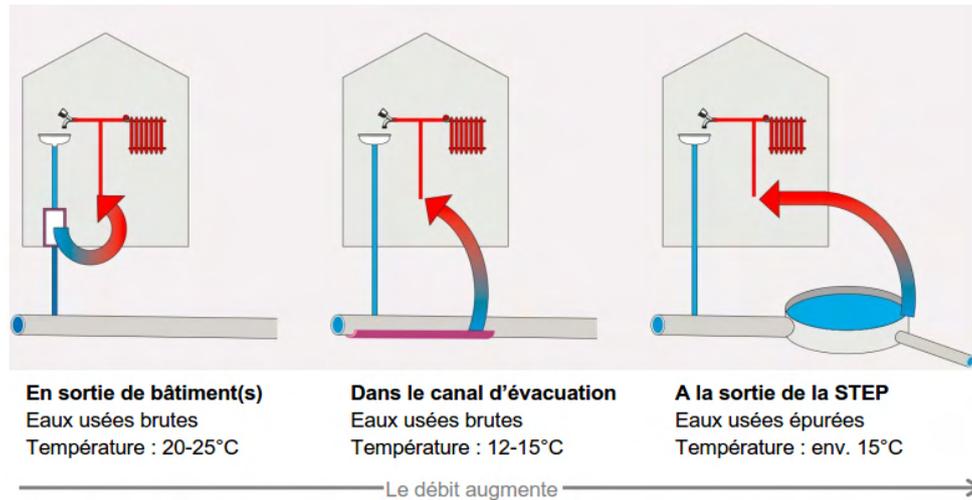


Figure 9 : Principe de la récupération de chaleur sur les eaux usées (source : Infracwatt)

3.2.8.1 Variante au niveau de la STEP

Selon le SdE, une station d'épuration des eaux (STEP) pourrait dans le futur être créée sur le site concerné par la présente étude. La récupération de chaleur en sortie de STEP permet, au moyen d'une pompe à chaleur, de valoriser l'eau épurée qui sort à environ 15°C. Il serait ainsi possible d'atteindre une température suffisante pour chauffer des bâtiments et préparer de l'eau chaude sanitaire. Des besoins de chaleur industrielle à haute température, tels que nécessitant une production de vapeur, ne pourraient toutefois pas être satisfaits par ce gisement. Par ailleurs, ne connaissant pas les débits d'une éventuelle future STEP, il n'est pas possible de calculer un quelconque potentiel.

Notons également que les industries intéressées à venir s'installer sur le site (dont Translait) pourraient se montrer réticentes à la présence d'une STEP à proximité de leur lieu de production. Cet argument pourra toutefois être discuté étant donné que dans son usine de Port sur Saône (France), Eurosérum produit du lait hypoallergénique pour nourrissons avec sa propre installation de méthanisation à proximité.

3.2.8.2 Variante dans le canal d'évacuation

Dans le canal d'évacuation principal plus en aval, la température est généralement plus faible (12-15°C en système séparatif) mais le débit d'eaux usées est plus important et plus constant (car provenant de consommateurs variés). Cela permet d'utiliser directement des échangeurs de chaleur à l'intérieur de la conduite, permettant l'économie des fosses de rétention. Ce système a l'avantage de produire du froid en été. En revanche, il a l'inconvénient de nécessiter un débit d'au moins 10 à 15 l/s dans le collecteur principal, ce qui ne semble pas être le cas du site d'Elanco.

Cette variante n'est donc pas développée dans ce rapport.

¹ Le centre Loewenberg à Muntelier, le complexe immobilier La Cantarella à Chésièra (VD), le lotissement de Ringermatten à Zwingen, l'école de Piegelfeld à Binningen, le quartier de Wässerwiesen à Winterthur, etc...

3.2.8.3 Variante en sortie de bâtiments

En sortie de bâtiments, la température de l'eau usée est plus élevée (de 20 à 25°C) mais l'irrégularité du débit disponible nécessite l'exécution d'une fosse de relevage en béton, qui sert à constituer un volume « tampon » à l'intérieur duquel on installe un échangeur thermique, une pompe, un filtre et des détecteurs de niveau. Les eaux usées d'un ou de plusieurs bâtiments sont conduites vers la fosse puis rejetées vers le réseau communal d'évacuation des eaux usées.



Figure 10 : Mise en place d'un module de récupération de chaleur à l'intérieur d'une fosse de relevage
Source : FEKA Energiesysteme AG

Selon leur taille, les fosses peuvent valoriser un volume d'eau compris entre 24'000 litres/jour et 84'000 litres/jour². En-dessous, les coûts sont élevés et au-dessus, l'installation devient difficile à implanter (on choisit alors de multiplier le nombre de modules plutôt que de chercher à augmenter leur taille unitaire).

D'après les besoins en ECS, les rejets quotidiens d'eaux usées du site d'Elanco sont estimés à environ 63'000 L/j pour les besoins standards, et à 44'220 L/j pour les effluents de Translait, ce qui est largement supérieur au minimum requis.

Un calcul de la chaleur disponible dans les eaux usées montre qu'avec un COP de 3.0 et un prélèvement de 13K avant de rejeter l'eau (23°C à 10°C), cette ressource permettrait de fournir au maximum 552'000 kWh de chaleur par année (hors besoins de procédés). Cette quantité de chaleur représente un taux de couverture des besoins de chaleur hors procédés de 7%.

En se basant sur cette estimation, la consommation électrique additionnelle liée au fonctionnement des PAC s'élèverait à environ 184'000 kWh/an. Ainsi, la consommation électrique calculée dans des conditions standard serait augmentée de 2%.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCÉDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Potentiel de couverture des besoins d'énergie distribuée	7%	-	-	-	-	-

Tableau 17 : Potentiels de couverture des besoins par la récupération de chaleur des eaux usées

² Selon les indications du fournisseur FEKA au 07.2015. Le volume de la fosse doit correspondre au minimum à la moitié du volume d'eau valorisé par jour.

3.2.9 Solaire thermique

Compte tenu des nombreux gisements disponibles pour assurer les besoins de chaleur du site, il est plus intéressant de dédier les surfaces de toitures à la production d'électricité renouvelable via l'installation de panneaux solaires photovoltaïques.

Le potentiel du solaire thermique n'est donc pas étudié dans ce rapport (Tableau 18).

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCÉDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Potentiel de couverture des besoins d'énergie distribuée	Non étudié	Non étudié	-	Non étudié	Non étudié	-

Tableau 18 : Potentiels de couverture des besoins par les panneaux solaires thermiques

3.2.10 Solaire photovoltaïque

La technologie des panneaux solaires photovoltaïques permet de produire de l'énergie électrique.

Dans le cas d'une utilisation du toit exclusivement réservée pour une production solaire photovoltaïque classique (technologie de panneaux polycristallins, bon marché et peu polluants lors de leur fabrication), les surfaces de toit les plus intéressantes sont les toitures orientées entre le Sud-Est et le Sud-Ouest possédant une inclinaison de 0° à 60° (l'optimum est une orientation sud avec une inclinaison de 30 à 45°).

Sur le site d'Elanco, le rendement solaire est le suivant (calculé avec le module solaire de suisseenergie.ch, pour des pans à 30° et des fractions solaire de 30 ou 60%) :

	Potentiel solaire pour pans inclinés à 30°		
	kWh/m ² /an		
	Ouest	Sud	Est
Panneaux photovoltaïques	140	190	140
Panneaux thermiques avec fraction solaire de 60%	370	450	370
Panneaux thermiques avec fraction solaire de 30%	500	600	500

Tableau 19 : Rendements des panneaux solaires photovoltaïques et thermiques en fonction de l'orientation

Les surfaces de toiture disponibles pour installer des panneaux solaires sont résumées dans le Tableau 20. Ces surfaces intègrent les bâtiments actuels et futurs du site au calcul de potentiel puisque le règlement impose l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture.

Toutes les toitures du site étant plates et végétalisées, le calcul des surfaces disponibles pour les installations solaires a été estimé en déduisant 30% de la surface des toitures plates (réserve pour installations techniques). Par ailleurs, notons que l'installation d'un m² de panneaux solaire thermique ou photovoltaïque requiert 3 m² de toiture disponible.

Aire d'évolution des constructions	Surface nette disponible en toiture estimée (m ²)	Surface nette de panneaux PV disponibles estimée (m ²)	Production photovoltaïque estimée (kWh/an)
1701	559	186	35'422
1720	449	150	28'418
1710	2'780	927	176'048
1750	102	34	6'428
1740, 1741, 1742, 1743	2'965	988	187'752
1a	7'056	2352	446'880
1b	7'056	2'352	446'880
2	12'474	4'158	790'020
3	4'536	1'512	287'280
4	4'043	1'348	256'025
5	2'100	700	133'000
6	2'730	910	172'900
7	3'822	1'274	242'060
8	1'260	420	79'800
TOTAL	51'930	17'310	3'288'913

Tableau 20 : Surfaces potentiellement disponibles pour les installations solaires photovoltaïques

Le Tableau 21 récapitule les potentiels de couverture **non cumulés** des différents besoins d'électricité par l'utilisation de panneaux solaires photovoltaïques.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCÉDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Potentiel de couverture des besoins d'énergie distribuée	-	-	33% (non cumulé avec procédés)	-	-	20% (non cumulé avec besoins standards)

Tableau 21 : Potentiels de couverture non cumulés des besoins par le solaire photovoltaïque

3.2.11 Méthanisation et couplage chaleur force (CCF)

Le couplage chaleur-force est envisageable comme production d'énergie renouvelable si celui-ci est alimenté avec du biogaz ou du bois. Pour ce qui est du biogaz, il est nécessaire de se situer directement à proximité d'une installation productrice de biogaz, ce qui n'est pas le cas ici, la production la plus proche étant située à Sugiez à environ 15 km du site. Une production de biogaz pourrait toutefois être envisagée sur le site même. La société VEGEtech Compost située à Avenches pourrait fournir des déchets verts à hauteur de 3'000 à 4'000 t/an environ. Le contenu énergétique des déchets verts étant faible, il serait nécessaire de la compléter par l'un des biais suivants :

- Combinaison à hauteur d'environ 20% avec des résidus industriels riches en énergie issus par exemple d'une entreprise implantée sur le site. Ceci permettrait de fournir de la chaleur de procédé basée sur des déchets générés par les entreprises locales. Il est malheureusement prématuré pour chiffrer le potentiel lié aux industries qui viendront s'implanter sur le site.³
- Combinaison à hauteur d'environ 20% avec des intercultures à plus haut contenu énergétique : cette option requerrait de trouver un accord avec des paysans locaux, d'identifier les bonnes cultures et de négocier avec l'OFAG (Office fédéral de l'agriculture). Un tel concept serait novateur et pourrait faire l'objet du bonus agricole ainsi que de la rétribution à prix coûtant (RPC) le cas échéant pour l'électricité vendue.

Notons que dans une usine de méthanisation, le stockage des ressources est réalisé dans une halle fermée et dépressurisée disposant d'un système de lavement de l'air. De ce fait, il n'est *a priori* pas problématique d'installer une centrale au biogaz à proximité d'industries actives dans un domaine alimentaire ou sensible.

L'avantage d'un couplage chaleur-force est sa production simultanée de chaleur (environ 2/3 de la production totale) et d'électricité. Le principe est celui d'un moteur à gaz (ou biogaz) qui produit de l'électricité avec récupération de l'énergie thermique fatale des gaz de combustions. D'un point de vue thermodynamique, elle est plus efficace qu'une chaudière car elle optimise la production d'énergie en produisant de l'électricité en plus de fournir de la chaleur.

Notons que les installations de couplage chaleur force sont plus efficaces à pleine puissance (le fonctionnement à charge partielle est tout à fait possible mais pèjore le rendement) et leurs performances économiques dépendent surtout de la durée annuelle de fonctionnement. C'est pourquoi elles sont dimensionnées pour assurer la demande thermique de base dite « en ruban » (de 20 à 40% de la puissance de chauffe) avec une durée d'utilisation élevée (au minimum 3'000h par an, mais si possible beaucoup plus). Ces caractéristiques impliquent l'utilisation d'une installation de chauffage d'appoint dimensionnée pour couvrir la pointe de puissance hivernale. L'exploitation d'un couplage chaleur-force dans un contexte industriel générant des besoins de chaleur de procédé tout au long de l'année peut donc s'avérer particulièrement intéressant.

Un système de trigénération (chaleur, froid et électricité) peut même être envisagé. La production de froid serait alors réalisée grâce à une machine à absorption utilisant de la chaleur à plus de 120°C pour permettre une bonne efficacité.

Par conséquent, la piste d'un approvisionnement par une installation de couplage chaleur-force semble être particulièrement adaptée au contexte du site d'Elanco, d'autant plus que le potentiel bois est important. A ce stade toutefois, il n'est pas possible de chiffrer ce potentiel avec une marge d'erreur convenable.

³ D'après les informations récoltées lors de la séance de travail avec Translait du 17 mai 2018, la faisabilité d'une méthanisation des effluents de la future usine n'est pas encore acquise.

Le Tableau 22 récapitule le potentiel de couverture des différents besoins de chaleur par l'utilisation d'un couplage chaleur-force, en faisant l'hypothèse que la ressource utilisée est le bois-énergie (données de production de biogaz par méthanisation non disponibles) disponible non utilisé pour couvrir les besoins de chaleur des besoins standards.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCEDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Potentiel de couverture des besoins d'énergie distribuée	85%	NC	NC	45%	À déterminer si trigénération	40%

Tableau 22 : Potentiels de couverture des besoins par un couplage chaleur-force

3.2.12 Eau du lac

Les lacs de Neuchâtel (situé à 5 km du site) et de Morat (à 4 km) sont trop éloignés pour qu'un approvisionnement énergétique incluant une prise d'eau au lac ne soit économiquement rentable.

Cette solution n'est par conséquent pas envisagée.

Le Tableau 23 récapitule le potentiel de couverture des différents besoins de chaleur par la valorisation thermique d'eau du lac.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCEDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Potentiel de couverture des besoins d'énergie distribuée	-	-	-	-	-	-

Tableau 23 : Potentiels de couverture des besoins par la valorisation thermique de l'eau du lac

3.2.13 Réseau d'irrigation

Il existe, à proximité du site, un réseau d'irrigation reliant Delley-Portalban à Vallon dont l'extension vers Missy prévue pour cette année amènerait l'extrémité du réseau à moins d'un kilomètre de la chaufferie du site. Le débit disponible au plus près du périmètre étudié (en bout de réseau) permettrait de fournir environ 300kW_{th} par l'intermédiaire d'une pompe à chaleur. Une puissance nettement plus élevée aurait été disponible à proximité de la conduite principale qui est malheureusement trop éloignée. Outre le potentiel limité et la distance, l'inconvénient majeur réside dans le fait que ce réseau sous pression n'est exploité qu'entre mi-avril et mi-août. Le Tableau 24 récapitule le potentiel de couverture des différents besoins énergétiques avec les gisements alternatifs.

Type d'approvisionnement	BESOINS STANDARD			BESOINS DE PROCEDES		
	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE	CHALEUR	FROID	ELECTRICITE
Potentiel de couverture des besoins d'énergie distribuée	-	-	-	-	-	-

Tableau 24 : Potentiels de couverture des besoins par la valorisation thermique du réseau d'irrigation

3.2.14 Pompes à chaleur haute température

Un inconvénient lié à certaines ressources renouvelables réside dans la limitation du niveau de température auquel la fourniture de chaleur est possible. Dans ce cas, et selon les besoins en chaleur du site, il est possible de remonter le niveau de température grâce à une pompe à chaleur haute température. Cette technologie efficiente en plein développement permet aujourd'hui d'atteindre 160°C.

Notons toutefois que la notion de pompe à chaleur haute température constitue plus une technologie qu'une ressource en soit, raison pour laquelle aucun tableau de récapitulation n'est fourni ci-après.

3.3 Bilan des potentiels des gisements renouvelables

Énergies renouvelables	Facteurs limitants	Potentiel de couverture de la consommation annuelle			Remarques
		De chaleur	De froid	D'électricité	
Recommandables					
Bois-énergie	Au-delà de 10MW, les prescriptions à respecter concernant les émissions sont nettement plus sévères	85% (besoins chaleur standard) <u>ET</u> 48% (besoins chaleur procédés)	-	-	Une combinaison de plaquettes issues des forêts publiques et privées permettrait de couvrir l'entier des besoins en chaleur tels qu'évalués ici par du bois-énergie. Une fourniture de vapeur à haute température par ce biais serait toutefois plus chère et plus compliquée qu'avec une chaudière à gaz. Une filière utilisant de la paille de roseaux pourrait fournir une partie de la chaleur avec un coût de combustible avantageux.
Couplage chaleur-force	Approvisionnement en gaz, Ratio chaleur/électricité, Heures de fonctionnement, Volume de l'accumulateur	85% sans CCF (besoins chaleur standard) <u>ET</u> 45% (besoins chaleur procédés) si basé sur gisement bois	NC	40% (besoins électricité procédés hors froid)	Possibilité pour un CCF au bois sur une ou plusieurs chaudières du site car l'ensemble des conditions-cadres sont réunies et deux gisements d'importance sont présents : le bois et potentiellement la méthanisation d'effluents de l'usine Translait.
Valorisation thermique de la nappe phréatique	Débit prélevable des eaux souterraines, qualité de l'eau	NC	63% (hors procédés)	-	La présence d'eau est avérée à faible profondeur. Un essai de pompage serait nécessaire avant de conclure de façon plus certaine à la pertinence ou non de ce gisement. Attention à la qualité de l'eau qui, d'après nos informations, n'est pas vraiment compatible avec une valorisation thermique.
Solaire photovoltaïque (panneaux polycristallins)	Surface disponible, inclinaison et orientation de la toiture	-	-	33% (besoins électricité standard hors froid) <u>OU</u> 20% (besoins électricité procédés hors froid)	Seule possibilité aisée et économiquement supportable de production renouvelable d'électricité. Intéressant pour couvrir une part de la consommation électrique.

Potentiellement intéressant					
Rejets de chaleur	Valorisation en interne prévue chez Translait, mais potentiels rejets de chaleur à déterminer	NC	NC	-	Un éventuel potentiel issu des industries rejetant de la chaleur à proximité sera à déterminer plus précisément.
Géothermie faible profondeur	Grand nombre de sondes nécessaire. Production non-cumulative de chaleur et de froid.	77% (si 0% de froid ; hors procédé)	69% (si 0% de chaleur ; hors procédé)	-	Le nombre de sondes peut être modulé selon le choix de producteurs de chaleur additionnels (solaire thermique et récupération des eaux usées notamment).
Pieux énergétiques	Emprise au sol et besoin en structures de soutien des futurs bâtiments inconnue	NC	NC	-	La réalisation de pieux énergétiques n'est intéressante que si les conditions géotechniques du terrain requièrent une reprise des tassements différentiels, et s'il est possible de recharger dans le terrain en période estivale à hauteur de la moitié de l'énergie prélevée en hiver. La pertinence d'exploitation de ce potentiel pourra être revue en phase de projet.
Récupération de chaleur des eaux usées	Production d'eaux usées par bâtiment, température de rejet, places disponibles pour fosses, raccordement possible des bâtiments sur une même fosse	7% (besoins chaleur standard)	-	-	Quantité d'énergie récupérable intéressante et économiquement avantageuse, mais pas très adaptée à la vocation industrielle du site.
Chaleur issue de STEP	Selon implantation d'une future STEP sur le périmètre	NC	-	-	Les débits futurs ne sont pas connus à ce jour.
Non-recommandable					
Solaire thermique seul (capteurs plans vitrés)	Surface disponible, inclinaison et orientation de la toiture	NC	NC ⁴	-	Compte tenu des nombreux gisements disponibles pour assurer les besoins de chaleur du site, il est plus intéressant de dédier les surfaces de toits à la seule technologie standard permettant de produire de l'électricité renouvelable : le solaire photovoltaïque.
Eau du lac	Longueur de raccordement trop importante	-	-	-	Le lac est trop éloigné pour que cette option d'approvisionnement soit économiquement viable.
Réseau d'irrigation	Distance, exploitation uniquement entre mi-avril et mi-août	-	-	-	Exploitation uniquement entre mi-avril et mi-août

Tableau 25 : Bilans des potentiels de gisements renouvelables

⁴ Potentiel lié à la climatisation solaire non étudié dans cette étude car très coûteux

4. Proposition de règlement pour le PAC

4.1 Généralités

Dans le présent chapitre, les articles du règlement sont rédigés en police noire, les explications et interprétations en police bleue.

4.2 Proposition de règlement

Article 1 Toitures

Les toitures sont obligatoirement plates.

Elles intègrent des dispositifs de rétention des eaux pluviales et des panneaux solaires photovoltaïques. Les aménagements en toiture doivent impérativement être conçus pour maximiser la rétention des eaux pluviales et la production d'énergie électrique par l'intermédiaire de panneaux solaires photovoltaïques. Un rapport d'expert atteste de ce dernier point lors de chaque demande de permis de construire.

La production d'électricité par les panneaux solaires photovoltaïques reste impérative dans le cas où une autre production d'électricité renouvelable est assurée sur le site.

Note : par autre production d'électricité renouvelable, on entend une production d'électricité par une installation de couplage à chaleur-force fonctionnant au bois ou au biogaz (méthanisation).

Les superstructures sont admises dans la mesure où elles sont techniquement indispensables et réduites au strict minimum nécessaire (cheminées, ventilations, garde-corps, ascenseurs, installations solaires, etc.).

Les couverts, superstructures, installations solaires et autres mesures de gestion des eaux pluviales doivent respecter une distance à l'acrotère équivalente à leur hauteur. La hauteur de ces éléments se mesure depuis le plan supérieur de la toiture de la construction considérée jusqu'au point culminant dudit élément.

Article 2 Énergie

Les constructions doivent être conçues de sorte à favoriser une utilisation rationnelle et efficiente de l'énergie. L'optimisation énergétique des procédés y.c. la récupération d'énergie sur lesdits procédés doit être étudiée lors de chaque projet de construction et rénovation.

Pour prouver du respect des dispositions du paragraphe ci-dessus, un rapport d'expert accompagne chaque dossier de demande de permis de construire.

1 Énergie solaire

Les panneaux solaires photovoltaïques sont obligatoirement installés sur toute la surface de toiture des constructions nouvelles déduction faite des parties destinées aux installations techniques.

Les panneaux solaires et autres ouvrages de production d'énergie sont autorisés en façade sous réserve du droit fédéral.

Note : nous encourageons fortement l'installation de panneaux solaires photovoltaïques en façade étant donné l'importante consommation électrique du site.

2 Réseaux de distribution d'énergie à distance

Des réseaux de distribution d'énergie à distance sont établis afin de fournir l'énergie aux constructions sises au sein du périmètre du PAC via un système de production centralisée. Ces réseaux sont conçus de manière à permettre le raccordement de constructions hors du périmètre du PAC.

Les énergies suivantes sont organisées en réseaux :

- > chaleur (chauffage des locaux et eau chaude sanitaire) ;
- > froid (rafraichissement).

La chaleur et le froid pour les procédés feront l'objet d'un concept d'intégration aux réseaux prévus ou d'un concept de distribution dédié, en fonction de l'ampleur et de la typologie des besoins (quantité, niveaux de températures et monotones des puissances à fournir).

Note : d'après les données à notre disposition, il s'avère que les besoins de chaleur de l'usine de Translait sont considérables et nécessitent des niveaux de températures non conventionnels (vapeur à 202°C pour la chaleur, froid avec circuit glycol à 0-1°C pour le refroidissement des procédés). Par conséquent, nous recommandons à ce stade la réalisation de deux réseaux dotés d'une production et d'une distribution séparées, mais tous deux couverts essentiellement par des gisements renouvelables :

- *Le premier réseau de chauffage concernerait la couverture des besoins de chaleur et de froid de l'usine de Translait. La production de ce réseau pourrait se situer à proximité immédiate de l'usine, pour diminuer autant que possible les pertes thermiques de ce réseau (une place pour la production d'énergie est déjà prévu dans le projet d'usine de Translait).*
- *Le second réseau de chauffage fournirait quant à lui les besoins de chaleur et de froid standard des bâtiments du site d'Elanco et du village de Saint-Aubin à des niveaux de température conventionnels (80 à 90°C pour la chaleur, 10°C pour le froid). La production de ce second réseau serait située dans la centrale d'énergie existante. Seule le réseau de distribution de chaleur serait étendue jusqu'au village de Saint-Aubin pour alimenter les preneurs.*

2.1 Ressources utilisées pour la production d'énergie

Les ressources utilisées pour la production centralisée de :

- > chaleur sont essentiellement renouvelables ;
- > froid sont majoritairement renouvelables.

Note 1 : par « essentiellement », on entend que les besoins énergétiques du site seront couverts à hauteur d'au moins 75% par des énergies renouvelables (soit le bois, la géothermie, l'aérothermie, le solaire thermique, le biogaz) ou des rejets de chaleur (procédés, eaux usées, STEP).

Note 2 : Par majoritairement, on entend que les besoins seront couverts à hauteur d'au moins 51% par des énergies renouvelables (y compris électricité renouvelable produite sur place).

Le recours à des ressources non renouvelables doit être limité au strict minimum en quantité et durée. Elles représentent uniquement un appoint et offrent un secours partiel aux ressources renouvelables.

Sur base d'un rapport d'expert, il doit être prouvé que le procédé de production d'énergie et la ressource non renouvelable l'alimentant répondent, dans les limites du techniquement faisable et de l'économiquement rationnel, aux exigences cumulatives suivantes :

- > l'efficacité la plus élevée possible ;
- > la quantité d'émissions de gaz à effet de serre la plus faible possible.

Note 1 : le but ici est de proscrire un éventuel appoint énergétique fossile au mazout, puisque le gaz est moins polluant.

Note 2 : le caractère « économiquement irrationnel » ne peut être admis si les coûts externes de l'agent énergétique utilisé n'ont pas été pris en compte.

3 Chauffage à distance

3.1 Localisation

Le raccordement au réseau de distribution d'énergie du chauffage à distance est obligatoire pour toute construction. Une dérogation à ce principe est permise si et seulement si le consommateur en question nécessite une quantité d'énergie considérable à des niveaux de température très élevés de type vapeur non compatibles avec un réseau de chauffage à distance standard. Dans ce dernier cas, le consommateur peut assurer sa propre consommation d'énergie via un réseau dédié.

Une centrale de chauffage à distance s'implante au sein du périmètre du PAC selon le principe fixé en plan annexé au règlement. Ledit principe est impératif, mais sa localisation est indicative.

3.2 Hauteur et emprise

La hauteur et l'emprise des cheminées du CAD sont réduites au minimum selon l'état de la technique disponible au moment de sa construction.

Si, au moment de la délivrance du permis d'occuper de la construction, le réseau CAD ne permet pas la fourniture d'énergie au point de raccordement, le requérant assure temporairement sous une autre forme l'alimentation de ladite construction. La mise en service définitive du raccordement doit intervenir au maximum une année à partir de la mise en service du CAD à proximité directe de la construction.

4 Rejets de chaleur

Les rejets thermiques (chaleur et froid) qui n'ont pas pu être valorisés directement sur le lieu de production doivent être valorisés *a minima* au travers des réseaux de distribution d'énergie à distance.

Article 3 Autres réseaux

En cas de besoins de fluides particuliers (p.ex. air comprimé, eau adoucie, vapeur, etc.) pour une activité sise au sein du périmètre du PAC, une production/transformation centralisée et la constitution de réseaux de distribution/évacuation ad hoc doivent être systématiquement étudiées à l'échelle du périmètre du PAC.

En cas d'efficiences démontrées sur base d'un rapport d'expert, un réseau ad hoc doit être construit si techniquement faisable et économiquement rationnel.

Note : de manière générale, il est préférable de prévoir un approvisionnement des besoins de vapeur de manière décentralisée chez chaque preneur afin de minimiser autant que possible les pertes de distribution le long du réseau.

5. Catalogue de mesures

L'étude des besoins et des potentiels permet de recommander les actions suivantes pour la suite de la planification du projet :

1. L'estimation des besoins, bien que réalisée avec le plus grand soin, comporte des incertitudes élevées étant donné les données lacunaires mises à disposition ; cela est d'autant plus vrai que plus de 90% de la consommation énergétique du site serait due, d'après nos estimations, aux seuls besoins de procédés de l'entreprise Translait, dont l'installation sur le site n'est pas certaine ; les besoins énergétiques du site devraient donc être consolidés lorsque des précisions auront été apportées sur les entreprises qui s'installent et sur leurs besoins propres ;
2. Dans le cas où l'entreprise Translait s'implanterait sur le site, il semble opportun d'analyser de près la réalisation de deux chauffages à distance distincts :
 - a) Un chauffage à distance dédié au projet S de Translait, produisant de la vapeur à 16 bars (202°C), et fonctionnant avec un CCF au bois et au biogaz (l'un ou l'autre des gisements ne permettrait *a priori* pas d'atteindre une couverture de 75% des besoins, d'où le besoin de couplage de ces deux gisements renouvelables).
 - Le gisement bois serait issu des ressources locales du site, de la Grande Caricaie et des forêts publiques et privées alentours.
 - Le biogaz pourrait être produit par l'usine de Translait (quantité de biogaz à définir). Le cas échéant, le solde des besoins de chaleur serait fourni par le gaz. L'utilisation de mazout devrait quant à lui être proscrit.
 - b) Un chauffage à ≈90°C dédié aux besoins de chaleur « standards » du site ainsi qu'aux besoins de la Commune de Saint-Aubin. L'intérêt de prévoir des chaudières CCF devra être étudié, même si le contexte paraît moins favorable que pour l'usine de Translait.
 - Le gisement bois serait issu des ressources locales du site, de la Grande Caricaie et des forêts publiques et privées alentours.
 - Le cas échéant, le solde des besoins de chaleur serait fourni par le gaz. L'utilisation de mazout devrait quant à lui être proscrit.
3. Une fois les besoins énergétiques consolidés, nous recommandons fortement la réalisation d'une étude de faisabilité ayant pour objet de (i) pré-dimensionner plusieurs solutions d'approvisionnement et (ii) de les comparer d'un point de vue technico-économique ;
4. Enfin, nous recommandons la réalisation d'une analyse pinch sur les procédés industriels de chaque entreprise venant s'installer sur le site, l'expérience ayant montré que ce genre d'analyse permet souvent de réaliser des économies d'énergie importantes avec des investissements faibles à modérés.

6. Proposition de variantes d’approvisionnement

À la vue de l’importance du potentiel des gisements renouvelables présents sur le site, nous envisageons un système d’approvisionnement basé sur le tableau suivant. Pour couvrir 100% des besoins, toutes les systèmes de production se cumulent.

Gisement	Potentiel de couverture de la consommation annuelle					
	CHALEUR STANDARD	FROID STANDARD	ELECTRICITE STANDARD	CHALEUR PROCÉDÉS	FROID PROCÉDÉS	ELECTRICITE PROCÉDÉS
CAD vapeur : Couplage chaleur-force n°1 (base bois- énergie)	-	-	-	45% (59'240 MWh)	À étudier	37% (5'925 MWh)
CAD vapeur : couplage chaleur-force n°2 (base biogaz par méthanisation effluents Translait)	-	-	-	À étudier	À étudier	À étudier
CAD standard : Bois-énergie sans CCF	85% (6'450 MWh)	-	-	-	-	-
Solaire photovoltaïque	-	-	29% (2'805 MWh)	-	-	3% (485 MWh)
Solde gaz	15% (1'140 MWh)	-	-	55% (72'280 MWh)	-	-
Solde réseau électrique	-	100% (291 MWh électriques)⁵	71% (7'050MWh)	-	100% (5'100 MWh électriques)⁶	60% (9'780 MWh)

Tableau 26 : Suggestion d’une variante d’approvisionnement sur la base des gisements renouvelables disponibles

Gisement	Potentiel de couverture de la consommation annuelle					
	CHALEUR STANDARD	FROID STANDARD	ELECTRICITE STANDARD	CHALEUR PROCESS	FROID PROCESS	ELECTRICITE PROCESS
CAD vapeur : Couplage chaleur-force n°1 (base bois-énergie)	-	-	-	45%	A étudier	37%
CAD vapeur : couplage chaleur-force n°2 (base biogaz par méthanisation effluents Translait)	-	-	-	A étudier	A étudier	A étudier
CAD standard : Bois-énergie sans CCF	85%	-	-	-	-	-
Solaire photovoltaïque	-	-	29%	-	-	3%
Solde gaz	15%	-	-	55%★	-	-
Solde réseau électrique	-	100%★	71%★	-	100%★	60%★

Tableau 27 : Vue synoptique d’une variante d’approvisionnement avec indication des pistes d’amélioration par pictogrammes

⁵ Avec EER de 3.0

⁶ Avec EER 2.25

Le Tableau 27 met en évidence le taux de couverture envisageable des différents gisements renouvelables et le solde nécessaire des gisements non renouvelables (gaz et électricité du réseau) pour fournir le reste en énergie (les besoins de la Commune de Saint-Aubin ne sont pas comptabilisés).

On constate que plusieurs pistes peuvent être suivies afin de réduire les parts de couverture des gisements non renouvelables. Ces pistes peuvent se cumuler en fonction des opportunités.

★ La part de couverture des besoins de chaleur de procédés par le gaz naturel est élevée (55%) et représente la fourniture de 72'280 MWh de chaleur, ce qui est considérable. Cette quantité de chaleur pourrait être fournie, si cela est possible, au moins en partie, par un CCF utilisant du biogaz produit par la méthanisation des effluents de Translait ;

★ Le même raisonnement prévaut pour le taux de couverture de 60% des besoins électriques (9'780 MWh), puisque le CCF au biogaz fournirait de l'électricité renouvelable ;

★ La part de couverture de l'intégralité des besoins de froid de procédés par le réseau électrique (5'100 MWh électriques) pourrait être réduite par la mise en place de CCF de type trigénération sur le CFF bois-énergie et sur le CFF biogaz mentionnés ci-dessus ;

★ Le solde des besoins électriques à couvrir par le réseau devrait faire l'objet d'une souscription à contrat de fourniture d'électricité verte car il encourage la production d'électricité renouvelable au niveau national.

7. Conclusions

Les chapitres précédents amènent les conclusions suivantes :

1. L'estimation des besoins comporte des incertitudes élevées étant donné les données lacunaires mises à disposition, d'autant plus que l'installation de l'entreprise Translait sur le site n'est pas certaine ; les besoins énergétiques du site devraient donc être consolidés lorsque des précisions auront été apportées sur les entreprises qui s'installent et sur leurs besoins propres ;
2. Les besoins énergétiques du site dépendent essentiellement des besoins de procédés du projet S de l'entreprise Translait : l'approvisionnement en chaleur, froid et électricité du site doit donc d'abord être pensé par rapport à ce consommateur majoritaire ;
3. La production de la chaleur nécessaire aux besoins de la commune de Saint-Aubin n'est pas un facteur de complication : celle-ci devrait être prévue dans la centrale de production d'énergie existante ;
4. Les gisements renouvelables du site sont prometteurs, notamment grâce à la quantité de bois local et régional qui peut être mobilisé pour couvrir une part importante des besoins de chaleur du site ;
5. Le potentiel en bois-énergie local et régional devrait inciter à l'installation d'un chauffage à distance classique fonctionnant à environ 90°C et alimenté par des plaquettes forestières dans la centrale énergétique existante ; ce CAD servirait à couvrir les besoins de chaleur standards du site et les besoins de chaleur de la Commune de Saint-Aubin ;
6. Un second réseau de chauffage à distance fonctionnant avec un CCF au bois est nécessaire à proximité de l'usine Translait pour assurer au moins en partie les besoins de chaleur à très haute température (202°C) ;
7. La capacité de production de biogaz de l'usine Translait devrait être étudiée via une analyse de faisabilité afin de maximiser la part de couverture renouvelable des besoins de chaleur liés aux procédés : si la faisabilité est confirmée, un second CCF fonctionnant au biogaz pourrait soutenir le 1^{er} CCF fonctionnant au bois pour assurer le solde ou une partie du solde des besoins de vapeur de l'usine Translait ;

8. Les deux CCF approvisionnant l'usine de Translait pourraient être rendus plus efficaces par deux installations de trigénération, ce qui permettrait d'assurer une partie des besoins de froid de l'usine ; une étude de faisabilité, couplée à celle liée à la possibilité de méthaniser les effluents de l'usine, devrait être diligentée ;
9. Des panneaux solaires photovoltaïques doivent être prévus sur l'intégralité des surfaces de toitures plates disponibles du site, ainsi que, si possible, sur la plupart des façades bien exposées (y compris sur l'usine de Translait).

CSD INGENIEURS SA



Laurent IDOUX
Directeur de succursale

er Phidias MARCO
Responsable d'activité planification énergétique territoriale

COREFERENT

Fabrice ROGNON, Responsable domaine Énergie Suisse romande

AUTRES COLLABORATEURS AYANT TRAVAILLE SUR L'ETUDE

Nicole CALAME, cheffe de projet adjointe, ingénieure en systèmes énergétiques

Stéphane STUDER, hydrogéologue

Joaquim PERRENOUD, géologue

**ANNEXE A EXTRAITS DE LA LOI SUR L'ENERGIE FRIBOURGEOISE
DU 9 JUIN 2000 (770.1)**

Art. 1 But

al. 1 « Dans la perspective du développement durable, la présente loi a pour but de contribuer à un approvisionnement énergétique suffisant, diversifié, sûr, économique et compatible avec les impératifs de la protection de l'environnement et de l'aménagement du territoire. »

al. 2 « A cet effet, elle vise à :

- a) Assurer une production et une distribution de l'énergie économiques, compatibles avec les impératifs de la protection de l'environnement ;
- b) Promouvoir l'utilisation économe et rationnelle de l'énergie ;
- c) Encourager le recours aux énergies renouvelables ;
- d) Favoriser l'utilisation des énergies indigènes. »

al. 3 « Elle veille à assurer le respect du principe de la subsidiarité des interventions étatiques, conformément à la législation fédérale. »

Art. 3 Principes

al. 1 « Des mesures ne peuvent être ordonnées que si elles sont réalisables sur le plan technique et de l'exploitation et économiquement supportables ; les intérêts publics prépondérants doivent être préservés.»

al. 2 « Les aspects économiques sont notamment traités sur la base de calculs de rentabilité prenant en compte les coûts externes de l'énergie. »

al. 3 « Si des dérogations doivent être accordées, elles sont liées à des charges ou des conditions particulières ou, à défaut, à des mesures compensatoires. »

Art. 5 Devoir de l'État et des communes

al. 4 « Pour tous les nouveaux bâtiments construits à compter de l'entrée en vigueur de la présente disposition, l'État et les communes utilisent des moyens de production de chaleur destinée au chauffage et à l'eau chaude sanitaire neutres du point de vue des émissions de CO₂. »

al. 5 « Si le recours à une production de chaleur neutre en CO₂ n'est techniquement, économiquement ou écologiquement pas possible, une compensation équivalente doit être effectuée prioritairement par l'assainissement de la production de chaleur d'un bâtiment existant consommant une énergie fossile ou par des mesures visant à réduire d'autant les besoins de chaleur sur un ou des bâtiments existants. »

al. 6 « Pour leurs propres besoins en électricité, les bâtiments de l'État et des communes sont progressivement alimentés par les entreprises d'approvisionnement en électricité au moyen de courant vert labellisé « Naturemade star », ou équivalent, produit dans le canton. »

Art. 9 Prescriptions communales particulières

al. 1 « Pour tout ou partie de leur territoire, les communes peuvent introduire dans leur plan d'affectation des zones et sa réglementation les obligations suivantes pour la construction, la transformation ou le changement d'affectation de bâtiments :

- a) l'utilisation d'un agent énergétique déterminé ;
- b) des exigences accrues en matière d'utilisation rationnelle de l'énergie et de valorisation des énergies renouvelables ;
- c) le raccordement des bâtiments à un réseau de chauffage à distance alimenté essentiellement par des énergies renouvelables et/ou des rejets de chaleur, y compris la chaleur produite par des couplages chaleur-force. »

al. 2 « Les communes peuvent prescrire, dans la réglementation afférente au plan d'affectation des zones, que soit construite une centrale de chauffage ou une centrale thermique commune à un groupe d'immeubles ou à un quartier. »

al. 3 « Le raccordement à un réseau de chaleur à distance ou à une centrale de chauffage commune ne peut être rendu obligatoire pour un bâtiment dont les besoins en chauffage et en eau chaude sont couverts à 75% au moins par des énergies renouvelables. »

Art. 13a Chauffage et eau chaude – nouvelles installations

al. 1 « Les nouveaux bâtiments, privés ou publics, ainsi que les bâtiments publics soumis à un assainissement du système de production d'eau chaude doivent couvrir une part minimale de 50% des besoins en eau chaude par les énergies renouvelables ou la récupération de chaleur. »

Art. 16 Ventilation et Climatisation

al. 2 « Le montage d'installations de refroidissement et de climatisation de locaux est soumis à autorisation délivrée par le Service. »

al. 3 « Dès le 1^{er} janvier 2015, les installations de production de froid, nouvelles ou assainies, destinées à l'amélioration du confort d'exploitation d'un bâtiment, doivent être alimentées exclusivement par des énergies renouvelables produites sur le site. Une production d'énergie équivalente, réalisée au moyen d'une installation solaire photovoltaïque implantée en dehors du site, est possible si des raisons techniques l'imposent. »

Art. 17 Récupération de chaleur

« Les rejets de chaleur engendrés notamment par les nouvelles installations des exploitations industrielles ou artisanales, par les installations d'extraction mécanique de l'air, de ventilation, de refroidissement et de climatisation ainsi que par les installations productrices d'électricité doivent être valorisés. »

**ANNEXE B EXTRAITS DU REGLEMENT D'APPLICATION DU 5 MARS
2001 (770.11)**

Art. 1 Champ d'application

al. 1 « Le règlement s'applique :

- a) aux bâtiments à construire destinés à être chauffés, réfrigérés ou humidifiés ;
- b) aux transformations et changements d'affectation de bâtiments existants destinés à être chauffés, réfrigérés ou humidifiés ;
- c) au montage de nouvelles installations du bâtiment destinées à la production et à la distribution de chaleur, de froid, d'eau chaude et d'air ;
- d) au remplacement, à la transformation ou à la modification des installations du bâtiment ;
- e) à la conception et à l'exploitation des bâtiments appartenant à l'État et aux communes ;
- f) aux installations du bâtiment et mesures appliquées pouvant bénéficier d'une subvention dans le cadre de la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables et de l'utilisation rationnelle de l'énergie. »

al. 2 « En principe, la réalisation de constructions annexes et les transformations s'apparentant à la construction sont assimilées à des bâtiments à construire. À ce titre, elles doivent répondre aux exigences fixées pour ceux-ci. »

Art. 3 Définitions

al. 1 « Les définitions formulées dans la recommandation en vigueur SIA 380/1 sont applicables, pour autant qu'elles apparaissent de manière analogue dans le présent règlement. »

al. 2 « Au sens du présent règlement, on entend par :

- a) Bâtiment : ouvrage construit, fondé dans le sol ou reposant en surface, de facture artificielle, appelé à durer, offrant un espace plus ou moins totalement clos destiné à protéger les gens et les choses des effets extérieurs, notamment atmosphériques. Répondent également à cette définition les constructions mobiles, pour autant qu'elles stationnent au même endroit pendant une durée prolongée.
- b) Installation : objet de facture artificielle, fondé dans le sol ou reposant en surface, appelé à durer, mais ne constituant pas un bâtiment, par exemple : rampes, places de parc, terrains de sport, champs de tir, téléphériques, etc.
- c) Installations du bâtiment : dispositifs en rapport avec un bâtiment et qui sont liés de façon significative à la consommation d'énergie.
- d) Transformations : un élément de construction est dit « touché par les transformations » si sont entrepris des travaux plus importants qu'un simple toilettage ou des réparations mineures.
- e) Modification : une installation du bâtiment est dite « touchée par la modification » si sont entrepris des travaux ou des réglages allant au-delà de l'entretien et de la maintenance ou des réparations mineures.
- f) Changement d'affectation : un élément de construction est dit « touché par le changement d'affectation » si ce dernier entraîne une différence de température en admettant des conditions normales d'utilisation. »

Art. 5 Exigences concernant la protection thermique en hiver

al. 1 « Les exigences requises en matière d'isolation thermique des constructions se fondent sur la norme en vigueur SIA 380/1 « L'énergie thermique dans le bâtiment ». Elles ne s'appliquent toutefois pas aux chambres froides et de congélation, ni aux serres artisanales et agricoles, ni aux halles gonflables. »

al. 2 « Le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage s'effectue avec les données climatiques de la station de Bern-Liebefeld, pour les bâtiments situés à une altitude égale ou inférieure à 900 mètres, et de celle d'Adelboden, pour les bâtiments situés à une altitude supérieure à 900 mètres. »

Art. 9a Principe

« Les bâtiments à construire et les extensions (surélévation, annexes, etc.) doivent être érigés et équipés de sorte que les énergies non renouvelables ne couvrent pas plus de 80% des besoins de chaleur admissibles pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire. »

Art. 9b Méthode de calcul

al. 1 « Les besoins de chaleur admissibles pour les bâtiments à construire s'obtiennent en additionnant la valeur limite des besoins de chaleur pour le chauffage et celle pour l'eau chaude sanitaire déterminées en fonction des conditions normales d'utilisation de la norme SIA 380/1. »

al. 2 « Dans les bâtiments équipés d'installations mécaniques de ventilation, le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage peut se faire en fonction des besoins énergétiques réels pour la ventilation de confort, en incluant les besoins d'énergie pour le transport d'air. Le débit d'air neuf total doit alors être au moins égal à celui qui est défini dans les conditions normales d'utilisation de la norme SIA 380/1. »

al. 3 « L'électricité est pondérée par un facteur 2. »

Art. 11 Chauffe-eau et accumulateur de chaleur

al. 1 « L'isolation thermique des chauffe-eau ainsi que celles des accumulateurs d'eau chaude sanitaire et de chaleur pour lesquelles aucune exigence légale n'est fixée par le droit fédéral doivent respecter les épaisseurs indiquées dans l'annexe 1. »

al. 2 « Les chauffe-eau doivent être réglés sur une température d'exploitation n'excédant pas 60 degrés Celsius. Des raisons d'exploitation ou d'hygiène peuvent toutefois justifier des exceptions. »

al. 3 « Les nouveaux bâtiments privés ou publics, ainsi que les bâtiments publics soumis à un assainissement du système de production d'eau chaude doivent couvrir une part minimale de 50% des besoins en eau chaude par les énergies renouvelables ou la récupération de chaleur. »

al. 4 « L'énergie électrique utilisée en appoint à la production d'eau chaude ou au fonctionnement des moyens de production de l'eau chaude, par exemple pour le fonctionnement d'une pompe à chaleur, doit être pondérée avec un facteur 2. »

Art. 12 Distribution de chaleur

al. 1 « Les systèmes d'émission de chaleur neufs ou mis à neuf doivent être dimensionnés et exploités de manière que les températures de départ ne dépassent pas 50 degrés Celsius, ou 35 degrés Celsius pour les chauffages au sol, lorsque la température extérieure atteint la valeur servant au dimensionnement. Sont dispensés le chauffage de halles au moyen de panneaux rayonnants ainsi que les systèmes de chauffage de serres et des constructions semblables à la condition qu'elles réclament effectivement une température de départ plus élevée. »

Art. 15 Installations de ventilation

al. 1 « Les installations de ventilation à double flux doivent être munies de récupérateurs de chaleur : »

al. 2 « Les installations simples d'air repris des locaux chauffés doivent être équipées d'un dispositif d'amenée d'air neuf contrôlé et d'un récupérateur de chaleur ou d'un dispositif de valorisation de la chaleur de l'air repris, et ce à condition que le volume d'air extrait représente plus de 1000m³/h et que le temps d'exploitation dépasse 500 heures par année. Dans le cas de plusieurs installations simples d'air repris, distinctes mais sises dans un même immeuble, celles-là doivent être considérées comme une seule installation. »

al. 3 « La vitesse de l'air, rapportée à la section nette, doit être inférieure à 2 m/s dans les appareils et ne pas dépasser la vitesse suivante dans les gaines de distribution :

jusqu'à	1 000	m ³ /h :	3 m/s
jusqu'à	2 000	m ³ /h :	4 m/s
jusqu'à	4 000	m ³ /h :	5 m/s

jusqu'à 10 000 m³/h : 6 m/s
plus de 10 000 m³/h : 7 m/s »

al. 4 « Des vitesses de l'air supérieures peuvent être admises si un calcul professionnel de la consommation énergétique permet de prouver que ce dépassement n'entraîne pas de consommation supplémentaire ou si elles sont inévitables du fait de conditions spécifiques aux locaux ou si l'installation fonctionne moins de 1000 heures par année. »

al. 5 « Les installations de ventilation desservant des locaux ou des groupes de locaux aux affectations sensiblement différentes doivent comprendre des dispositifs permettant une exploitation séparée. »

Art. 16 Installations de réfrigération et/ou d'humidification de l'air

al. 1 « Le montage de nouvelles installations ou le remplacement d'installations existantes de refroidissement et/ou d'humidification, ou de déshumidification, est toujours admis dès l'instant où la puissance électrique nécessaire au transport et au traitement des fluides, y compris la puissance nécessaire au refroidissement, à l'humidification, à la déshumidification et au traitement de l'eau n'excède pas 7 W/m² dans les bâtiments à construire ou 12 W/m² dans les bâtiments existants. »

al. 2 « Pour les installations de refroidissement de confort qui ne respectent pas les exigences de l'alinéa 1, les températures de l'eau froide et les coefficients de performance pour la production de froid doivent être dimensionnés et exploités selon l'état de la technique. »

al. 3 « Pour les installations qui ne respectent pas les exigences de l'alinéa 1, l'éventuelle humidification doit être dimensionnée et exploitée selon l'état de la technique. »

al. 4 « L'exigence formulée à l'article 16 al. 3 de la loi du 9 juin 2000 sur l'énergie est respectée si les besoins de froid sont couverts par des énergies renouvelables, notamment le solaire photovoltaïque, la géothermie, l'eau du lac ou de la nappe phréatique, valorisées sur le site. L'installation de production de froid visée à l'article 16 al. 3, 2^e phrase de la loi du 9 juin 2000 sur l'énergie sera alimentée par une installation solaire photovoltaïque implantée dans le canton. »

Art. 16a Énergie électrique dans les grands bâtiments

al. 1 « Dans les bâtiments à construire ou lors de transformations et de changements d'affectation d'une surface de référence énergétique supérieure à 1000 m², le respect des valeurs limites des besoins d'électricité annuels pour l'éclairage E'_{Li} et la ventilation E'_v ou la ventilation /climatisation E'_{VCH} , selon la norme SIA 380/4 « L'énergie électrique dans le bâtiment », doit être justifié. Les parties habitations des bâtiments ne sont pas concernées par ces dispositions. »

al. 2 « Éclairage : s'il est démontré que la valeur cible de la puissance spécifique pour l'éclairage p_{Li} est respectée, on peut renoncer à justifier le respect de la valeur limite de la consommation annuelle d'électricité pour l'éclairage. »

al. 3 « Ventilation : s'il est démontré que la valeur limite de la puissance spécifique pour la ventilation p_v est respectée, on peut renoncer à justifier le respect de la valeur limite de la consommation annuelle d'électricité pour la ventilation. On peut renoncer à la justification pour la ventilation quand la surface nette ventilée est inférieure à 500 m². »

al. 4 « Ventilation et climatisation : s'il est démontré que la puissance électrique pour la ventilation et la climatisation est inférieure à 7 W/m² pour une nouvelle installation, ou inférieure à 12 W/m² pour une installation existante ou assainie, on peut renoncer à justifier le respect de la valeur limite de la consommation annuelle d'électricité pour la ventilation et la climatisation. »