

## **ANNEXE 3 – ETUDE DE FAISABILITE D'APPROVISIONNEMENT EN ENERGIE**

14/06/2022	6881_HEL2_BAR_PC_NRJ_NTC								CV/FPI/GR	
DATE	N° PRO	PRO	EMET	PHA	N° LOT	LOT	TYPE	N° DOC	IND	AUTEUR

# Approvisionnement en énergie

HELIOS 2

16 AVENUE DU MARECHAL JUIN – 92360 MEUDON LA FORET

**NOTE TECHNIQUE**  
ETUDE DE FAISABILITE

Phase PC



GREEN SQUARE – Bât. C  
8 avenue Louis Pasteur  
92227 BAGNEUX Cedex

T. +33 (0)1 82 00 14 40  
F. +33 (0)1 82 00 14 41

contact@barbanel.fr  
www.barbanel.fr

# Sommaire

<b>1. - OBJET DE L'ETUDE</b>	<b>2</b>
<b>2. - PRESENTATION DU PROJET</b>	<b>2</b>
<b>3. - PRESENTATION DES SOLUTIONS</b>	<b>3</b>
3.1. - Système pressenti.....	3
3.2. - Solutions non étudiées.....	3
3.3. - Solutions étudiées.....	3
<b>4. - SYNTHESE DES RESULTATS</b>	<b>4</b>
<b>5. - CONCLUSION</b>	<b>5</b>
<b>ANNEXES</b>	<b>6</b>
<b>ANNEXE 1. - SYSTEME PRESSENTI</b>	<b>7</b>
A1. - Définition du système.....	7
<b>ANNEXE 2. - VARIANTE 1 : CHAUDIERES GAZ A CONDENSATION + GROUPES FRIGORIFIQUES EAU/EAU + DRYCOOLERS ADIABATIQUE + SOLAIRE THERMIQUE</b>	<b>8</b>
A2. - Définition du système.....	8
<b>ANNEXE 3. - VARIANTE 2 : PAC AIR / EAU REVERSIBLES + CHAUDIERE GAZ POUR L'ECS + SOLAIRE THERMIQUE</b>	<b>8</b>
A3. - Définition du système.....	8
<b>ANNEXE 4. - VARIANTE 3 : SYSTEME PRESSENTI + THERMOFRIGOPOMPE</b>	<b>9</b>
A4. - Définition du système.....	9



# Approvisionnement en énergie

**NOTE TECHNIQUE**  
PHASE PC

## **1. - OBJET DE L'ETUDE**

Cette note a pour objet de présenter une synthèse de l'étude de faisabilité des approvisionnements en énergie pour la construction d'un immeuble de bureaux situé à Meudon-La-Forêt et ce, conformément au décret du 30 octobre 2013 et à l'arrêté du 30 octobre 2013.

Cette étude est destinée à choisir la ou les sources d'énergie de la construction en raisonnant selon les indicateurs énergétiques, environnementaux et économiques. Les calculs de consommations ont été réalisés avec le logiciel ClimaWin version 4.8.14.2, moteur de calcul RT 2012 version 8.1.0.0.

## **2. - PRESENTATION DU PROJET**

L'opération est un bâtiment à usage principal de bureaux, avec un datacenter en infrastructure ; sa surface totale est de 32 700 m<sup>2</sup> SDP en superstructure. Il se compose comme suit :

- SS3 .....  Parc de stationnement
- SS2 .....  Parc de stationnement  
 Locaux techniques double hauteur  
 Datarooms double hauteur  
 Locaux stockage  
 Locaux déchets
- SS1 .....  Parc de stationnement  
 Locaux concessionnaires  
 Locaux stockage  
 Zones annexes cuisine
- RDC .....  Halls d'accueil  
 Zone accueil client  
 PCS  
 Cafétéria  
 Restaurant/scramble  
 Cuisine  
 Zone logistique  
 Salles de réunion
- R+1 .....  Zone accueil client  
 Services généraux  
 Bureaux
- R+2 à R+5 .....  Bureaux  
 « Plateformes »
- R+6 .....  Bureaux  
 Restaurant VIP  
 Cuisine VIP
- TT .....  Zone de démonstration client  
 Toiture extérieure non accessible comprenant CTA, moteurs de désenfumage, VMC, groupe froid de secours, aéroréfrigérants...



### **3. - PRESENTATION DES SOLUTIONS**

#### **3.1. - SYSTEME PRESENTI**

Pour l'approvisionnement en énergie du bâtiment, le système pressenti est le suivant : réseau de chaleur urbain de Vélizy et groupes frigorifiques eau/eau associés à des drycoolers adiabatiques.

La production d'ECS, de la zone restauration du RDC, est assurée par un système de panneaux solaires thermiques couplés à des ballons de stockage, reliés au réseau de chaleur urbain.

#### **3.2. - SOLUTIONS NON ETUDIEES**

Certaines variantes ne seront pas étudiées pour diverses raisons détaillées ci-après, à savoir :

##### **Chauffage au bois ou biomasse**

Un tel système est difficilement intégrable en raison de l'importance du site, qui impliquerait la construction d'une centrale bois.

##### **Éolien**

L'éolien pose un problème d'intégration à l'architecture, de respect du PLU, et peut être une source de nuisance acoustique.

##### **Energie hydroélectrique/marémotrice/marine**

Ce type de source n'est ni disponible, ni exploitable à proximité du site.

##### **Systèmes de cogénération**

Ces systèmes n'ont d'intérêt que si la demande de chaleur est constante sur une durée prolongée tout au long de l'année, ce qui n'est pas le cas d'un bâtiment de bureaux.

##### **Panneaux photovoltaïques**

Pour des raisons de sécurité du site, la mise en place de panneaux photovoltaïques en toiture est interdite par le futur utilisateur.

#### **3.3. - SOLUTIONS ETUDIEES**

Plusieurs solutions sont envisageables en variantes pour l'approvisionnement en énergie du site, soit :

- Système pressenti : réseau de chaleur de Vélizy + groupes frigorifiques eau/eau + drycoolers adiabatiques + solaire thermique
- Variante 1 : chaudières gaz à condensation + groupes frigorifiques eau / eau + drycoolers adiabatiques + solaire thermique
- Variante 2 : PAC air/eau réversibles + chaudière gaz à condensation pour l'ECS + solaire thermique
- Variante 3<sup>1</sup> : système pressenti + thermofrigopompe sur nappe

---

<sup>1</sup> Une étude de faisabilité par un hydrogéologue est nécessaire pour cette variante afin de connaître le débit d'eau de pointe sur nappe disponible.

#### 4. - SYNTHÈSE DES RESULTATS

	<b>SYSTÈME PRESENTI</b>	<b>VARIANTE 1</b>	<b>VARIANTE 2</b>	<b>VARIANTE 3</b>
	Réseau de chaleur + GF eau / eau + Dry + solaire thermique	CHAUDIÈRES GAZ + GF eau/eau + Dry + solaire thermique	PAC AIR/EAU REVERSIBLES + CHAUDIÈRE GAZ ECS + solaire thermique	SYSTÈME PRESENTI + THERMOFRIGOPOMPE sur nappe
kWh.ep/m².an	78.6	80.2	85.8	77.3
MWh.ep/an	2 814	2 879	3 081	2 774
Classe d'énergie	B	B	B	B
kgCO2/m².an	5.2	5.7	3.9	4.2
tCO2/an	186.4	202.4	139.6	149.4
Evolution Emissions GES (%)	Base	10%	-25%	-20%
Classe climat	B	B	A	A
Ecart d'investissement [€ HT]	Base	115 437 €	68 097 €	750 081 €
Ecart d'exploitation [€ HT/an]	Base	-42 066 €	-61 131 €	2 019 €
Retour sur investissement (TRI)	Base	3 ans	2 ans	>30 ans

Emprise au sol (réservation d'espace inclus)	Sous-station réseau de chaleur en sous-sol : 45 m² Groupes frigorifiques en sous-sol : 100 m² Drycoolers en terrasse : 100 m² Solaire thermique (panneaux + sous-station) : 175 m²	Chaudière gaz en sous-sol : 150 m² Groupes frigorifiques en sous-sol : 100 m² Drycoolers en terrasse : 100 m² Solaire thermique (panneaux + sous-station) : 175 m²	PAC réversibles en toiture : 210 m² Chaudière gaz en sous-sol : 50 m² Solaire thermique (panneaux + sous-station) : 175 m²	Sous-station réseau de chaleur en sous-sol : 45 m² Groupes frigorifiques en sous-sol : 100 m² Drycoolers en terrasse : 100 m² Solaire thermique (panneaux + sous-station) : 175 m² Thermofrigopompe : 100 m²
Subventions	-	-	-	-
Acoustique : niveau sonore des équipements en toiture	Niveau élevé mais traité par protection acoustique.	Niveau élevé mais traité par protection acoustique.	Niveau élevé mais traité par protection acoustique.	Niveau élevé mais traité par protection acoustique.

<b>AVANTAGES</b>	-	Le coût d'exploitation est plus faible.	Le coût d'exploitation et les émissions GES sont plus faibles.	Les consommations et les émissions de GES sont plus faibles.
------------------	---	---	--	--

<b>INCONVENIENTS</b>	-	Les consommations et les émissions de GES sont plus importantes. L'investissement est également plus important.	La consommation en énergie primaire est bien plus élevée. L'investissement est également plus important.	L'investissement et le coût d'exploitation sont plus élevés et le TRI est donc très important.
----------------------	---	---	--	--

## **5. - CONCLUSION**

La solution Chaudières gaz à condensation + Groupes frigorifiques eau / eau + Drycoolers adiabatiques + Solaire thermique présente un coût d'exploitation plus faible mais un investissement plus élevé que le système pressenti car le coût de raccordement au réseau de chaleur Vélizy n'est pas très élevé.

Les consommations et les émissions de GES sont plus élevées dues à l'utilisation du gaz.

La solution PAC air/eau réversibles + Chaudière gaz pour l'ECS + Solaire thermique présente des consommations en énergie finale et des émissions de GES plus faibles. Néanmoins, en raison du coefficient élevé de conversion en énergie primaire de l'électricité, les consommations en énergie primaire de cette variante sont bien plus élevées.

La solution Système pressenti + Thermofrigopompe sur nappe est très intéressante en termes de consommations et d'émissions de GES. Cependant, le coût très élevé de la thermofrigopompe induit un temps de retour sur investissement très important (>30 ans).

Le système pressenti est donc la solution la plus pertinente en termes de consommations, d'émissions GES et d'investissement.

# Annexes

ANNEXE 1 – SYSTEME PRESENTI

ANNEXE 2 – VARIANTE 1 : CHAUDIERES GAZ A CONDENSATION + GROUPES FRIGORIFIQUES EAU/EAU + DRYCOOLERS ADIABATIQUES + SOLAIRE THERMIQUE

ANNEXE 3 – VARIANTE 2 : PAC AIR/EAU REVERSIBLES + CHAUDIERE GAZ A CONDENSATION POUR L'ECS + SOLAIRE THERMIQUE

ANNEXE 4 – VARIANTE 3 : SYSTEME PRESENTI + THERMOFRIGOPOMPE SUR NAPPE

## **ANNEXE 1. - SYSTEME PRESENTI**

### **A1. - DEFINITION DU SYSTEME**

La production nécessaire aux besoins de refroidissement et de chauffage du bâtiment sera assurée par des groupes frigorifiques eau/eau associés à des drycoolers adiabatiques en toiture, ainsi que par le réseau de chaleur de Vélizy.

Groupes frigorifiques eau/eau :

■ Nombre.....	2
■ Puissance froid unitaire.....	1 117 kW
■ EER.....	4.9
■ Puissance électrique du compresseur.....	228 kW

**NOTA 1**– Les performances des groupes frigorifiques eau/eau sont certifiées EUROVENT.

**NOTA 2**– Les valeurs indiquées sont les valeurs pivots Eurovent, obtenues dans des conditions de tests spécifiques.

Drycoolers adiabatiques :

■ Nombre.....	2
■ Puissance des ventilateurs pour un drycooler.....	8.6 kW

Réseau de chaleur (Vélizy) pour le chauffage :

■ Puissance pour le chauffage.....	1 860 kW
■ Régime de température pour le chauffage.....	60°C/40°C
■ Contenu CO <sub>2</sub> .....	236 gCO <sub>2</sub> /kWh (Titre V réseau)

La production d'ECS, de la zone restauration du RDC, est assurée par un système de panneaux solaires thermiques couplés à des ballons de stockage, reliés au réseau de chaleur urbain.

Réseau de chaleur (Vélizy) pour l'ECS :

■ Puissance pour l'ECS.....	40 kW
■ Régime de température pour l'ECS.....	68°C/40°C
■ Volume de stockage associé.....	3 x 2 000 L

Production solaire thermique :

■ Type de panneaux solaires thermiques.....	Eklor Csol 423 EKS
■ Nombre de panneaux.....	50
■ Surface d'un panneau.....	2.29 m <sup>2</sup>
■ Surface totale de panneaux installée.....	114.5 m <sup>2</sup>
■ Rendement optique.....	79.3 %
■ Coefficient pertes de premier ordre.....	3.88 W/(m <sup>2</sup> K)
■ Coefficient pertes de second ordre.....	0.016 W/(m <sup>2</sup> K <sup>2</sup> )
■ Volume de stockage associé.....	4 000 L

## **ANNEXE 2. - VARIANTE 1 : CHAUDIERES GAZ A CONDENSATION + GROUPES FRIGORIFIQUES EAU/EAU + DRYCOOLERS ADIABATIQUE + SOLAIRE THERMIQUE**

### **A2. - DEFINITION DU SYSTEME**

Dans cette variante, le chauffage et l'ECS sont assurés par des chaudières gaz à condensation. Le refroidissement est assuré par des groupes frigorifiques eau/eau avec des drycoolers adiabatiques en appoint.

#### Chaudières gaz à condensation :

■ Nombre.....	2
■ Puissance nominale.....	1 078 kW
■ Régime de température.....	60°C / 40°C
■ Rendement à pleine charge.....	93.5 %
■ Rendement à charge partielle.....	102.7 %

#### Groupes frigorifiques eau/eau et drycoolers :

La production est la même que pour le système pressenti.

#### Production solaire thermique :

La production est la même que pour le système pressenti.

## **ANNEXE 3. - VARIANTE 2 : PAC AIR / EAU REVERSIBLES + CHAUDIERE GAZ POUR L'ECS + SOLAIRE THERMIQUE**

Dans cette variante, le chauffage et le refroidissement sont assurés par des PAC air/eau réversibles en toiture.

La production de l'ECS de la zone de restauration est assurée par un système de panneaux solaires thermiques couplés à des ballons de stockage, reliés à une chaudière gaz à condensation.

### **A3. - DEFINITION DU SYSTEME**

#### PAC réversibles :

■ Nombre.....	4
■ Puissance froid unitaire.....	585 kW
■ EER.....	2.88
■ Puissance électrique du compresseur en mode froid.....	203 kW
■ Puissance chaud unitaire.....	587 kW
■ COP.....	4.02
■ Puissance électrique du compresseur en mode chaud.....	146 kW

#### Chaudières gaz à condensation pour l'ECS :

■ Nombre.....	1
■ Puissance nominale.....	45 kW
■ Régime de température.....	80°C / 60°C
■ Rendement à pleine charge.....	96.3 %
■ Rendement à charge partielle.....	104.5 %

#### Production solaire thermique :

La production est la même que pour le système pressenti.



## **ANNEXE 4. - VARIANTE 3 : SYSTEME PRESENTI + THERMOFRIGOPOMPE**

### **A4. - DEFINITION DU SYSTEME**

Les productions de chauffage, refroidissement et ECS sont les mêmes que pour le système presenti.

La thermofrigopompe est utilisée en priorité par rapport au réseau urbain et aux groupes frigorifiques, mais sa puissance n'est pas suffisante pour couvrir les besoins du site.

Thermofrigopompe :

■ Nombre.....	1
■ Puissance froid unitaire.....	479 kW
■ EER.....	5.74
■ Puissance électrique du compresseur en mode froid.....	83.52 kW
■ Puissance chaud unitaire.....	465 kW
■ COP.....	4.6
■ Puissance électrique du compresseur en mode chaud.....	101 kW