

La Compagnie de Phalsbourg

22 place Vendôme

75001 PARIS



ETUDE DE FAISABILITE

DATA HILLS

Note valorisation Geothermie

Date : 20/03/2023

Référence : I-TD20087-39B



171 Bis rue de Charenton
75012 PARIS

Tél : 01 80 05 12 00 – Fax : 01 80 05 12 29

e-mail : capingelec75@capingelec.com
Internet : www.capingelec.com

Fiche d'Identification du document

La Compagnie de Phalsbourg

22 place Vendôme
75001 PARIS

ETUDE DE FAISABILITE

DATA HILLS

Note valorisation Geothermie

N° affaire I-TD20087
Date (*dernier indice*) 20/03/2023
Référence / indice I-TD20087-39B
Nom du fichier I-TD20087-39B - Note valorisation géothermie
Nombre pages document 12

Indice	Date	Sommaire des modifications	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
A	13/03/2023	Première émission	<input checked="" type="checkbox"/> E. ROSSUM	VAN <input checked="" type="checkbox"/> F. VIRIAT	<input checked="" type="checkbox"/> E. SLAMA
B	20/03/2023	Mise à jour suite Réunion du 14/03	<input checked="" type="checkbox"/> E. ROSSUM	VAN <input checked="" type="checkbox"/> F. VIRIAT	<input checked="" type="checkbox"/> E. SLAMA
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

: Document vérifié / approuvé

SOMMAIRE

1	OBJET	4
2	SCHEMA DIRECTEUR ENERGETIQUE	4
2.1	CARACTERISTIQUES DE L'AQUIFERE	4
2.2	PRINCIPE	6
3	CARACTERISTIQUES DES GROUPES A ABSORPTION	6
3.1	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT	6
3.2	CARACTERISTIQUES TECHNIQUES / LIMITES DE FONCTIONNEMENT	7
4	IMPACTS SUR LE PROJET	9
4.1	PLAN MASSE / PERMIS DE CONSTRUIRE	9
4.2	ICPE	10
4.3	INVESTISSEMENT	10
4.4	CONSOMMATION D'EAU	11
5	CONCLUSION	12

1 OBJET

L'objet de la présente note est d'étudier la possibilité d'utiliser la géothermie comme source énergétique pour la production d'eau de refroidissement du datacenter.

2 SCHEMA DIRECTEUR ENERGETIQUE

L'objectif du schéma directeur est d'utiliser au maximum l'opportunité de site, c'est-à-dire la présence d'une source géothermique (doublet sur le dogger).

2.1 Caractéristiques de l'aquifère

Températures

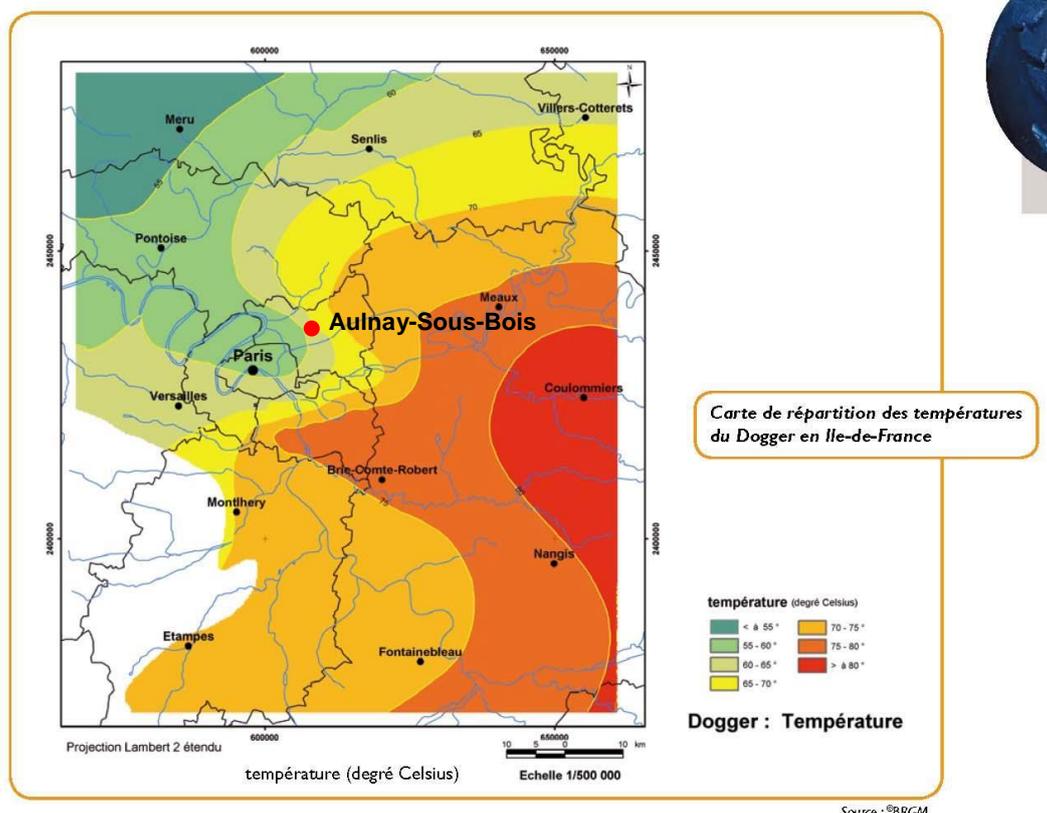
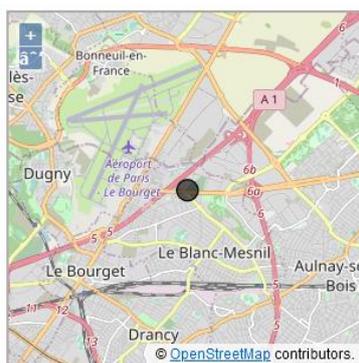


Figure 1 – Carte potentiel du Dogger

Il existe déjà des projets aux alentours d'Aulnay-Sous-Bois qui tirent à profit la présence de cette source de géothermie. Ci-après sont les données de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie suite à l'exploitation de cette source :



Paramètres de l'aquifère capté																		
Profondeur toit réservoir (m/sol)	Profondeur forage (m/sol)	Longueur forée sabot (md)	Longueur forée totale (md)	Azimut	Inclinaison	Type de complétion	Aquifère capté	Etage géologique	Lithologie	Top perforation ou crépine (m/sol)	Bas perforation ou crépine (m/sol)	Epaisseur totale captée (m)	Epaisseur productrice (m)	Transmissivité intrinsèque (Dm)	Transmissivité hydraulique (m ² /s)	Température (°C)	Pression de gisement (bars)	Salinité (g/l)
-1676.5	-	2048.2	2267.0	78.2	45.08	trou nu	Dogger (Bathonien-Bajocien)	Jurassique moyen	calcaire	-	-	39.9	7.5	50.0	-	69.4	175.0	26.3
-1636.2	-	1984.0	2198.0	259.58	43.38	trou nu	Dogger (Bathonien-Bajocien)	Jurassique moyen	calcaire	-	-	60.9	16.3	106.0	-	64.4	171.7	26.4

Figure 2 – Caractéristiques Puits du Blanc Mesnil (Dogger)

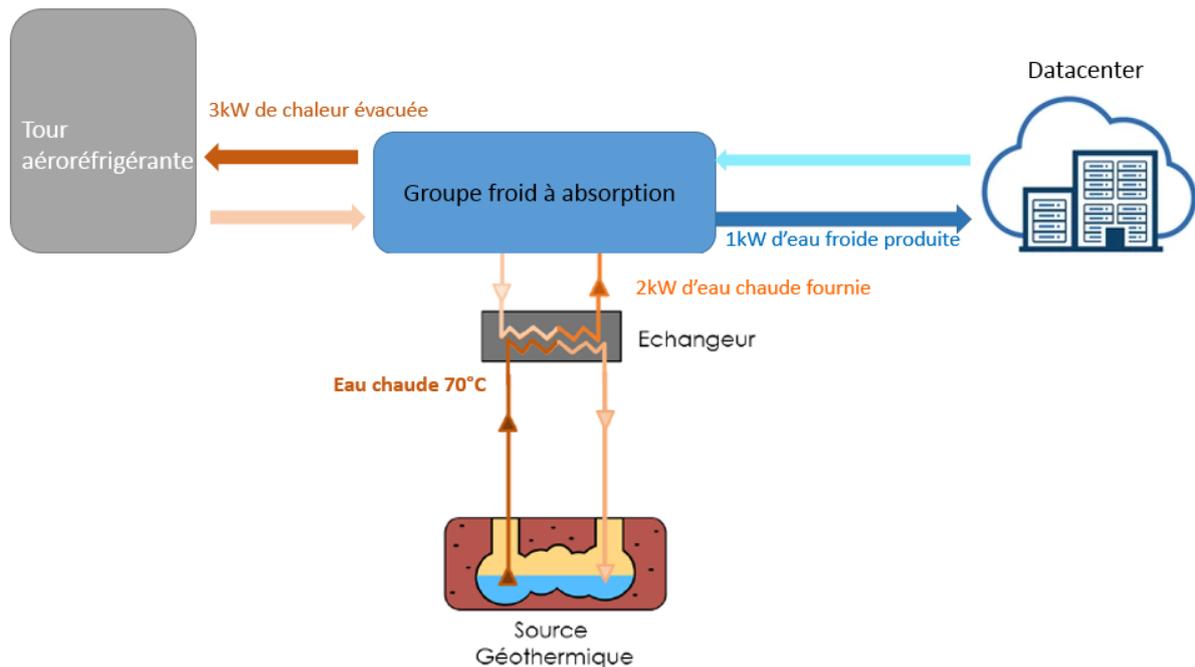


Paramètres de l'aquifère capté																		
Profondeur toit réservoir (m/sol)	Profondeur forage (m/sol)	Longueur forée sabot (md)	Longueur forée totale (md)	Azimut	Inclinaison	Type de complétion	Aquifère capté	Etage géologique	Lithologie	Top perforation ou crépine (m/sol)	Bas perforation ou crépine (m/sol)	Epaisseur totale captée (m)	Epaisseur productrice (m)	Transmissivité intrinsèque (Dm)	Transmissivité hydraulique (m ² /s)	Température (°C)	Pression de gisement (bars)	Salinité (g/l)
-1686.0	-	1993.0	2151.0	14.2	39.5	trou nu	Dogger (Bathonien-Bajocien)	Jurassique moyen	calcaire	-	-	81.1	15.1	46.0	-	73.6	176.0	28.6
-1692.7	-	1999.0	2145.0	252.5	44.75	trou nu	Dogger (Bathonien-Bajocien)	Jurassique moyen	calcaire	-	-	40.6	20.3	109.0	-	72.7	176.0	26.3

Figure 3 - Caractéristiques du puits de Villepinte (Dogger)

On peut donc estimer la température de l'eau pouvant être chauffé grâce à la géothermie à 70°C.

2.2 Principe



3 CARACTERISTIQUES DES GROUPES A ABSORPTION

3.1 Principe de fonctionnement

La machine frigorifique à absorption se divise en quatre composants principaux :

- l'évaporateur,
- l'absorbeur,
- le concentrateur,
- le condenseur.

Dans l'évaporateur, le réfrigérant (ici de l'eau) est pulvérisé dans une ambiance à très faible pression. L'évaporateur est parcouru par un circuit à eau. En s'évaporant, le réfrigérant soustrait sa chaleur à cette eau qui est ainsi refroidie.

Une partie du réfrigérant pulvérisé ne s'évapore pas et tombe dans le fond de l'évaporateur où elle est pompée pour être à nouveau pulvérisée.

La vapeur d'eau créée dans l'évaporateur est amenée à l'absorbeur. Il contient la solution absorbante (LiBr) qui est continuellement pompée dans le fond du récipient pour y être pulvérisée. Le LiBr absorbe la vapeur d'eau hors de l'évaporateur et y maintient ainsi la basse pression nécessaire à la vaporisation du réfrigérant.

Au fur et à mesure qu'elle absorbe la vapeur d'eau, la solution absorbante est de plus en plus diluée. Elle finirait par être saturée et ne plus rien pouvoir absorber.

La solution est donc régénérée dans le concentrateur. Elle est réchauffée par une batterie à eau chaude, provenant de la géothermie, soit ici 65°C, et une partie de l'eau s'évapore. La solution régénérée retourne à l'absorbeur.

Enfin, la vapeur d'eau extraite du concentrateur est amenée dans le condenseur, où elle est refroidie par une circulation d'eau froide. L'eau condensée retourne à l'évaporateur.

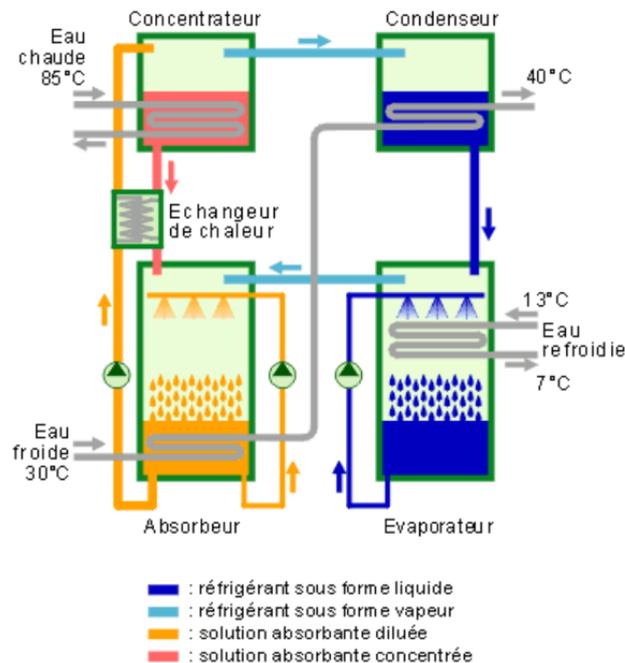


Figure 4 : principe de fonctionnement d'un groupe à absorption – source Energieplus

3.2 Caractéristiques techniques / limites de fonctionnement

Le projet nous impose certaines limites de fonctionnement quant à l'utilisation d'un groupe froid à absorption.

- Régime d'eau glacée nominal : 15/23°C
- Températures d'entrée condenseur 32/40°C
- Régime d'eau source chaude : 65°C / 57°C

Nous avons reçu de la part d'un fournisseur une proposition de modèle de groupe froid à absorption pouvant fonctionner dans les limites mentionnées.

**Hot Water Double-Lift Absorption Chiller
Specification Sheet**

Type		Hot Water Single-Effect Double-Lift Absorption Chiller	
Model		-	YHAU-CL1000DXS
Pressure Vessel Code		-	PED
Standard		-	GB / CE
Quantity		Unit	1
Capacity		kW	1,418
		USRT	403
COP		-	0.57
Chilled Water	Fluid	-	Fresh water
	Tube material	-	Normal (Copper)
	Connection (inlet / outlet)	A	125 / 125
	Inlet temperature	°C	23.0
	Outlet temperature	°C	15.0
	Flow volume	m3/h	153.0
	Pressure drop	kPa	50
	Pass	-	4 (2+2)
	Fouling factor	m2K/kW	0.0176
	Max. operating pressure	MPaG	1.0
Cooling Water	Fluid	-	Fresh water
	Tube material	-	Normal (Copper / SUS436LTB)
	Amount of heat	kW	3,924
	Connection (inlet / outlet)	A	250 / 250
	Inlet temperature	°C	32.0
	Outlet temperature	°C	40.0
	Flow volume	m3/h	424.8
	Pressure drop	kPa	102
	Pass	-	5 (1.5+1.5+0.7+1.3)
	Fouling factor	m2K/kW	0.044
Max. operating pressure	MPaG	1.0	
Driving heat source	Fluid	-	Hot Water (fresh water)
	Tube material	-	Normal (SUS436LTB)
	Amount of heat	kW	2,507
	Connection (inlet / outlet)	A	300 / 300
	Inlet temperature	°C	67.0
	Outlet temperature	°C	57.0
	Flow volume at inlet temp.	m3/h	220.0
	Pressure drop	kPa	57
	Pass	-	4 (2+1+1)
	Fouling factor	m2K/kW	0.0176
Max. operating pressure	MPaG	1.0	
Power	Power supply	-	AC400V 50Hz 3ph
	Electric capacity	kVA	Approx. 47.0
	Power consumption	kW	Approx. 37.6
Pump rated output	Solution pump	kW	7.5×2 + 5.5+3
	Refrigerant pump	kW	1.5
	Vacuum pump	kW	0.75
Weight	Shipping (w/o sol. and ref.)	ton	Approx. 38.2
	Operation	ton	Approx. 52.6
	Emergency	ton	Approx. 105
Outline dimension	Length	m	Approx. 9.88
	Width	m	Approx. 2.75
	Height	m	Approx. 3.45
Tube extracting space		m	9.00
Cold insulation area		m2	Approx. 45.0
Hot insulation area		m2	Approx. 54.0
Noise level		dB(A)	Approx. 85
Installation place		-	Indoor / non-hazardous

※There is a possibility that above table data is subject to variation with design progress.

※Lithium bromide solution and refrigerant shall be shipped separately.

Figure 5 – Sélection technique – Groupe à absorption

Les rendements de ce type de machine sont fortement dépendants de la température de la source chaude. Plus cette source possède une température élevée, plus le rendement s'élève également.

Dans le cas de la géothermie sur le Dogger, le rendement serait relativement faible (0,5 environ). Ceci implique que les dispositifs d'eau de refroidissement pour la condensation doivent être plus puissants (en l'occurrence plus nombreux).

A noter que ces équipements ont besoin de 30 minutes environ pour atteindre leur point de fonctionnement (stabilité du cycle chimique). Ce système, à lui seul, ne peut assurer la continuité de service requise pour une installation critique de type datacenter. Il sera nécessaire de lui adjoindre une production frigorifique plus agile.

4 IMPACTS SUR LE PROJET

4.1 Plan masse / permis de construire

- ❑ Nécessité d'une surface allouée aux groupes froids à absorption (identifiée au sous-sol)
 - Environ 164 m² / MW produit
- ❑ Nécessité d'une surface allouée à la production d'eau de refroidissement (tours de refroidissement ou aérorefroidisseurs adiabatiques)
 - Environ 244 m² / MW produit
- ❑ Réseaux VRD pour relier la géothermie aux groupes à absorption

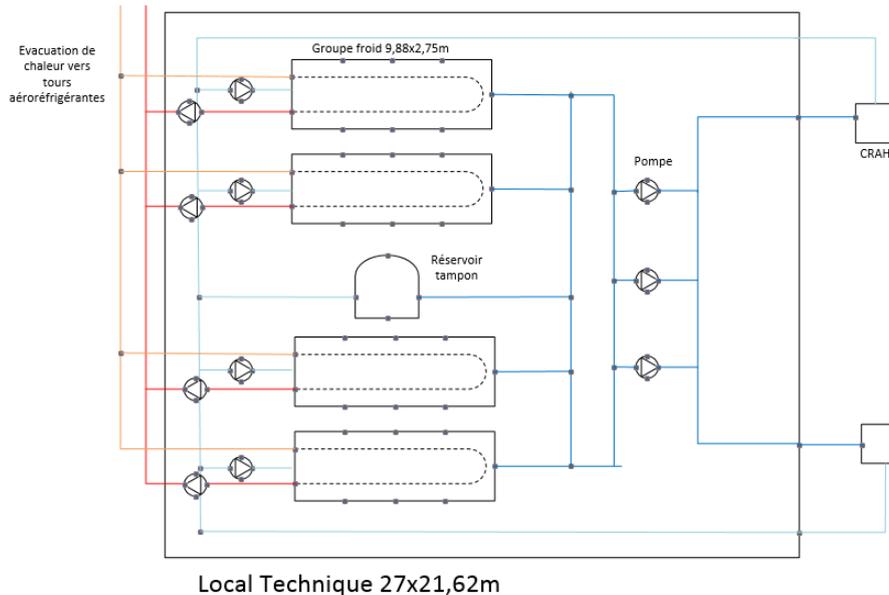


Figure 6: Plan hypothétique pour un local de Groupe froid à absorption avec une production de 4MW

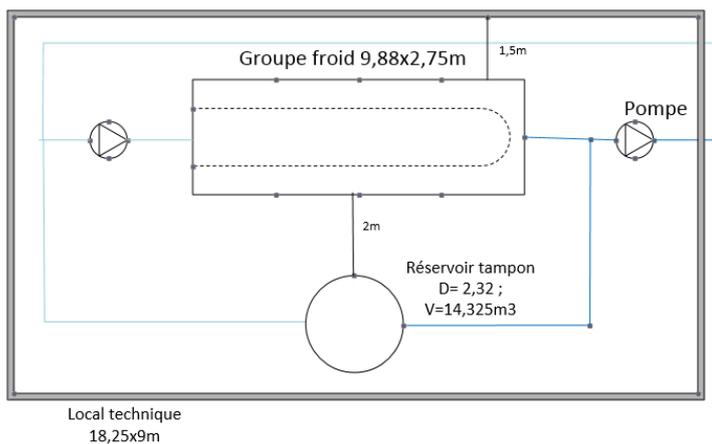


Figure 7 : Espace nécessaire pour produire un MW d'eau froide

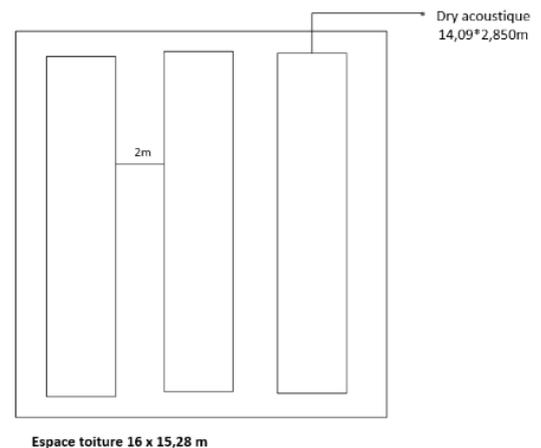


Figure 8 : Espace toiture nécessaire pour évacuer 3MW de chaleur, soit un groupe froid

4.2 ICPE

- ❑ Prise en compte de l'ICPE 2921 par l'ajout d'aéroréfrigérateurs adiabatiques

4.3 Investissement

- ❑ Groupes à absorption : 600 000 € /MW
- ❑ Dry adiabatiques : 500 000 € / MW produit
- ❑ Réseaux hydrauliques : 300 000 € / MW produit
- ❑ Réseaux source chaude : à déterminer suivant cheminement
- ❑ Locaux techniques : 100 000 € / MW produit

Soit une enveloppe d'1,5 M€ à 2 M€ par MW d'eau glacée produite.

Le futur exploitant de la géothermie nous a indiqué en première approximation pouvoir être capable de fournir 2,5MW d'énergie en heure creuse sur la période de mai à septembre via la géothermie, ce qui permet de produire 1,4MW d'eau glacée.

Données :

- ❑ 2725h de fonctionnement sur la plage 23h-7h et 10h-18h de mai à septembre.
- ❑ 3 dry adiabatiques nécessaires pour évacuer la chaleur
- ❑ Consommation électrique d'un dry : 38,8kW
- ❑ Consommation des pompes du GF à absorption 37,7kW
- ❑ Coût de l'énergie géothermique : 69€/MWh HT
- ❑ Coût électricité : 150€/MWh HT
- ❑ Prix du m3 d'eau : 4€/m3

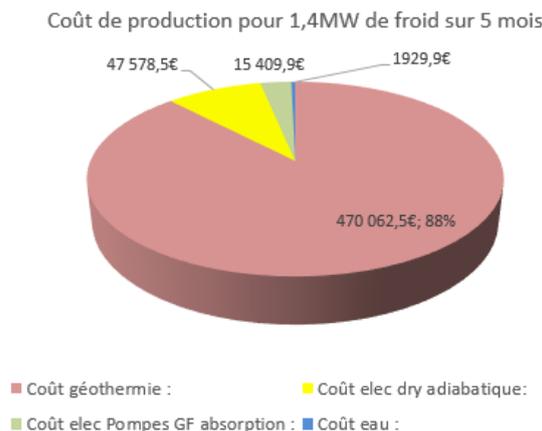


Figure 9 - OPEX (Consommations) de la production d'eau glacée par géothermie

Ce système ayant un COP de 0,56, nous obtenons un coût de l'énergie géothermique pour la production de 1MWh de froid de **123,11€/MWh**, et **138€/MWh** en ajoutant les coûts annexes, pour un coût total de **534 980,80€** sur 5 mois.

L'EER (Energy Efficiency ratio) est un coefficient qui caractérise la performance d'une installation frigorifique pour 1MW d'énergie fournie. A titre de comparaison, avec une installation classique de groupe froid à compression (condensation par air) dans les mêmes conditions et pour la même demande, l'EER obtenu se situe en moyenne à 7,30, le coût de la production d'un 1MWh de froid se situe donc à **31,07€/MWh**, pour un coût total de **87 074,80€**.

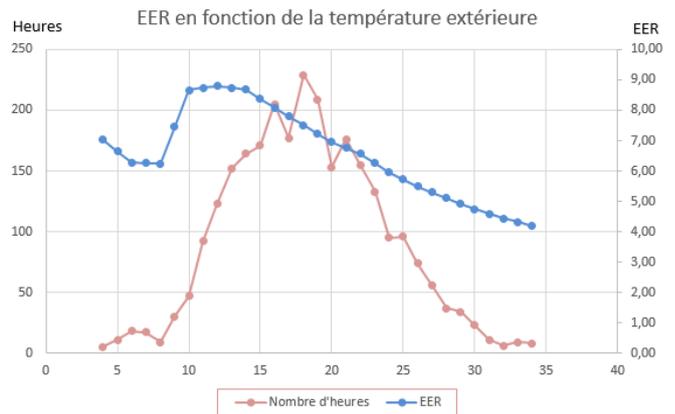


Figure 10 : EER en fonction de la température extérieure d'un GF à compression

Cependant, d'un point de vue de l'empreinte carbone, la solution géothermique est la plus intéressante.

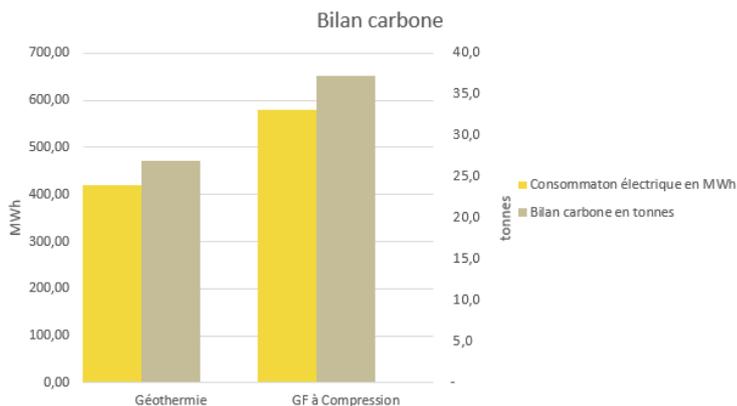


Figure 11 : Bilan carbone de la géothermie et d'un GF à compression

	Consommation électrique en MWh	Bilan carbone en tonnes
Géothermie	419,90	26,9
GF à Compression	580,5	37,2

Figure 11 : Valeur du bilan carbone

4.4 Consommation d'eau

- D'après les données fournisseur et les données atmosphériques d'Aulnay-Sous-Bois, la consommation d'eau estimée pour un dry est de 188 m³/an, soit environ 400 m³/an/ MW produit
- Sur la période de fonctionnement cité au-dessus et pour 3 dry, la consommation totale est de 482m³ d'eau de mai à septembre.

5 CONCLUSION

Compte tenu des limites de fonctionnement des machines, des incertitudes liées à la qualité de l'énergie disponible au niveau de la géothermie et des exigences de continuité de service du datacenter, nous recommandons d'utiliser la source géothermique comme appoint et non comme source principale pour la production d'eau de refroidissement du datacenter.

L'utilisation de la géothermie est beaucoup plus coûteuse pour produire du froid, cependant cela permet tout de même de limiter l'impact carbone de 29% par rapport à une solution plus classique de groupe froid à compression.