

ENSEMBLE IMMOBILIER MIXTE « ROSA PARKS »

Caen

DOCUMENT : Etude en faisabilité d'approvisionnement en énergie

PHASE : APD2

DATE : 05/08/2022



MAÎTRISE D'OUVRAGE
NORMANDIE AMÉNAGEMENT
1 AVENUE DU PAYS DE CAEN
14 460 COLOMBELLES



MAÎTRISE D'OUVRAGE
LA CAENNAISE
66 AVENUE DE THIÉS,
14 000 CAEN



ARCHITECTES
MANDATAIRES
PETITDIDIERPRIoux
47 RUE POPINCOURT,
75 011 PARIS



ARCHITECTES
CO-TRAITANTS
ATELIER L2
3 RUE D'Espagne
35 200 RENNES

OBJECTIFS

Le présent document présente l’étude de faisabilité des approvisionnements en énergie (FAE) conformément au décret du 30 octobre 2013 et son arrêté.

Il est étudié les solutions énergétiques suivantes :

- Base Pompe à chaleur Air/Eau
- Variante 1 Chaudière gaz collective
- Variante 2 Chaudière bois collective
- Variante 3 Réseau de chauffage urbain sans délai de raccordement
- Variante 4 Réseau de chauffage urbain avec délai de raccordement et chaufferie gaz provisoire
- Variante 5 Géothermie sur pieux

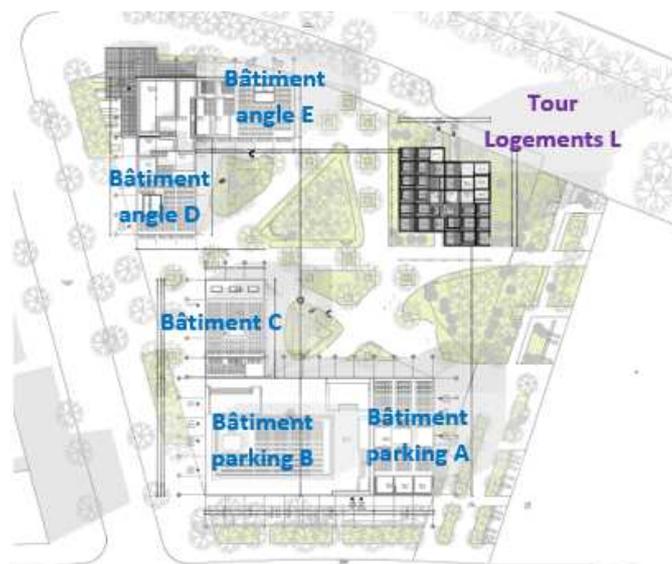
Objectif : atteinte et obtention du **Label BEPOS EFFINERGIE 2017 avec niveau Carbone 1 (E3C1) / respect RE2020**



Critère LABEL BEPOS Effinergie 2017	Exigence label pour le projet	
Niveau Energie – Carbone	E3 C1	
Besoin bioclimatique Bbio MAX EFFINERGIE 2017 ≤	43.8 / -40.00%	(points)
Consommation d’énergie primaire Cep MAX EFFINERGIE 2017 ≤	48 / -30.43%	(kWh _{EP} /m ² /an)
Perméabilité à l’air du bâti (Justifiée par une mesure de perméabilité)	0.8	(m ³ /h/m ² _{SURF} DEP)
Perméabilité à l’air des réseaux (Justifiée par une mesure de perméabilité)	Classe A	

PLANS

- Perspectives et repérages projet



ETUDES

- Détails des coûts d'investissements et de maintenance des différentes solutions :

Solution	Investissement détaillé	Investissement par bâtiment	Investissement total	Maintenance	Total Maintenance	Puissance	Abonnement € TTC
PAC Air/Eau (solution de base)			1 612 881,45 €		29 200,00 €		
Batiment A		192 500,40 €		3 261,17 €		73 kW	6 496,42 €
Production	67 650,40 €						
Distribution	32 550,00 €						
Emission	92 300,00 €						
Batiment B		155 420,00 €		1 838,52 €		78 kW	6 941,38 €
Production	77 380,00 €						
Distribution	26 040,00 €						
Emission	52 000,00 €						
Batiment C		235 860,40 €		4 554,98 €		87 kW	7 742,30 €
Production	77 680,00 €						
Distribution	48 980,40 €						
Emission	109 200,00 €						
Batiment D-E		555 506,25 €		9 117,60 €		174 kW	15 484,61 €
Production	165 360,00 €						
Distribution	132 746,25 €						
Emission	257 400,00 €						
Batiment L		473 594,40 €		10 427,73 €		270 kW	24 027,84 €
Production	156 606,40 €						
Distribution	187 178,00 €						
Emission	129 810,00 €						

Solution	Investissement détaillé	Investissement par bâtiment	Investissement total	Maintenance	Total Maintenance	Puissance	Abonnement € TTC
Chaudière gaz			1 403 937,85 €		22 500,00 €		
Batiment A		160 250,00 €		2 512,89 €		73 kW	249,72 €
Production	35 400,00 €						
Distribution	32 550,00 €						
Emission	92 300,00 €						
Batiment B		113 440,00 €		1 416,67 €		78 kW	249,72 €
Production	35 400,00 €						
Distribution	26 040,00 €						
Emission	52 000,00 €						
Batiment C		215 880,40 €		3 509,83 €		87 kW	249,72 €
Production	57 700,00 €						
Distribution	48 980,40 €						
Emission	109 200,00 €						
Batiment D-E		524 546,25 €		7 025,55 €		174 kW	249,72 €
Production	134 400,00 €						
Distribution	132 746,25 €						
Emission	257 400,00 €						
Batiment L		389 821,20 €		8 035,06 €		270 kW	988,92 €
Production	72 833,20 €						
Distribution	187 178,00 €						
Emission	129 810,00 €						

Solution	Investissement détaillé	Investissement par bâtiment	Investissement total	Maintenance	Total Maintenance	Puissance	Abonnement € TTC
Chaudière biomasse			1 647 802,85 €		33 700,00 €		
Batiment A		183 950,00 €		3 763,75 €		73 kW	
Production	59 100,00 €						
Distribution	32 550,00 €						
Emission	92 300,00 €						
Batiment B		137 940,00 €		2 121,86 €		78 kW	
Production	59 900,00 €						
Distribution	26 040,00 €						
Emission	52 000,00 €						
Batiment C		253 780,40 €		5 256,95 €		87 kW	
Production	95 600,00 €						
Distribution	48 980,40 €						
Emission	109 200,00 €						
Batiment D-E		604 846,25 €		10 522,71 €		174 kW	
Production	214 700,00 €						
Distribution	132 746,25 €						
Emission	257 400,00 €						
Batiment L		467 286,20 €		12 034,74 €		270 kW	
Production	150 298,20 €						
Distribution	187 178,00 €						
Emission	129 810,00 €						

Solution	Investissement détaillé	Investissement par bâtiment	Investissement total	Maintenance	Total Maintenance	Puissance	Abonnement € TTC
Réseau de chauffage urbain			1 290 607,85 €		22 500,00 €		
Batiment A		158 850,00 €		2 512,89 €		73 kW	
Production	34 000,00 €						
Distribution	32 550,00 €						
Emission	92 300,00 €						
Batiment B		111 640,00 €		1 416,67 €		78 kW	
Production	33 600,00 €						
Distribution	26 040,00 €						
Emission	52 000,00 €						
Batiment C		186 480,40 €		3 509,83 €		87 kW	
Production	28 300,00 €						
Distribution	48 980,40 €						
Emission	109 200,00 €						
Batiment D-E		456 746,25 €		7 025,55 €		174 kW	
Production	66 600,00 €						
Distribution	132 746,25 €						
Emission	257 400,00 €						
Batiment L		376 891,20 €		8 035,06 €		270 kW	
Production	59 903,20 €						
Distribution	187 178,00 €						
Emission	129 810,00 €						

Pour le Réseau de chaleur : le prix de l'abonnement est compris dans le coût énergétique / prix moyen des réseaux de chaleur vertueux (consommation + abonnement) est de 65,6 € HT/MWh – 6.56 cts/kWh

Solution	Investissement détaillé	Investissement par bâtiment	Investissement total	Maintenance	Total Maintenance	Puissance	Abonnement € TTC
Géothermie sur pieux			2 079 121,45 €		33 700,00 €		
Batiment A		284 500,40 €		3 763,75 €		73 kW	6 496,42 €
Production	159 650,40 €						
Distribution	32 550,00 €						
Emission	92 300,00 €						
Batiment B		207 420,00 €		2 121,86 €		78 kW	6 941,38 €
Production	129 380,00 €						
Distribution	26 040,00 €						
Emission	52 000,00 €						
Batiment C		282 860,40 €		5 256,95 €		87 kW	7 742,30 €
Production	124 680,00 €						
Distribution	48 980,40 €						
Emission	109 200,00 €						
Batiment D-E		674 506,25 €		10 522,71 €		174 kW	15 484,61 €
Production	284 360,00 €						
Distribution	132 746,25 €						
Emission	257 400,00 €						
Batiment L		629 834,40 €		12 034,74 €		270 kW	24 027,84 €
Production	312 846,40 €						
Distribution	187 178,00 €						
Emission	129 810,00 €						

Ces coûts ne prennent en compte que les installations de chauffage et les installations photovoltaïques pour l'atteinte du niveau de chacune des solutions (pas de VMC, pas de plomberie, pas de traitement d'air).

La climatisation n'est pas prévue dans chaque solution.

- Détails des hypothèses de coûts unitaire des énergies sur la base du site PEGASE :

Gaz : 7.35 cts€/Kwh

Electricité :

- Tarif bleu : 0.20 €/kWh TTC (3 à 36 kVA)
- Tarif jaune : 0.15 €/kWh TTC (42 à 240 kVA)
- Tarif vert : 0.12 €/kWh TTC (> 240 kVA)

Bois granulés : 7.39 cts€/Kwh

Réseau de chaleur : prix moyen des réseaux de chaleur vertueux (consommation + abonnement) est de 65,6 € HT/MWh – 6.56 cts/kWh

• **Tableau synthèse :**

Cf. Annexes études FAE des bâtiments A B C D E et de la tour de Logements L

Bâtiment Bureaux A

Variantes énergétiques étudiées																					
Variante	Consos totales	Cep chauffage	Cep	Classe Energie	Cep Max	Gain Cep	GES	Classe Climat	Puissance PV kWc nécessaire E3	Coût investissement		Surcoût inv.	Coût annuel maintenance		Surcoût annuel maint.	Coût annuel consommations		Surcoût annuel conso.	Coût annuel exploitation	Surcoût annuel exploit.	Temps de retour brut
										unitaire	Total		unitaire	Total		Total	annuel conso.				
Base	Pompe à chaleur Air/Eau	74,1 MWhep/an	11,8 kWhep/m²/an	44,2 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-43%	1,7 kgCO2/m²/an	A	37,50	cf calcul	276 254 €	-	cf calcul	3 261 €/an	-	10 807 €/an	-	14 068 €/an	-	-
Variante 1	Chaudière gaz collective	73,6 MWhep/an	11,5 kWhep/m²/an	43,9 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-43%	3,6 kgCO2/m²/an	A	37,50	cf calcul	244 004 €	-32 250 €	cf calcul	2 513 €/an	-748 €	4 825 €/an	-5 982 €	7 338 €/an	-6 730 €/an	0,0 ans
Variante 2	Chaudière bois collective	76,8 MWhep/an	13,4 kWhep/m²/an	45,8 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-41%	1,0 kgCO2/m²/an	A	27,00	cf calcul	244 862 €	-31 392 €	cf calcul	3 764 €/an	503 €	4 819 €/an	-5 989 €	8 582 €/an	-5 486 €/an	0,0 ans
Variante 3	Réseau de chauffage urbain sans délai de raccordement	75,0 MWhep/an	12,4 kWhep/m²/an	44,7 kWhep/m²/an	A	91,0 kWhep/m²/an	-51%	2,4 kgCO2/m²/an	A	33,75	cf calcul	234 990 €	-41 264 €	cf calcul	2 513 €/an	-748 €	4 515 €/an	-6 292 €	7 028 €/an	-7 041 €/an	0,0 ans
Variante 3b	Réseau de chauffage urbain avec délai de raccordement et chaufferie gaz provisoire	75,0 MWhep/an	12,4 kWhep/m²/an	44,7 kWhep/m²/an	A	91,0 kWhep/m²/an	-51%	2,4 kgCO2/m²/an	A	33,75	cf calcul	270 390 €	-5 864 €	cf calcul	2 513 €/an	-748 €	4 515 €/an	-6 292 €	7 028 €/an	-7 041 €/an	0,0 ans
Variante 4	Géothermie sur pieux	75,2 MWhep/an	12,4 kWhep/m²/an	44,8 kWhep/m²/an	A	98,0 kWhep/m²/an	-54%	1,8 kgCO2/m²/an	A	27,00	cf calcul	345 412 €	69 158 €	cf calcul	3 764 €/an	503 €	10 866 €/an	59 €	14 630 €/an	561 €/an	-

Bâtiment Bureaux B

Variantes énergétiques étudiées																					
Variante	Consos totales	Cep chauffage	Cep	Classe Energie	Cep Max	Gain Cep	GES	Classe Climat	Puissance PV kWc nécessaire E3	Coût investissement		Surcoût inv.	Coût annuel maintenance		Surcoût annuel maint.	Coût annuel consommations		Surcoût conso.	Coût annuel exploitation	Surcoût annuel exploit.	Temps de retour brut
										unitaire	Total		unitaire	Total		Total	annuel conso.				
Base	Pompe à chaleur Air/Eau	46,8 MWhep/an	14,9 kWhep/m²/an	52,4 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-32%	2,0 kgCO2/m²/an	A	24,38	cf calcul	210 410 €	-	cf calcul	1 839 €/an	-	9 659 €/an	-	11 498 €/an	-	-
Variante 1	Chaudière gaz collective	46,5 MWhep/an	14,6 kWhep/m²/an	52,1 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-32%	4,4 kgCO2/m²/an	A	24,38	cf calcul	168 430 €	-41 980 €	cf calcul	1 417 €/an	-422 €	3 151 €/an	-6 509 €	4 568 €/an	-6 930 €/an	0,0 ans
Variante 2	Chaudière bois collective	48,8 MWhep/an	17,3 kWhep/m²/an	54,7 kWhep/m²/an	A	110,0 kWhep/m²/an	-50%	1,1 kgCO2/m²/an	A	16,50	cf calcul	175 164 €	-35 246 €	cf calcul	2 122 €/an	283 €	3 079 €/an	-6 580 €	5 201 €/an	-6 297 €/an	0,0 ans
Variante 3	Réseau de chauffage urbain sans délai de raccordement	47,4 MWhep/an	15,6 kWhep/m²/an	53,1 kWhep/m²/an	A	91,0 kWhep/m²/an	-42%	2,9 kgCO2/m²/an	A	18,75	cf calcul	153 940 €	-56 470 €	cf calcul	1 417 €/an	-422 €	2 858 €/an	-6 801 €	4 275 €/an	-7 223 €/an	0,0 ans
Variante 3b	Réseau de chauffage urbain avec délai de raccordement et chaufferie gaz provisoire	47,4 MWhep/an	15,6 kWhep/m²/an	53,1 kWhep/m²/an	A	91,0 kWhep/m²/an	-42%	2,9 kgCO2/m²/an	A	18,75	cf calcul	189 340 €	-21 070 €	cf calcul	1 417 €/an	-422 €	2 858 €/an	-6 801 €	4 275 €/an	-7 223 €/an	0,0 ans
Variante 4	Géothermie sur pieux	47,4 MWhep/an	15,6 kWhep/m²/an	53,1 kWhep/m²/an	A	98,0 kWhep/m²/an	-46%	2,1 kgCO2/m²/an	A	18,75	cf calcul	249 720 €	39 310 €	cf calcul	2 122 €/an	283 €	2 754 €/an	-6 905 €	4 876 €/an	-6 622 €/an	5,9 ans

Bâtiment Bureaux C

Variantes énergétiques étudiées																					
Variante	Consos totales	Cep chauffage	Cep	Classe Energie	Cep Max	Gain Cep	GES	Puissance PV kWc nécessaire E3	Classe Climat	Coût investissement		Surcoût Inv.	Coût annuel maintenance		Surcoût maintenance	Coût annuel consommations		Surcoût conso.	Coût annuel exploitation	Surcoût annuel exploit.	Temps de retour brut
										unitaire	Total		unitaire	Total		Total					
Base	Pompe à chaleur Air/Eau	133,9 MWhep/an	16,2 kWhep/m²/an	47,9 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-38%	2,0 kgCO2/m²/an	65,625	A	cf calcul	383 910 €	-	cf calcul	4 555 €/an	-	15 525 €/an	-	20 080 €/an	-	-
Variante 1	Chaudière gaz collective	137,5 MWhep/an	17,5 kWhep/m²/an	49,2 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-36%	5,0 kgCO2/m²/an	65,625	A	cf calcul	363 930 €	-19 980 €	cf calcul	3 510 €/an	-1 045 €	8 991 €/an	-6 534 €	12 501 €/an	-7 580 €/an	0,0 ans
Variante 2	Chaudière bois collective	145,6 MWhep/an	20,4 kWhep/m²/an	52,1 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-32%	1,0 kgCO2/m²/an	39,375	A	cf calcul	342 610 €	-41 300 €	cf calcul	5 257 €/an	702 €	9 360 €/an	-6 166 €	14 617 €/an	-5 464 €/an	0,0 ans
Variante 3	Réseau de chauffage urbain sans délai de raccordement	140,3 MWhep/an	18,5 kWhep/m²/an	50,2 kWhep/m²/an	A	91,0 kWhep/m²/an	-45%	3,2 kgCO2/m²/an	52,500	A	cf calcul	304 965 €	-78 945 €	cf calcul	3 510 €/an	-1 045 €	16 285 €/an	759 €	19 795 €/an	-286 €/an	0,0 ans
Variante 3b	Réseau de chauffage urbain avec délai de raccordement et chaufferie gaz provisoire	140,3 MWhep/an	18,5 kWhep/m²/an	50,2 kWhep/m²/an	A	91,0 kWhep/m²/an	-45%	3,2 kgCO2/m²/an	52,500	A	cf calcul	362 665 €	-21 245 €	cf calcul	3 510 €/an	-1 045 €	16 285 €/an	759 €	19 795 €/an	-286 €/an	0,0 ans
Variante 4	Géothermie sur pieux	140,3 MWhep/an	18,5 kWhep/m²/an	50,2 kWhep/m²/an	A	98,0 kWhep/m²/an	-49%	2,2 kgCO2/m²/an	65,625	A	cf calcul	386 234 €	2 324 €	cf calcul	5 257 €/an	702 €	15 899 €/an	374 €	21 156 €/an	1 076 €/an	-

Bâtiment Bureaux D-E

Variantes énergétiques étudiées																					
Variante	Consos totales	Cep chauffage	Cep	Classe Energie	Cep Max	Gain Cep	GES	Classe Climat	Puissance PV kWc nécessaire E3	Coût investissement		Surcoût Inv.	Coût annuel maintenance		Surcoût maintenance	Coût annuel consommations		Surcoût conso.	Coût annuel exploitation	Surcoût annuel exploit.	Temps de retour brut
										unitaire	Total		unitaire	Total		Total					
Base	Pompe à chaleur Air/Eau	194,2 MWhep/an	12,4 kWhep/m²/an	40,6 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-47%	1,6 kgCO2/m²/an	94,50	A	cf calcul	768 698 €	-	cf calcul	8 924 €/an	-	26 776 €/an	-	35 700 €/an	-	-
Variante 1	Chaudière gaz collective	201,4 MWhep/an	13,9 kWhep/m²/an	42,1 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-45%	4,0 kgCO2/m²/an	94,50	A	cf calcul	737 738 €	-30 960 €	cf calcul	6 876 €/an	-2 048 €	12 980 €/an	-13 796 €	19 856 €/an	-15 844 €/an	0,0 ans
Variante 2	Chaudière bois collective	214,3 MWhep/an	16,6 kWhep/m²/an	44,8 kWhep/m²/an	A	77,0 kWhep/m²/an	-42%	0,9 kgCO2/m²/an	60,00	A	cf calcul	740 206 €	-28 492 €	cf calcul	10 300 €/an	1 376 €	13 703 €/an	-13 073 €	24 003 €/an	-11 697 €/an	0,0 ans
Variante 3	Réseau de chauffage urbain sans délai de raccordement	205,7 MWhep/an	14,8 kWhep/m²/an	43,0 kWhep/m²/an	A	91,0 kWhep/m²/an	-53%	2,6 kgCO2/m²/an	78,75	A	cf calcul	633 956 €	-134 742 €	cf calcul	6 876 €/an	-2 048 €	12 487 €/an	-14 289 €	19 363 €/an	-16 337 €/an	0,0 ans
Variante 3b	Réseau de chauffage urbain avec délai de raccordement et chaufferie gaz provisoire	205,7 MWhep/an	14,8 kWhep/m²/an	43,0 kWhep/m²/an	A	91,0 kWhep/m²/an	-53%	2,6 kgCO2/m²/an	78,75	A	cf calcul	768 356 €	-342 €	cf calcul	6 876 €/an	-2 048 €	12 487 €/an	-14 289 €	19 363 €/an	-16 337 €/an	0,0 ans
Variante 4	Géothermie sur pieux	205,7 MWhep/an	14,8 kWhep/m²/an	43,0 kWhep/m²/an	A	98,0 kWhep/m²/an	-56%	1,8 kgCO2/m²/an	73,50	A	cf calcul	840 322 €	71 624 €	cf calcul	10 300 €/an	1 376 €	27 443 €/an	667 €	37 743 €/an	2 043 €/an	-

Bâtiment Logements L

Variantes énergétiques étudiées																			
Variante	Consos totales	Cep chauffage	Cep	Classe Energie	Cep Max	Gain Cep	GES	Classe Climat	Coût investissement		Surcoût inv.	Coût annuel maintenance		Surcoût maintenance	Coût annuel consommations	Surcoût conso.	Coût annuel exploitation	Surcoût annuel exploit.	Temps de retour brut
									unitaire	Total		unitaire	Total		Total				
Base Pompe à chaleur Air/Eau	186,5 MWhep/an	15,7 kWhep/m²/an	33,9 kWhep/m²/an	A	70,0 kWhep/m²/an	-52%	7,3 kgCO2/m²/an	B	cf calcul	473 594 €	-	cf calcul	10 427 €/an	-	34 874 €/an	-	45 301 €/an	-	-
Variante 1 Chaudière gaz collective	240,5 MWhep/an	18,7 kWhep/m²/an	43,7 kWhep/m²/an	A	70,0 kWhep/m²/an	-38%	10,6 kgCO2/m²/an	C	cf calcul	389 821 €	-83 773 €	cf calcul	8 035 €/an	-2 392 €	18 023 €/an	-16 851 €	26 058 €/an	-19 242 €/an	0,0 ans
Variante 2 Chaudière bois collective	280,1 MWhep/an	21,6 kWhep/m²/an	50,9 kWhep/m²/an	B	87,2 kWhep/m²/an	-42%	6,9 kgCO2/m²/an	B	cf calcul	467 286 €	-6 308 €	cf calcul	12 034 €/an	1 607 €	20 023 €/an	-14 851 €	32 057 €/an	-13 244 €/an	0,0 ans
Variante 3 Réseau de chauffage urbain sans délai de raccordement	256,4 MWhep/an	20,8 kWhep/m²/an	46,6 kWhep/m²/an	A	81,5 kWhep/m²/an	-43%	8,8 kgCO2/m²/an	B	cf calcul	376 891 €	-96 703 €	cf calcul	10 523 €/an	96 €	16 506 €/an	-18 368 €	27 029 €/an	-18 272 €/an	0,0 ans
Variante 3b Réseau de chauffage urbain avec délai de raccordement et chaufferie gaz provisoire	256,4 MWhep/an	20,8 kWhep/m²/an	46,6 kWhep/m²/an	A	81,5 kWhep/m²/an	-43%	8,8 kgCO2/m²/an	B	cf calcul	449 724 €	-23 870 €	cf calcul	10 523 €/an	96 €	16 506 €/an	-18 368 €	27 029 €/an	-18 272 €/an	0,0 ans
Variante 4 Géothermie sur pieux	256,4 MWhep/an	20,8 kWhep/m²/an	46,6 kWhep/m²/an	A	87,2 kWhep/m²/an	-47%	7,7 kgCO2/m²/an	B	700€/m²	629 834 €	156 240 €	20% vente	12 035 €/an	1 608 €	38 937 €/an	4 063 €	50 972 €/an	5 671 €/an	-