



www.diagobat.fr

AMÉNAGEMENT DU PARC DES SUBSISTANCE - Bâtiment F1

Avenue du Maréchal de Villars
77300 FONTAINEBLEAU

ETUDE DE FAISABILITE DES APPROVISIONNEMENTS EN
ENERGIE EN COUT GLOBAL ET ENVIRONNEMENTAL POUR AIDE
A LA DECISION DU MAITRE D'OUVRAGE



Diagobat
ENVIRONNEMENT

CONTEXTE REGLEMENTAIRE

TEXTE REGLEMENTAIRE DE REFERENCE :

- Arrêté du 18 décembre 2007 modifié par l'arrêté du 30 octobre 2013, relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et les rénovations de certains bâtiments existants.

MODALITES DE REALISATION DES ETUDES :

Selon cet arrêté, dans le cadre d'un dépôt de PC pour la construction de bâtiments neufs ou nouvelles parties de bâtiments, dont la surface est supérieure à 50m², doit être annexée à cette demande une étude de faisabilité technique et économique comparant le système de production énergétique pressenti au moins aux variantes suivantes éventuellement combinées :

- Système Solaire Thermique.
- Système Solaire Photovoltaïque.
- Système de Chauffage au bois ou Biomasse.
- Système Eolien.
- Raccordement à un Réseau de Chauffage Urbain.
- Pompe à Chaleur Géothermique.
- Pompe à Chaleur Aérothermique.
- Pompe à Chaleur sur nappe phréatique.
- Chaudières à Condensation gaz.
- Cogénération.

De plus, cette étude doit faire apparaître les éléments suivants :

- Consommation en énergie primaire.
- Emission de gaz à effet de serre.
- Classes énergétiques et climatique.
- Coût annuel d'exploitation comprenant abonnement et frais de maintenance.
- Coût d'investissement.
- Gains énergétiques sur 30 ans.
- Quantités de gaz à effet de serre cumulés sur 30 ans.
- Coût global actualisé sur 30 ans.

Cette étude sert à aider le Maître d'Ouvrage à faire un choix sur le type de production énergétique en ayant été informé des aspects techniques, financiers et environnementaux des solutions alternatives.

CONTEXTE REGLEMENTAIRE

Compte tenu de la typologie de bâtiment à construire, de l'activité du projet sur le site et du bilan de surfaces à chauffer, certaines solutions de productions énergétiques demandées dans les textes réglementaires ne peuvent couvrir les besoins du projet ou ne sont techniquement pas réalisables. Ceci est le cas pour les solutions suivantes :

- o Système Eolien (puissance trop faible par rapport aux besoins, intermittence de la production)
- o Pompe à chaleur géothermique (Étude de sol inexistante à ce jour et non prévue au marché)
- o Pompe à chaleur sur nappe phréatique (pas de nappe reconnue sur la parcelle).
- o Cogénération (besoins thermiques et électriques intermittents non adaptés au fonctionnement)
- o Chauffage urbain (absence sur le site)

Les études de faisabilité technico-économiques et environnementales sur les productions énergétiques se sont donc limitées aux solutions suivantes :

- 1 o Chauffage et production d'ECS par chaudière gaz individuelle.
- 2 o Chauffage et production d'ECS par chaudière gaz collective.
- 3 o Chauffage électrique et production d'ECS par PAC Air/Eau collective.
- 4 o Chauffage par radiateur électriques avec production d'ECS par chaudière gaz à condensation collective.

Le comparatif a porté sur les productions énergétiques, les installations de distribution et d'émission pour les différentes solutions étudiées, afin de pouvoir comparer les solutions de manière globale.

COUTS D'INVESTISSEMENT, COUTS D'EXPLOITATION, REJETS CO2

1- Données générales

Surface Shab	1 191,41 m ²
Surface SHON _{RT}	1 679,70 m ²
Nb de logements	16 Logements

Installations techniques solution No 1 Chaudière gaz individuelle

- Chaudière gaz individuelle à condensation pour le chauffage et l'ECS
- Distribution bi-tube
- Radiateurs acier basse température avec robinet thermostatique
- Gestion par thermostat programmable par appartement

Installations techniques solution No 2 Chaufferie gaz collective

- Chaudières gaz collectives à condensation pour le chauffage et l'ECS
- Distribution chaleur primaire avec ballon de stockage
- Module Thermique d'appartement pour la distribution de chauffage et d'ECS
- Radiateurs acier basse température avec robinet thermostatique
- Gestion par thermostat programmable par appartement

Installations techniques solution No 3 Pac Air/Eau collective + chauffage électrique

- PAC Air/Eau collective pour l'ECS
- Radiateurs électriques pour le chauffage

Installations techniques solution No 4 Chaufferie gaz collective + chauffage électrique

- Chaudières gaz collectives à condensation pour l'ECS
- Distribution ECS primaire avec ballon de stockage
- Radiateurs électrique pour le chauffage
- Gestion par thermostat programmable par appartement

2- Modélisation Energétique

Estimation des besoins de Chauffage - Méthode TH-B :	64 165	kWhEP/an
Estimation des besoins d'ECS - Dimensionnement TECSOL :	37 289	kWhEP/an

Solution 1 : Chaudière gaz individuelle

<u>Hypothèses sur les rendements :</u>	<u>Chauffage</u>		<u>ECS</u>
Rendement de distribution moyen Rd :	0,92	Rendement de stockage Rs :	1
Rendement d'émission moyen Re :	0,95	Rendement de distribution Rd :	0,88
Rendement de génération moyen Rg :	0,8	Rendement de génération Rg :	0,7
Rendement de régulation moyen Rr :	0,95		
<u>Consommation chauffage :</u>		<u>Consommation ECS :</u>	
$C = (B)/(Rd*Re*Rg*Rr)$			
Cc S1 =	96 598	kWh gaz	Ce S1 = 60 535 kWh gaz

Solution 2 : Chaufferie gaz collective

<u>Hypothèses sur les rendements :</u>	<u>Chauffage</u>		<u>ECS</u>
Rendement de distribution moyen Rd :	0,9	Rendement de stockage Rs :	0,97
Rendement d'émission moyen Re :	0,95	Rendement de distribution Rd :	0,88
Rendement de génération moyen Rg :	0,85	Rendement de génération Rg :	0,8
Rendement de régulation moyen Rr :	0,95		
<u>Consommation chauffage :</u>		<u>Consommation ECS :</u>	
$C = (B)/(Rd*Re*Rg*Rr)$			
Cc S2 =	92 937	kWh gaz	Ce S2 = 54 606 kWh gaz

Solution 3 : Pac Air/Eau collective + chauffage électrique

<u>Hypothèses sur les rendements :</u>	<u>Chauffage</u>		<u>ECS</u>
Rendement de distribution moyen Rd :	1	Rendement de stockage Rs :	0,97
Rendement d'émission moyen Re :	1	Rendement de distribution Rd :	0,88
Rendement de génération moyen Rg :	1	Rendement de génération Rg :	3,5
Rendement de régulation moyen Rr :	0,95		
<u>Consommation chauffage :</u>		<u>Consommation ECS :</u>	
$C = (B)/(Rd*Re*Rg*Rr)$			
Cc S3 =	67 542	kWh elec	Ce S3 12 481 kWh elec

Solution 4 : Chaufferie gaz collective + chauffage électrique
Hypothèses sur les rendements :
Chauffage
ECS

Rendement de distribution moyen Rd :	1	Rendement de stockage Rs :	0,97
Rendement d'émission moyen Re :	1	Rendement de distribution Rd :	0,88
Rendement de génération moyen Rg :	1	Rendement de génération Rg :	0,8
Rendement de régulation moyen Rr :	0,95		

Consommation chauffage :
Consommation ECS :

$$C = (B)/(Rd*Re*Rg*Rr)$$

Cc S4 =	54 033	kWh elec	Ce S4	43 685	kWh gaz
----------------	---------------	-----------------	--------------	---------------	----------------

3- Consommations annuelles prévisionnelles calculées (P1)

Solution No		Energie finale (kWh) - Global		
		gaz	Bois	Electricité
1	Chaudière gaz individuelle	157 133	0	0
2	Chaufferie gaz collective	147 543	0	0
3	Pac Air/Eau collective + chauffage électrique	0	0	31 017
4	Chaufferie gaz collective + chauffage électrique	43 685	0	20 943

4- Coûts des énergies

Electricité		Jaune				
	Date	01-août-16				
Abonnement (€ HT/an)		1 438,56	PTE HIVER	HPH	HCH	HPE
Coût (€ HT/kWh)		0,06055	0,09601	0,09601	0,06913	0,05031
Répartition			3,52%	20,06%	17,93%	33,36%
PS (kVA)		36 kVA				25,13%

Gaz individuel		Gaz B0	
	Date	01-août-16	
Abonnement (€ HT/an)		85,13	
Coût (€ HT/kWh)		0,0635	

Gaz collectif		Gaz B2I	
	Date	01-août-16	
Abonnement (€ HT/an)		2 032,39	
Coût (€ HT/kWh)		0,0468	

5- Hypothèses augmentations des énergies : %/an

	Faible	Moyen	Fort
Gaz :	5%	10%	15%
Electricité :	4%	7%	10%

6- Hypothèses sur coûts d'investissement et de maintenance

Solution	Invest. initial € HT	Durée de vie	P2 € HT/an	P3 € HT/an
1 Chaudière gaz individuelle	95 516	16	960	5 970
2 Chaufferie gaz collective	163 602	21	1 000	7 791
3 Pac Air/Eau collective + chauffage électrique	185 805	16	3 000	11 613
4 Chaufferie gaz collective + chauffage électrique	152 415	21	1 000	7 258

Nota :

- Les investissements présentés ci-dessus tiennent compte uniquement du remplacement de la production en considérant la distribution, l'émission et la régulation identique.
- les budgets ne comprennent pas les incidences financières portées sur les corps d'état second et gros œuvre (génie civil, gaines techniques, etc.), ni les frais de raccordement concessionnaires.

7- Hypothèses augmentations des coûts de maintenance :

Augmentation des prix de: 2,5% /an

8- Facteurs Emission de CO2 selon arrêté du 15 septembre 2006

Gaz	0,234	kg CO2/kWh PCI	chauffage/ecs
Electricite	0,180	kg CO2/kWh PCI	chauffage
Electricite	0,040	kg CO2/kWh PCI	ecs

9- Indicateurs énergétiques et environnementaux

Solution	Cep		Rejets CO ₂	
1 Chaudière gaz individuelle	93,55	kWh/m2/an	21,89	kgCO2/m2/an
2 Chaufferie gaz collective	87,84	kWh/m2/an	20,55	kgCO2/m2/an
3 Pac Air/Eau collective + chauffage électrique	47,64	kWh/m2/an	2,92	kgCO2/m2/an
4 Chaufferie gaz collective + chauffage électrique	58,18	kWh/m2/an	8,33	kgCO2/m2/an

10- Simulation en coût global actualisé sur 30 ans (€ HT)

Scénario d'augmentation de l'énergie :

FAIBLE

Solution de référence		1 Chaudière gaz individuelle			
		P2+P3	P1 Gaz	Total annuel	Total cumulé
					t CO2/an
Année	0		<i>Investissement</i> →	95 516,16	
Année	1	6 929,76	11 340,08	18 269,84	113 786,00
Année	2	7 103,00	11 907,09	19 010,09	132 796,09
Année	3	7 280,58	12 502,44	19 783,02	152 579,12
Année	4	7 462,59	13 127,56	20 590,16	173 169,27
Année	5	7 649,16	13 783,94	21 433,10	194 602,37
Année	6	7 840,39	14 473,14	22 313,53	216 915,90
Année	7	8 036,40	15 196,80	23 233,19	240 149,09
Année	8	8 237,31	15 956,64	24 193,94	264 343,04
Année	9	8 443,24	16 754,47	25 197,71	289 540,74
Année	10	8 654,32	17 592,19	26 246,51	315 787,26
Année	11	8 870,68	18 471,80	27 342,48	343 129,74
Année	12	9 092,45	19 395,39	28 487,84	371 617,57
Année	13	9 319,76	20 365,16	29 684,92	401 302,49
Année	14	9 552,75	21 383,42	30 936,17	432 238,66
Année	15	9 791,57	22 452,59	32 244,16	464 482,82
Année	16	10 036,36	23 575,22	33 611,58	498 094,40
Année	17	10 287,27	24 753,98	35 041,25	533 135,64
Année	18	10 544,45	25 991,68	36 536,13	569 671,77
Année	19	10 808,06	27 291,26	38 099,32	607 771,09
Année	20	11 078,26	28 655,83	39 734,09	647 505,18
Année	21	11 355,22	30 088,62	41 443,84	688 949,02
Année	22	11 639,10	31 593,05	43 232,15	732 181,17
Année	23	11 930,08	33 172,70	45 102,78	777 283,94
Année	24	12 228,33	34 831,34	47 059,66	824 343,61
Année	25	12 534,04	36 572,90	49 106,94	873 450,54
Année	26	12 847,39	38 401,55	51 248,93	924 699,48
Année	27	13 168,57	40 321,62	53 490,20	978 189,68
Année	28	13 497,79	42 337,71	55 835,49	1 034 025,17
Année	29	13 835,23	44 454,59	58 289,82	1 092 314,99
Année	30	14 181,11	46 677,32	60 858,43	1 153 173,42
Total sur 30 ans		304 235	753 422	1 057 657	1 153 173
					1103

		2 Chaufferie gaz collective			
		P2+P3	P1 Gaz	Total annuel	t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i> →			163 602,40
Année	1	8 790,59	8 930,00	17 720,59	34,52
Année	2	9 010,36	9 376,50	18 386,86	34,52
Année	3	9 235,61	9 845,33	19 080,94	34,52
Année	4	9 466,50	10 337,60	19 804,10	34,52
Année	5	9 703,17	10 854,47	20 557,64	34,52
Année	6	9 945,75	11 397,20	21 342,94	34,52
Année	7	10 194,39	11 967,06	22 161,45	34,52
Année	8	10 449,25	12 565,41	23 014,66	34,52
Année	9	10 710,48	13 193,68	23 904,16	34,52
Année	10	10 978,24	13 853,37	24 831,61	34,52
Année	11	11 252,70	14 546,03	25 798,73	34,52
Année	12	11 534,02	15 273,34	26 807,35	34,52
Année	13	11 822,37	16 037,00	27 859,37	34,52
Année	14	12 117,93	16 838,85	28 956,78	34,52
Année	15	12 420,87	17 680,80	30 101,67	34,52
Année	16	12 731,40	18 564,84	31 296,23	34,52
Année	17	13 049,68	19 493,08	32 542,76	34,52
Année	18	13 375,92	20 467,73	33 843,65	34,52
Année	19	13 710,32	21 491,12	35 201,44	34,52
Année	20	14 053,08	22 565,67	36 618,75	34,52
Année	21	14 404,41	23 693,96	38 098,36	34,52
Année	22	14 764,52	24 878,66	39 643,17	34,52
Année	23	15 133,63	26 122,59	41 256,22	34,52
Année	24	15 511,97	27 428,72	42 940,69	34,52
Année	25	15 899,77	28 800,15	44 699,92	34,52
Année	26	16 297,26	30 240,16	46 537,42	34,52
Année	27	16 704,69	31 752,17	48 456,86	34,52
Année	28	17 122,31	33 339,78	50 462,09	34,52
Année	29	17 550,37	35 006,77	52 557,14	34,52
Année	30	17 989,13	36 757,10	54 746,23	34,52
Total sur 30 ans		385 931	593 299	979 230	1 142 832
					1036

		3				
		Pac Air/Eau collective + chauffage électrique				
		P2+P3	P1Elec	P1Gaz	Total annuel	t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i> →				185 805,10
Année	1	14 612,82	3 316,70	-	17 929,52	4,91
Année	2	14 978,14	3 449,37	-	18 427,51	4,91
Année	3	15 352,59	3 587,35	-	18 939,94	4,91
Année	4	15 736,41	3 730,84	-	19 467,25	4,91
Année	5	16 129,82	3 880,08	-	20 009,89	4,91
Année	6	16 533,06	4 035,28	-	20 568,34	4,91
Année	7	16 946,39	4 196,69	-	21 143,08	4,91
Année	8	17 370,05	4 364,56	-	21 734,61	4,91
Année	9	17 804,30	4 539,14	-	22 343,44	4,91
Année	10	18 249,41	4 720,71	-	22 970,11	4,91
Année	11	18 705,64	4 909,53	-	23 615,18	4,91
Année	12	19 173,28	5 105,91	-	24 279,20	4,91
Année	13	19 652,62	5 310,15	-	24 962,77	4,91
Année	14	20 143,93	5 522,56	-	25 666,49	4,91
Année	15	20 647,53	5 743,46	-	26 390,99	4,91
Année	16	21 163,72	5 973,20	-	27 136,92	4,91
Année	17	21 692,81	6 212,13	-	27 904,94	4,91
Année	18	22 235,13	6 460,61	-	28 695,74	4,91
Année	19	22 791,01	6 719,04	-	29 510,05	4,91
Année	20	23 360,79	6 987,80	-	30 348,58	4,91
Année	21	23 944,81	7 267,31	-	31 212,11	4,91
Année	22	24 543,43	7 558,00	-	32 101,43	4,91
Année	23	25 157,01	7 860,32	-	33 017,33	4,91
Année	24	25 785,94	8 174,73	-	33 960,67	4,91
Année	25	26 430,58	8 501,72	-	34 932,31	4,91
Année	26	27 091,35	8 841,79	-	35 933,14	4,91
Année	27	27 768,63	9 195,46	-	36 964,10	4,91
Année	28	28 462,85	9 563,28	-	38 026,13	4,91
Année	29	29 174,42	9 945,81	-	39 120,23	4,91
Année	30	29 903,78	10 343,65	-	40 247,43	4,91
Total sur 30 ans		641 542	186 017	-	827 559	147

		4				
		Chaufferie gaz collective + chauffage électrique				
		P2+P3	P1 elec	P1Gaz	Total annuel	t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i> →				152 414,84
Année	1	8 257,85	2 706,73	4 074,65	15 039,23	13,99
Année	2	8 464,30	2 814,99	4 278,39	15 557,68	13,99
Année	3	8 675,90	2 927,59	4 492,31	16 095,80	13,99
Année	4	8 892,80	3 044,70	4 716,92	16 654,42	13,99
Année	5	9 115,12	3 166,49	4 952,77	17 234,37	13,99
Année	6	9 343,00	3 293,14	5 200,41	17 836,55	13,99
Année	7	9 576,57	3 424,87	5 460,43	18 461,87	13,99
Année	8	9 815,99	3 561,87	5 733,45	19 111,30	13,99
Année	9	10 061,39	3 704,34	6 020,12	19 785,85	13,99
Année	10	10 312,92	3 852,51	6 321,13	20 486,56	13,99
Année	11	10 570,75	4 006,61	6 637,18	21 214,54	13,99
Année	12	10 835,01	4 166,88	6 969,04	21 970,94	13,99
Année	13	11 105,89	4 333,55	7 317,49	22 756,94	13,99
Année	14	11 383,54	4 506,90	7 683,37	23 573,80	13,99
Année	15	11 668,13	4 687,17	8 067,54	24 422,83	13,99
Année	16	11 959,83	4 874,66	8 470,91	25 305,40	13,99
Année	17	12 258,82	5 069,65	8 894,46	26 222,93	13,99
Année	18	12 565,29	5 272,43	9 339,18	27 176,91	13,99
Année	19	12 879,43	5 483,33	9 806,14	28 168,90	13,99
Année	20	13 201,41	5 702,66	10 296,45	29 200,52	13,99
Année	21	13 531,45	5 930,77	10 811,27	30 273,49	13,99
Année	22	13 869,73	6 168,00	11 351,84	31 389,57	13,99
Année	23	14 216,48	6 414,72	11 919,43	32 550,62	13,99
Année	24	14 571,89	6 671,31	12 515,40	33 758,60	13,99
Année	25	14 936,19	6 938,16	13 141,17	35 015,51	13,99
Année	26	15 309,59	7 215,69	13 798,23	36 323,50	13,99
Année	27	15 692,33	7 504,31	14 488,14	37 684,78	13,99
Année	28	16 084,64	7 804,49	15 212,54	39 101,67	13,99
Année	29	16 486,76	8 116,67	15 973,17	40 576,59	13,99
Année	30	16 898,92	8 441,33	16 771,83	42 112,09	13,99
Total sur 30 ans		362 542	151 807	270 715	785 064	420

10- Simulation en coût global actualisé sur 30 ans (€ HT)

Scénario d'augmentation de l'énergie :

MOYEN

Solution de référence		1 Chaudière gaz individuelle			
		P2+P3	P1 Gaz	Total annuel	Total cumulé
Année	0		<i>Investissement</i> →	95 516,16	
Année	1	6 929,76	11 340,08	18 269,84	113 786,00
Année	2	7 103,00	12 474,09	19 577,10	133 363,10
Année	3	7 280,58	13 721,50	21 002,08	154 365,18
Année	4	7 462,59	15 093,65	22 556,24	176 921,42
Année	5	7 649,16	16 603,02	24 252,17	201 173,60
Année	6	7 840,39	18 263,32	26 103,71	227 277,30
Année	7	8 036,40	20 089,65	28 126,05	255 403,35
Année	8	8 237,31	22 098,61	30 335,92	285 739,27
Année	9	8 443,24	24 308,48	32 751,72	318 490,99
Année	10	8 654,32	26 739,32	35 393,64	353 884,63
Année	11	8 870,68	29 413,26	38 283,93	392 168,56
Année	12	9 092,45	32 354,58	41 447,03	433 615,59
Année	13	9 319,76	35 590,04	44 909,80	478 525,39
Année	14	9 552,75	39 149,04	48 701,79	527 227,18
Année	15	9 791,57	43 063,95	52 855,52	580 082,70
Année	16	10 036,36	47 370,34	57 406,70	637 489,40
Année	17	10 287,27	52 107,38	62 394,64	699 884,04
Année	18	10 544,45	57 318,11	67 862,56	767 746,61
Année	19	10 808,06	63 049,93	73 857,99	841 604,59
Année	20	11 078,26	69 354,92	80 433,18	922 037,77
Année	21	11 355,22	76 290,41	87 645,63	1 009 683,40
Année	22	11 639,10	83 919,45	95 558,55	1 105 241,95
Année	23	11 930,08	92 311,40	104 241,47	1 209 483,43
Année	24	12 228,33	101 542,54	113 770,86	1 323 254,29
Année	25	12 534,04	111 696,79	124 230,83	1 447 485,12
Année	26	12 847,39	122 866,47	135 713,86	1 583 198,97
Année	27	13 168,57	135 153,12	148 321,69	1 731 520,66
Année	28	13 497,79	148 668,43	162 166,21	1 893 686,87
Année	29	13 835,23	163 535,27	177 370,50	2 071 057,38
Année	30	14 181,11	179 888,80	194 069,91	2 265 127,28
Total sur 30 ans		304 235	1 865 376	2 169 611	2 265 127
					1103

		2 Chaufferie gaz collective			
		P2+P3	P1 Gaz	Total annuel	t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i> →			163 602,40
Année	1	8 790,59	8 930,00	17 720,59	34,52
Année	2	9 010,36	9 823,00	18 833,36	34,52
Année	3	9 235,61	10 805,30	20 040,92	34,52
Année	4	9 466,50	11 885,83	21 352,34	34,52
Année	5	9 703,17	13 074,42	22 777,58	34,52
Année	6	9 945,75	14 381,86	24 327,61	34,52
Année	7	10 194,39	15 820,05	26 014,44	34,52
Année	8	10 449,25	17 402,05	27 851,30	34,52
Année	9	10 710,48	19 142,26	29 852,74	34,52
Année	10	10 978,24	21 056,48	32 034,72	34,52
Année	11	11 252,70	23 162,13	34 414,83	34,52
Année	12	11 534,02	25 478,34	37 012,36	34,52
Année	13	11 822,37	28 026,18	39 848,54	34,52
Année	14	12 117,93	30 828,79	42 946,72	34,52
Année	15	12 420,87	33 911,67	46 332,55	34,52
Année	16	12 731,40	37 302,84	50 034,24	34,52
Année	17	13 049,68	41 033,12	54 082,80	34,52
Année	18	13 375,92	45 136,44	58 512,36	34,52
Année	19	13 710,32	49 650,08	63 360,40	34,52
Année	20	14 053,08	54 615,09	68 668,17	34,52
Année	21	14 404,41	60 076,60	74 481,00	34,52
Année	22	14 764,52	66 084,26	80 848,77	34,52
Année	23	15 133,63	72 692,68	87 826,31	34,52
Année	24	15 511,97	79 961,95	95 473,92	34,52
Année	25	15 899,77	87 958,14	103 857,91	34,52
Année	26	16 297,26	96 753,96	113 051,22	34,52
Année	27	16 704,69	106 429,36	123 134,05	34,52
Année	28	17 122,31	117 072,29	134 194,60	34,52
Année	29	17 550,37	128 779,52	146 329,89	34,52
Année	30	17 989,13	141 657,47	159 646,60	34,52
Total sur 30 ans		385 931	1 468 932	1 854 863	1036

		3				
		Pac Air/Eau collective + chauffage électrique				
		P2+P3	P1Elec	P1Gaz	Total annuel	t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i>				185 805,10
Année	1	14 612,82	3 316,70	2 032,39	19 961,91	4,91
Année	2	14 978,14	3 548,87	2 235,63	20 762,64	4,91
Année	3	15 352,59	3 797,30	2 459,19	21 609,08	4,91
Année	4	15 736,41	4 063,11	2 705,11	22 504,63	4,91
Année	5	16 129,82	4 347,52	2 975,62	23 452,96	4,91
Année	6	16 533,06	4 651,85	3 273,19	24 458,10	4,91
Année	7	16 946,39	4 977,48	3 600,50	25 524,37	4,91
Année	8	17 370,05	5 325,90	3 960,55	26 656,51	4,91
Année	9	17 804,30	5 698,72	4 356,61	27 859,63	4,91
Année	10	18 249,41	6 097,63	4 792,27	29 139,31	4,91
Année	11	18 705,64	6 524,46	5 271,50	30 501,60	4,91
Année	12	19 173,28	6 981,17	5 798,65	31 953,10	4,91
Année	13	19 652,62	7 469,85	6 378,51	33 500,98	4,91
Année	14	20 143,93	7 992,74	7 016,36	35 153,04	4,91
Année	15	20 647,53	8 552,24	7 718,00	36 917,77	4,91
Année	16	21 163,72	9 150,89	8 489,80	38 804,41	4,91
Année	17	21 692,81	9 791,46	9 338,78	40 823,05	4,91
Année	18	22 235,13	10 476,86	10 272,66	42 984,65	4,91
Année	19	22 791,01	11 210,24	11 299,92	45 301,17	4,91
Année	20	23 360,79	11 994,95	12 429,92	47 785,66	4,91
Année	21	23 944,81	12 834,60	13 672,91	50 452,31	4,91
Année	22	24 543,43	13 733,02	15 040,20	53 316,65	4,91
Année	23	25 157,01	14 694,34	16 544,22	56 395,56	4,91
Année	24	25 785,94	15 722,94	18 198,64	59 707,51	4,91
Année	25	26 430,58	16 823,54	20 018,50	63 272,63	4,91
Année	26	27 091,35	18 001,19	22 020,35	67 112,89	4,91
Année	27	27 768,63	19 261,28	24 222,39	71 252,30	4,91
Année	28	28 462,85	20 609,57	26 644,63	75 717,04	4,91
Année	29	29 174,42	22 052,23	29 309,09	80 535,74	4,91
Année	30	29 903,78	23 595,89	32 240,00	85 739,67	4,91
Total sur 30 ans		641 542	313 299	334 316	1 623 473	147

		4				
		Chaufferie gaz collective + chauffage électrique				
		P2+P3	P1Elec	P1Gaz	Total annuel	Total cumulé
						t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i> →				152 414,84
Année	1	8 257,85	2 706,73	4 074,65	15 039,23	167 454,07
Année	2	8 464,30	2 896,20	4 482,12	15 842,61	183 296,68
Année	3	8 675,90	3 098,93	4 930,33	16 705,16	200 001,84
Année	4	8 892,80	3 315,85	5 423,37	17 632,02	217 633,86
Année	5	9 115,12	3 547,96	5 965,70	18 628,79	236 262,65
Année	6	9 343,00	3 796,32	6 562,27	19 701,59	255 964,24
Année	7	9 576,57	4 062,06	7 218,50	20 857,14	276 821,38
Année	8	9 815,99	4 346,41	7 940,35	22 102,75	298 924,13
Année	9	10 061,39	4 650,66	8 734,38	23 446,43	322 370,56
Année	10	10 312,92	4 976,20	9 607,82	24 896,95	347 267,51
Année	11	10 570,75	5 324,54	10 568,60	26 463,89	373 731,39
Année	12	10 835,01	5 697,26	11 625,47	28 157,73	401 889,13
Année	13	11 105,89	6 096,06	12 788,01	29 989,96	431 879,09
Année	14	11 383,54	6 522,79	14 066,81	31 973,14	463 852,23
Année	15	11 668,13	6 979,38	15 473,49	34 121,00	497 973,23
Année	16	11 959,83	7 467,94	17 020,84	36 448,61	534 421,84
Année	17	12 258,82	7 990,70	18 722,93	38 972,45	573 394,29
Année	18	12 565,29	8 550,04	20 595,22	41 710,56	615 104,85
Année	19	12 879,43	9 148,55	22 654,74	44 682,72	659 787,57
Année	20	13 201,41	9 788,95	24 920,22	47 910,58	707 698,14
Année	21	13 531,45	10 474,17	27 412,24	51 417,86	759 116,00
Année	22	13 869,73	11 207,36	30 153,46	55 230,56	814 346,56
Année	23	14 216,48	11 991,88	33 168,81	59 377,17	873 723,73
Année	24	14 571,89	12 831,31	36 485,69	63 888,89	937 612,62
Année	25	14 936,19	13 729,50	40 134,26	68 799,95	1 006 412,56
Année	26	15 309,59	14 690,57	44 147,68	74 147,84	1 080 560,41
Année	27	15 692,33	15 718,91	48 562,45	79 973,69	1 160 534,10
Année	28	16 084,64	16 819,23	53 418,70	86 322,57	1 246 856,67
Année	29	16 486,76	17 996,58	58 760,57	93 243,90	1 340 100,57
Année	30	16 898,92	19 256,34	64 636,62	100 791,89	1 440 892,45
Total sur 30 ans		362 542	255 679	670 256	1 288 478	1 440 892
						420

10- Simulation en coût global actualisé sur 30 ans (€ HT)

Scénario d'augmentation de l'énergie :

FORT

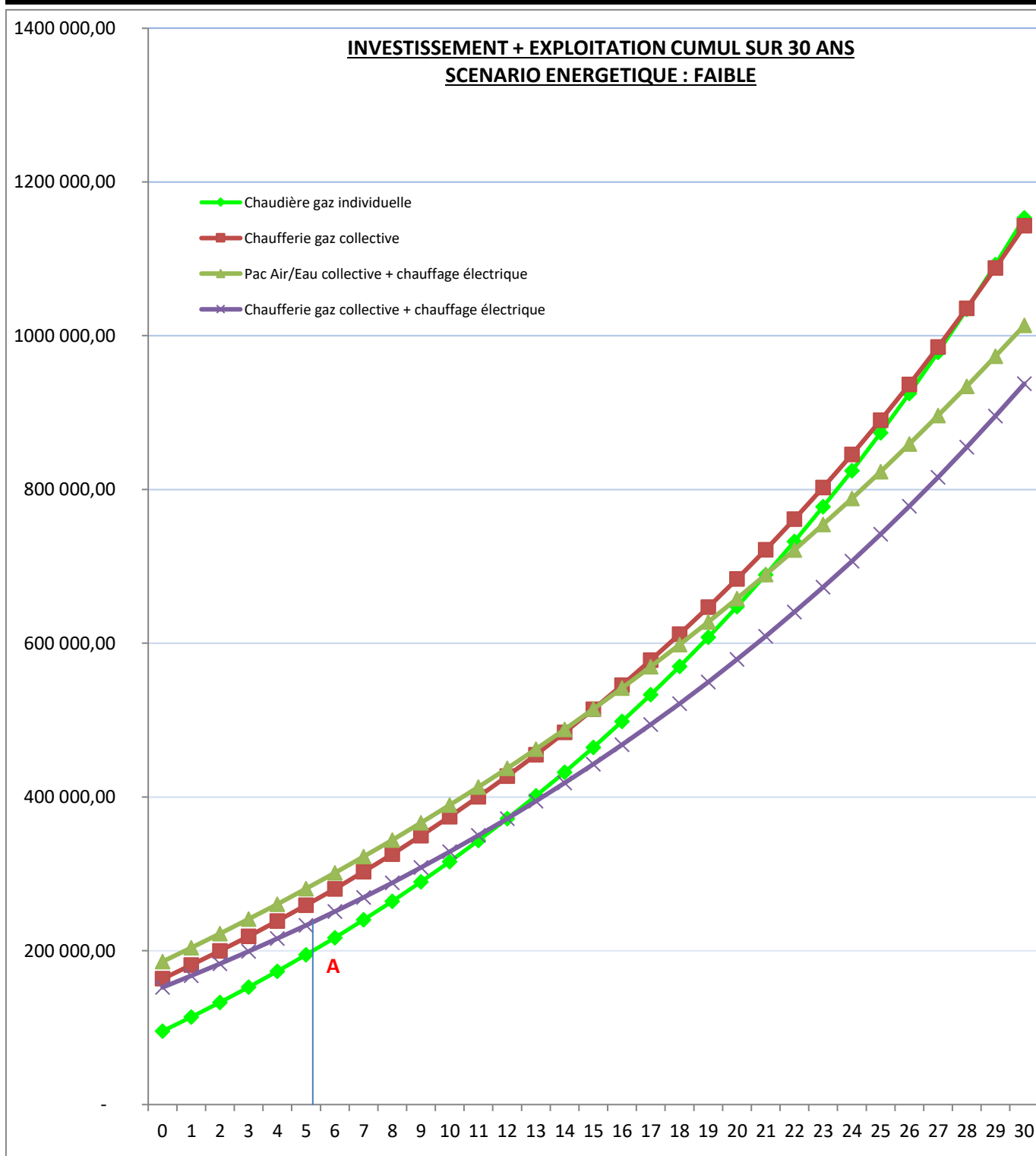
Solution de référence	1 Chaudière gaz individuelle				
	P2+P3	P1 Gaz	Total annuel	Total cumulé	t CO2/an
Année 0		<i>Investissement</i> →		95 516,16	
Année 1	6 929,76	11 340,08	18 269,84	113 786,00	36,77
Année 2	7 103,00	13 041,10	20 144,10	133 930,10	36,77
Année 3	7 280,58	14 997,26	22 277,84	156 207,94	36,77
Année 4	7 462,59	17 246,85	24 709,44	180 917,39	36,77
Année 5	7 649,16	19 833,88	27 483,04	208 400,42	36,77
Année 6	7 840,39	22 808,96	30 649,35	239 049,77	36,77
Année 7	8 036,40	26 230,30	34 266,70	273 316,46	36,77
Année 8	8 237,31	30 164,85	38 402,15	311 718,62	36,77
Année 9	8 443,24	34 689,57	43 132,81	354 851,43	36,77
Année 10	8 654,32	39 893,01	48 547,33	403 398,76	36,77
Année 11	8 870,68	45 876,96	54 747,64	458 146,40	36,77
Année 12	9 092,45	52 758,51	61 850,95	519 997,36	36,77
Année 13	9 319,76	60 672,28	69 992,04	589 989,40	36,77
Année 14	9 552,75	69 773,12	79 325,88	669 315,27	36,77
Année 15	9 791,57	80 239,09	90 030,66	759 345,93	36,77
Année 16	10 036,36	92 274,96	102 311,32	861 657,25	36,77
Année 17	10 287,27	106 116,20	116 403,47	978 060,72	36,77
Année 18	10 544,45	122 033,63	132 578,08	1 110 638,80	36,77
Année 19	10 808,06	140 338,68	151 146,74	1 261 785,53	36,77
Année 20	11 078,26	161 389,48	172 467,74	1 434 253,27	36,77
Année 21	11 355,22	185 597,90	196 953,12	1 631 206,39	36,77
Année 22	11 639,10	213 437,58	225 076,68	1 856 283,07	36,77
Année 23	11 930,08	245 453,22	257 383,30	2 113 666,37	36,77
Année 24	12 228,33	282 271,20	294 499,53	2 408 165,90	36,77
Année 25	12 534,04	324 611,88	337 145,92	2 745 311,82	36,77
Année 26	12 847,39	373 303,67	386 151,05	3 131 462,87	36,77
Année 27	13 168,57	429 299,22	442 467,79	3 573 930,66	36,77
Année 28	13 497,79	493 694,10	507 191,89	4 081 122,55	36,77
Année 29	13 835,23	567 748,21	581 583,45	4 662 705,99	36,77
Année 30	14 181,11	652 910,45	667 091,56	5 329 797,55	36,77
Total sur 30 ans	304 235	4 930 046	5 234 281	5 329 798	1103

		2			
		Chaufferie gaz collective			
		P2+P3	P1 Gaz	Total annuel	t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i> →			163 602,40
Année	1	8 790,59	8 930,00	17 720,59	34,52
Année	2	9 010,36	10 269,50	19 279,86	34,52
Année	3	9 235,61	11 809,93	21 045,54	34,52
Année	4	9 466,50	13 581,42	23 047,92	34,52
Année	5	9 703,17	15 618,63	25 321,80	34,52
Année	6	9 945,75	17 961,43	27 907,17	34,52
Année	7	10 194,39	20 655,64	30 850,03	34,52
Année	8	10 449,25	23 753,99	34 203,24	34,52
Année	9	10 710,48	27 317,08	38 027,57	34,52
Année	10	10 978,24	31 414,65	42 392,89	34,52
Année	11	11 252,70	36 126,84	47 379,54	34,52
Année	12	11 534,02	41 545,87	53 079,89	34,52
Année	13	11 822,37	47 777,75	59 600,12	34,52
Année	14	12 117,93	54 944,41	67 062,34	34,52
Année	15	12 420,87	63 186,08	75 606,95	34,52
Année	16	12 731,40	72 663,99	85 395,38	34,52
Année	17	13 049,68	83 563,58	96 613,27	34,52
Année	18	13 375,92	96 098,12	109 474,05	34,52
Année	19	13 710,32	110 512,84	124 223,16	34,52
Année	20	14 053,08	127 089,77	141 142,85	34,52
Année	21	14 404,41	146 153,23	160 557,64	34,52
Année	22	14 764,52	168 076,22	182 840,73	34,52
Année	23	15 133,63	193 287,65	208 421,28	34,52
Année	24	15 511,97	222 280,80	237 792,77	34,52
Année	25	15 899,77	255 622,92	271 522,69	34,52
Année	26	16 297,26	293 966,35	310 263,62	34,52
Année	27	16 704,69	338 061,31	354 766,00	34,52
Année	28	17 122,31	388 770,50	405 892,82	34,52
Année	29	17 550,37	447 086,08	464 636,45	34,52
Année	30	17 989,13	514 148,99	532 138,12	34,52
Total sur 30 ans		385 931	3 882 276	4 268 206	1036

		3				
		Pac Air/Eau collective + chauffage électrique				
		P2+P3	P1Elec	P1Gaz	Total annuel	t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i>				185 805,10
Année	1	14 612,82	3 316,70	2 032,39	19 961,91	4,91
Année	2	14 978,14	3 648,38	2 337,25	20 963,76	4,91
Année	3	15 352,59	4 013,21	2 687,84	22 053,64	4,91
Année	4	15 736,41	4 414,53	3 091,01	23 241,95	4,91
Année	5	16 129,82	4 855,99	3 554,66	24 540,47	4,91
Année	6	16 533,06	5 341,59	4 087,86	25 962,51	4,91
Année	7	16 946,39	5 875,75	4 701,04	27 523,18	4,91
Année	8	17 370,05	6 463,32	5 406,20	29 239,57	4,91
Année	9	17 804,30	7 109,65	6 217,13	31 131,08	4,91
Année	10	18 249,41	7 820,62	7 149,70	33 219,72	4,91
Année	11	18 705,64	8 602,68	8 222,15	35 530,47	4,91
Année	12	19 173,28	9 462,95	9 455,48	38 091,71	4,91
Année	13	19 652,62	10 409,24	10 873,80	40 935,65	4,91
Année	14	20 143,93	11 450,16	12 504,87	44 098,96	4,91
Année	15	20 647,53	12 595,18	14 380,60	47 623,31	4,91
Année	16	21 163,72	13 854,70	16 537,69	51 556,10	4,91
Année	17	21 692,81	15 240,17	19 018,34	55 951,32	4,91
Année	18	22 235,13	16 764,19	21 871,09	60 870,41	4,91
Année	19	22 791,01	18 440,60	25 151,75	66 383,37	4,91
Année	20	23 360,79	20 284,67	28 924,52	72 569,97	4,91
Année	21	23 944,81	22 313,13	33 263,19	79 521,13	4,91
Année	22	24 543,43	24 544,45	38 252,67	87 340,54	4,91
Année	23	25 157,01	26 998,89	43 990,58	96 146,48	4,91
Année	24	25 785,94	29 698,78	50 589,16	106 073,88	4,91
Année	25	26 430,58	32 668,66	58 177,54	117 276,78	4,91
Année	26	27 091,35	35 935,52	66 904,17	129 931,04	4,91
Année	27	27 768,63	39 529,07	76 939,79	144 237,50	4,91
Année	28	28 462,85	43 481,98	88 480,76	160 425,59	4,91
Année	29	29 174,42	47 830,18	101 752,87	178 757,47	4,91
Année	30	29 903,78	52 613,20	117 015,80	199 532,78	4,91
Total sur 30 ans		641 542	545 578	883 572	2 070 692	147

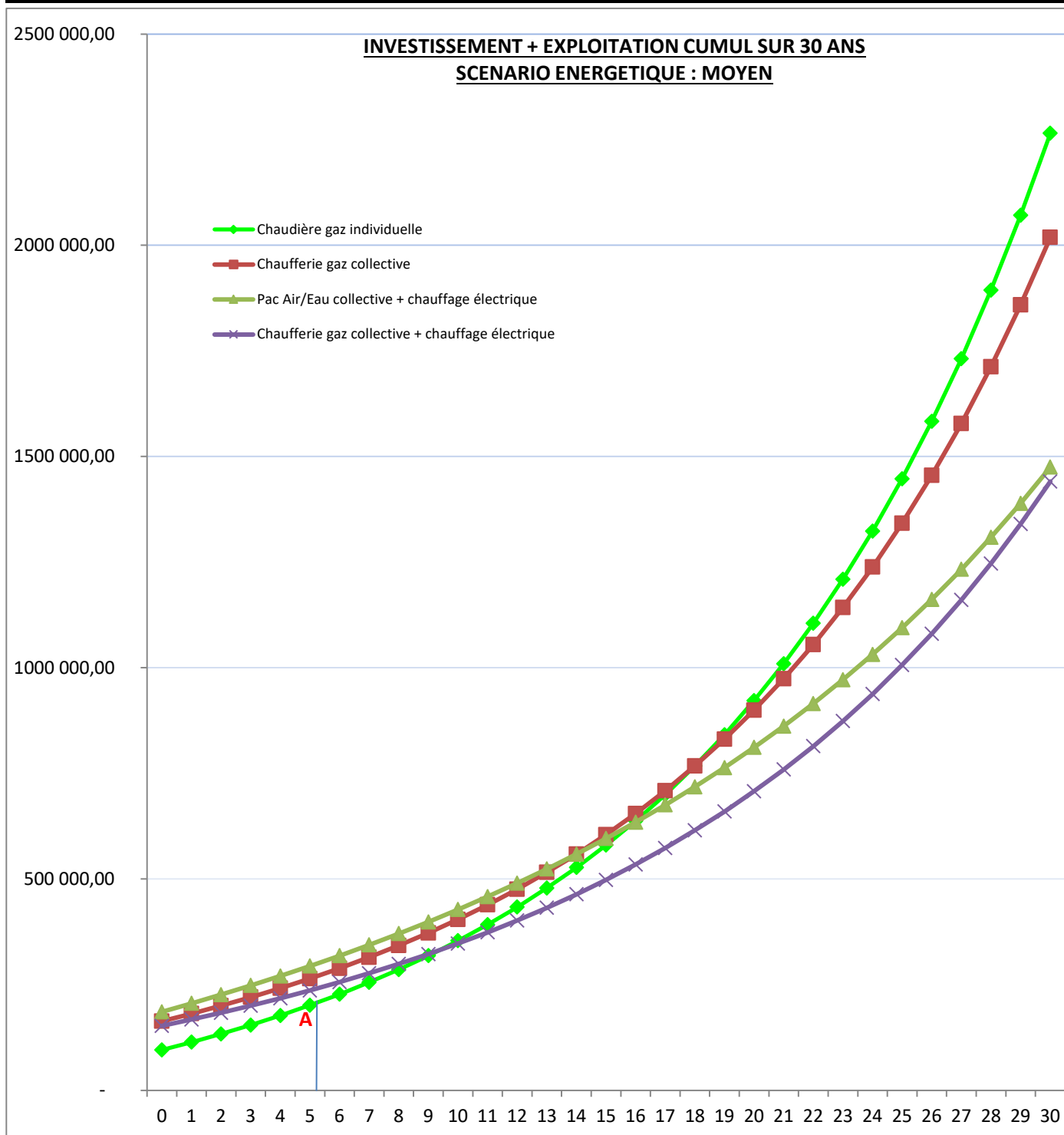
		4				
		Chaufferie gaz collective + chauffage électrique				
		P2+P3	P1 Elec	P1Gaz	Total annuel	t CO2/an
Année	0	<i>Investissement</i> →				152 414,84
Année	1	8 257,85	2 706,73	4 074,65	15 039,23	13,99
Année	2	8 464,30	2 977,40	4 685,85	16 127,55	13,99
Année	3	8 675,90	3 275,14	5 388,73	17 339,77	13,99
Année	4	8 892,80	3 602,65	6 197,04	18 692,49	13,99
Année	5	9 115,12	3 962,92	7 126,60	20 204,63	13,99
Année	6	9 343,00	4 359,21	8 195,59	21 897,79	13,99
Année	7	9 576,57	4 795,13	9 424,92	23 796,63	13,99
Année	8	9 815,99	5 274,64	10 838,66	25 929,29	13,99
Année	9	10 061,39	5 802,11	12 464,46	28 327,95	13,99
Année	10	10 312,92	6 382,32	14 334,13	31 029,37	13,99
Année	11	10 570,75	7 020,55	16 484,25	34 075,54	13,99
Année	12	10 835,01	7 722,60	18 956,89	37 514,50	13,99
Année	13	11 105,89	8 494,86	21 800,42	41 401,17	13,99
Année	14	11 383,54	9 344,35	25 070,48	45 798,37	13,99
Année	15	11 668,13	10 278,78	28 831,06	50 777,97	13,99
Année	16	11 959,83	11 306,66	33 155,72	56 422,21	13,99
Année	17	12 258,82	12 437,33	38 129,07	62 825,23	13,99
Année	18	12 565,29	13 681,06	43 848,43	70 094,79	13,99
Année	19	12 879,43	15 049,17	50 425,70	78 354,29	13,99
Année	20	13 201,41	16 554,08	57 989,55	87 745,05	13,99
Année	21	13 531,45	18 209,49	66 687,99	98 428,93	13,99
Année	22	13 869,73	20 030,44	76 691,18	110 591,36	13,99
Année	23	14 216,48	22 033,49	88 194,86	124 444,83	13,99
Année	24	14 571,89	24 236,83	101 424,09	140 232,82	13,99
Année	25	14 936,19	26 660,52	116 637,71	158 234,41	13,99
Année	26	15 309,59	29 326,57	134 133,36	178 769,52	13,99
Année	27	15 692,33	32 259,23	154 253,37	202 204,92	13,99
Année	28	16 084,64	35 485,15	177 391,37	228 961,16	13,99
Année	29	16 486,76	39 033,66	204 000,08	259 520,50	13,99
Année	30	16 898,92	42 937,03	234 600,09	294 436,04	13,99
Total sur 30 ans		362 542	445 240	1 771 436	2 579 218	420

COMPARATIF EN COUT GLOBAL ET ENVIRONNEMENTAL DES PRODUCTIONS D'ENERGIE HYPOTHESE AUGMENTATION FAIBLE DU COUT DES ENERGIES



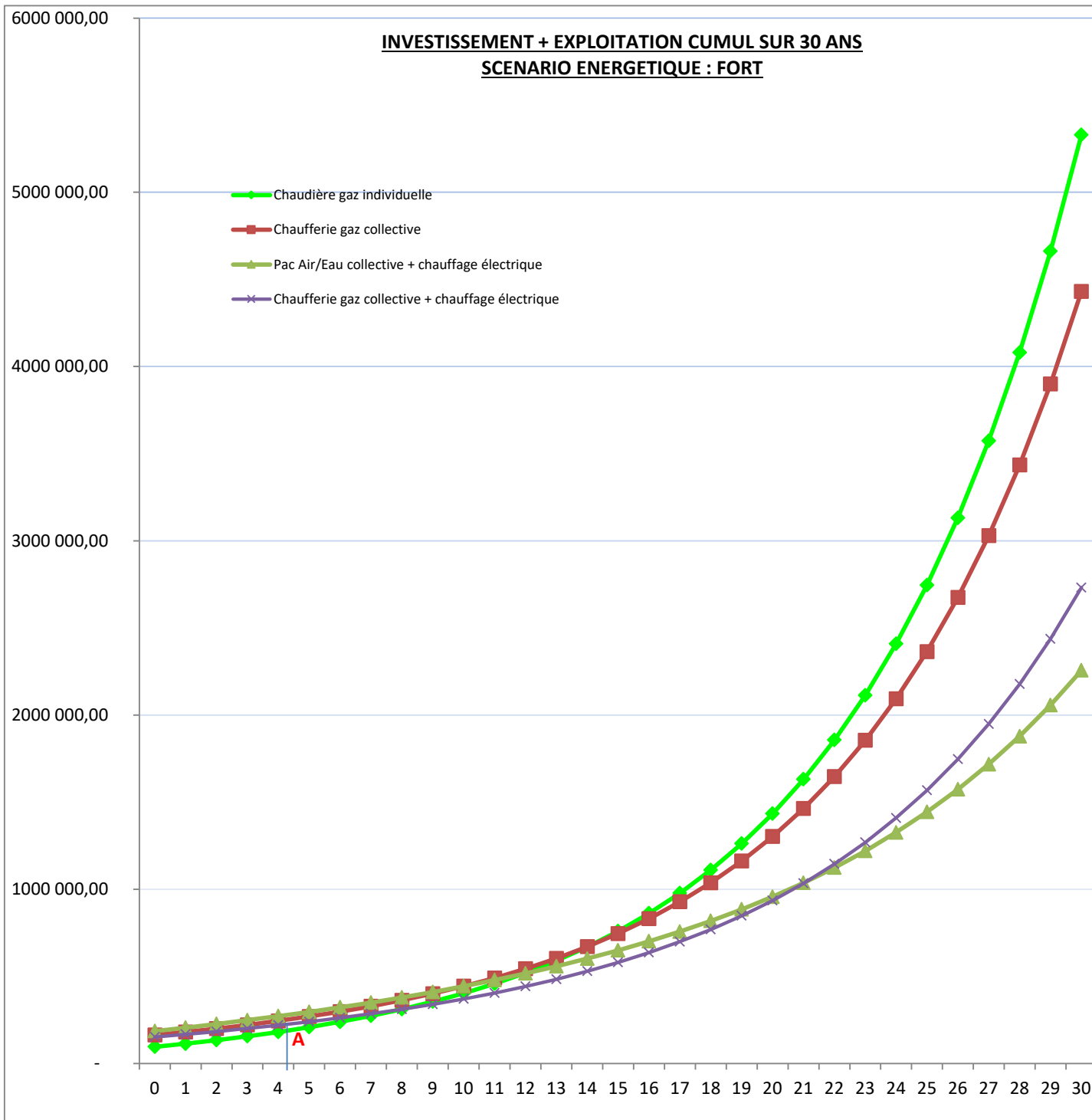
A : La solution ECS chaudière gaz collective avec chauffage électrique est rentabilisée par rapport à la solution chaudière individuelle par un P1+P2+P3 plus performant sur 5 ans environ.

COMPARATIF EN COUT GLOBAL ET ENVIRONNEMENTAL DES PRODUCTIONS D'ENERGIE HYPOTHESE AUGMENTATION MOYENNE DU COUT DES ENERGIES



A : La solution ECS chaudière gaz collective avec chauffage électrique est rentabilisée par rapport à la solution chaudière individuelle par un P1+P2+P3 plus performant sur 5 ans environ.

COMPARATIF EN COUT GLOBAL ET ENVIRONNEMENTAL DES PRODUCTIONS D'ENERGIE HYPOTHESE AUGMENTATION FORTE DU COUT DES ENERGIES

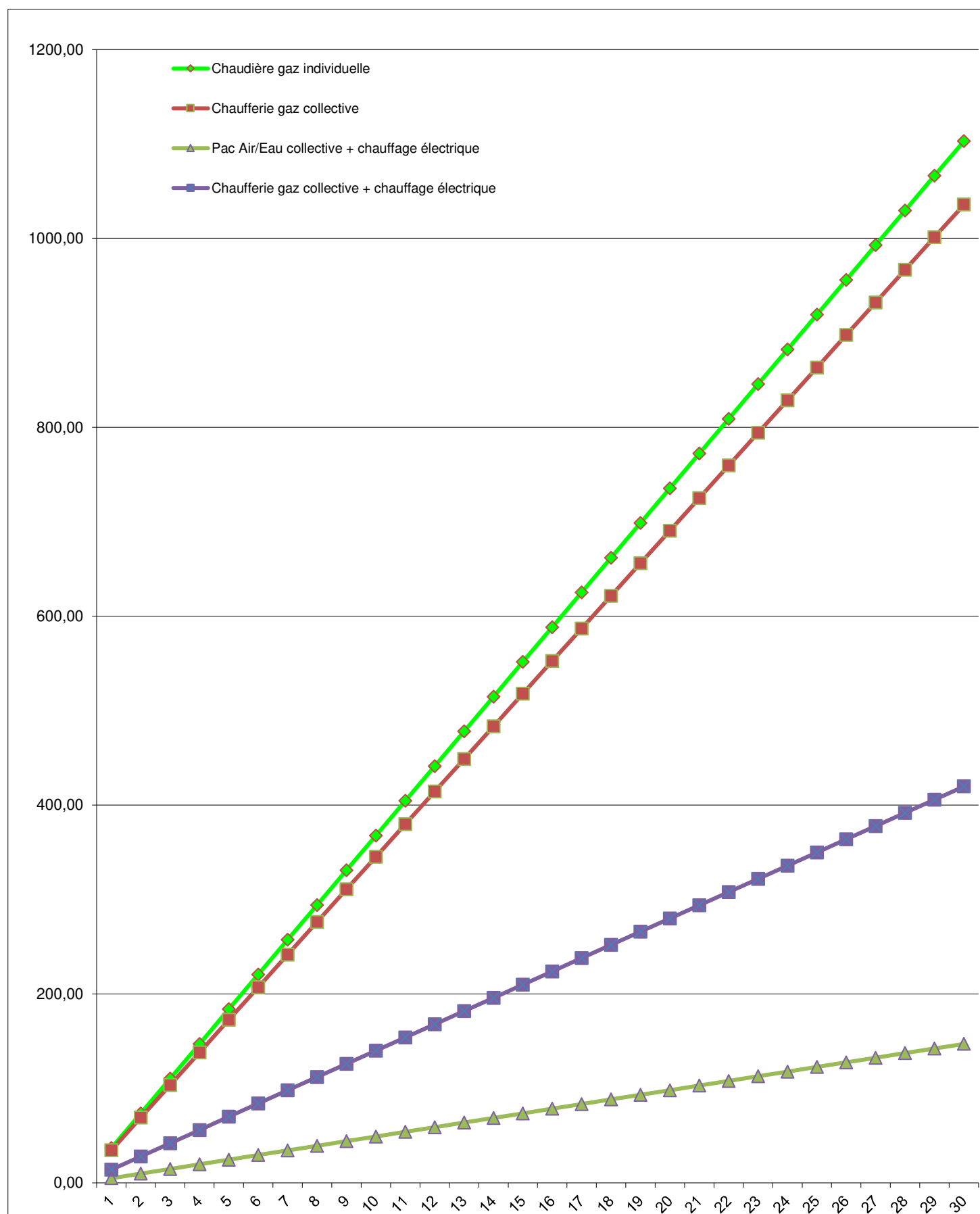


A : La solution ECS chaudière gaz collective avec chauffage électrique est rentabilisée par rapport à la solution chaudière individuelle par un P1+P2+P3 plus performant sur 4 ans environ.

COMPARATIF DES REJETS EN TONNES DE CO2 CUMULES SUR 30 ANS

	N°1	N°2	N°3	N°4
	t CO2	t CO2	t CO2	t CO2
Année 0				
Année 1	36,77	34,52	4,91	13,99
Année 2	73,54	69,05	9,81	27,98
Année 3	110,31	103,57	14,72	41,98
Année 4	147,08	138,10	19,62	55,97
Année 5	183,85	172,62	24,53	69,96
Année 6	220,61	207,15	29,43	83,95
Année 7	257,38	241,67	34,34	97,94
Année 8	294,15	276,20	39,25	111,94
Année 9	330,92	310,72	44,15	125,93
Année 10	367,69	345,25	49,06	139,92
Année 11	404,46	379,77	53,96	153,91
Année 12	441,23	414,30	58,87	167,90
Année 13	478,00	448,82	63,77	181,90
Année 14	514,77	483,35	68,68	195,89
Année 15	551,54	517,87	73,59	209,88
Année 16	588,31	552,40	78,49	223,87
Année 17	625,08	586,92	83,40	237,86
Année 18	661,84	621,45	88,30	251,86
Année 19	698,61	655,97	93,21	265,85
Année 20	735,38	690,50	98,11	279,84
Année 21	772,15	725,02	103,02	293,83
Année 22	808,92	759,55	107,93	307,82
Année 23	845,69	794,07	112,83	321,82
Année 24	882,46	828,60	117,74	335,81
Année 25	919,23	863,12	122,64	349,80
Année 26	956,00	897,65	127,55	363,79
Année 27	992,77	932,17	132,45	377,78
Année 28	1029,54	966,70	137,36	391,78
Année 29	1066,31	1001,22	142,27	405,77
Année 30	1103	1036	147	420

COMPARATIF DES REJETS EN TONNES DE CO2 CUMULES SUR 30 ANS



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX DE LA PRODUCTION ENERGETIQUE

Solution No 1

Consommation énergétique (en énergie primaire)

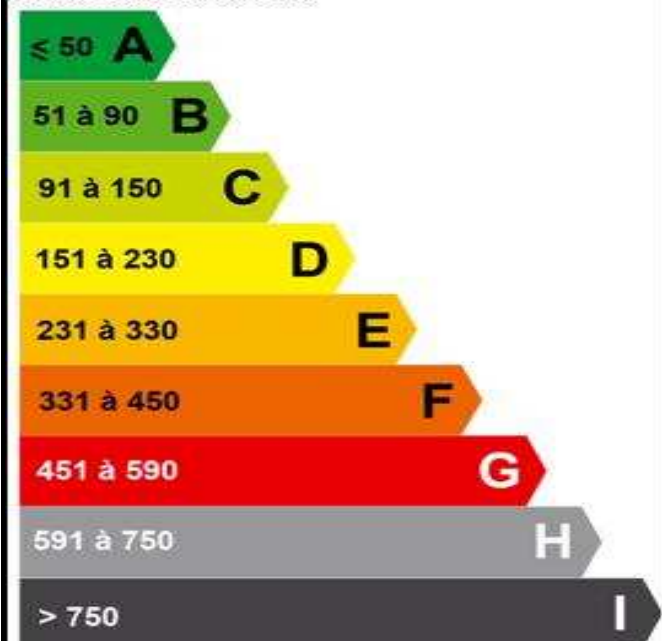
Energie :

Consommation réelle :

Chaudière gaz individuelle

Gaz
93,55

Bâtiment économe



kWh_{EP}/m².an



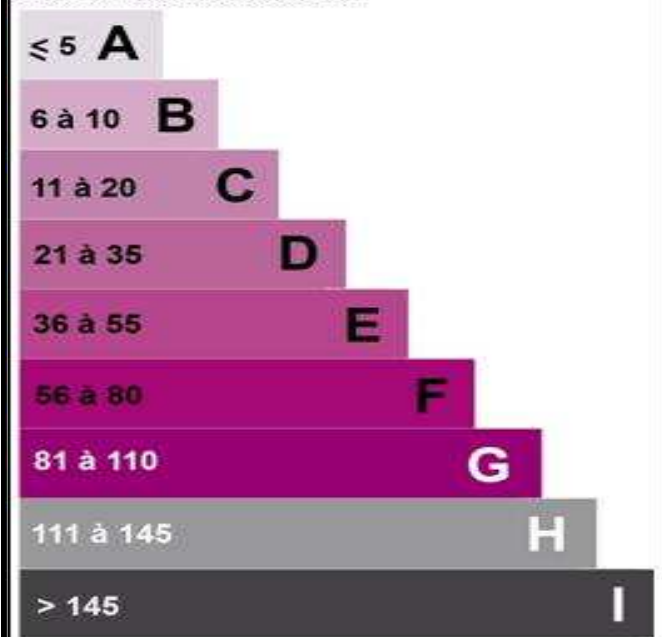
Emission de Gaz à effet de serre (GES)

Energie :

Estimation des émissions :

Gaz
21,89

Faible émission de GES



kg_{eq}CO₂/m².an



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX DE LA PRODUCTION ENERGETIQUE

Solution No 2

Consommation énergétique (en énergie primaire)

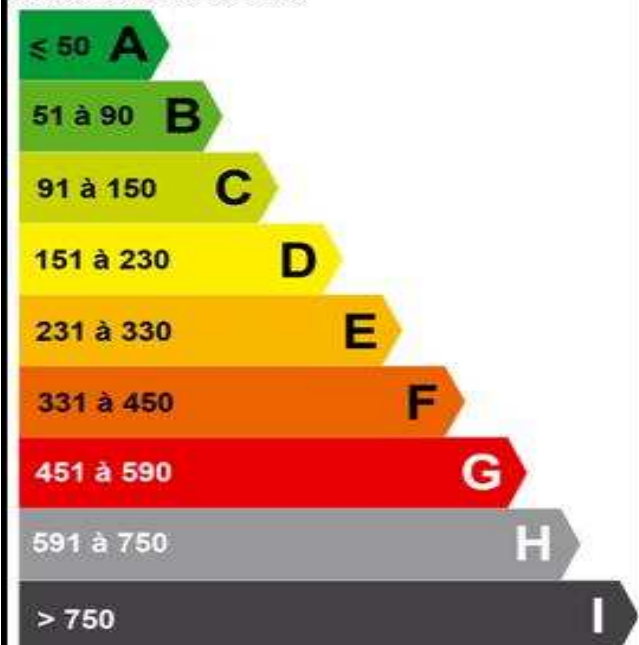
Energie :

Consommation réelle :

Chaufferie gaz collective

Gaz
87,84

Bâtiment économe



Bâtiment énergivore

kWh_{EP}/m².an



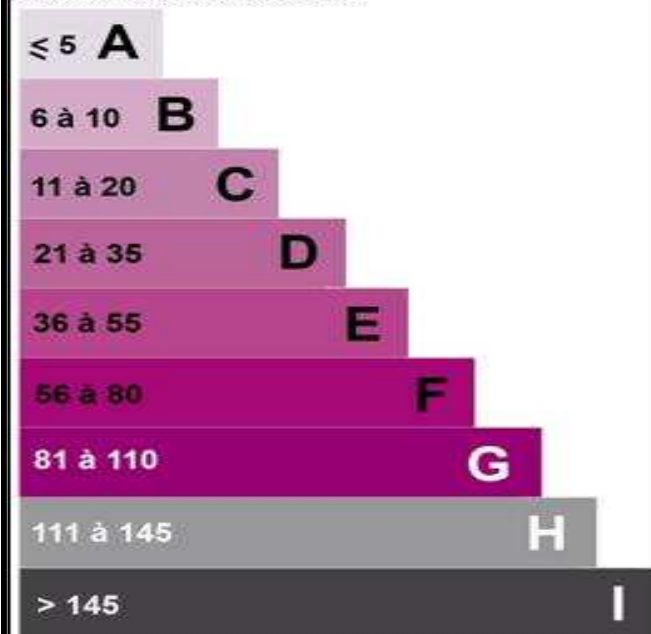
Emission de Gaz à effet de serre (GES)

Energie :

Estimation des émissions :

Gaz
20,55

Faible émission de GES



Forte émission de GES

kg_{eq}CO₂/m².an



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX DE LA PRODUCTION ENERGETIQUE

Solution No 3

Consommation énergétique (en énergie primaire)

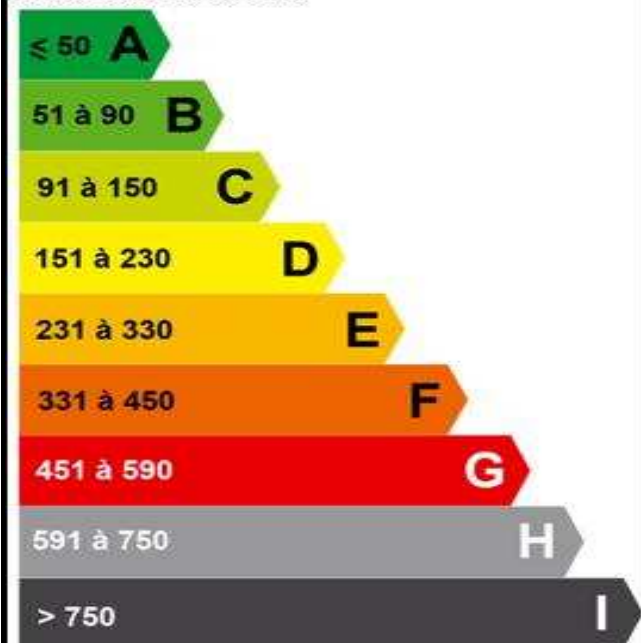
Energie :

Consommation réelle :

Pac Air/Eau collective + chauffage électrique

Elec
47,64

Bâtiment économe



Bâtiment énergivore

kWh_{EP}/m².an



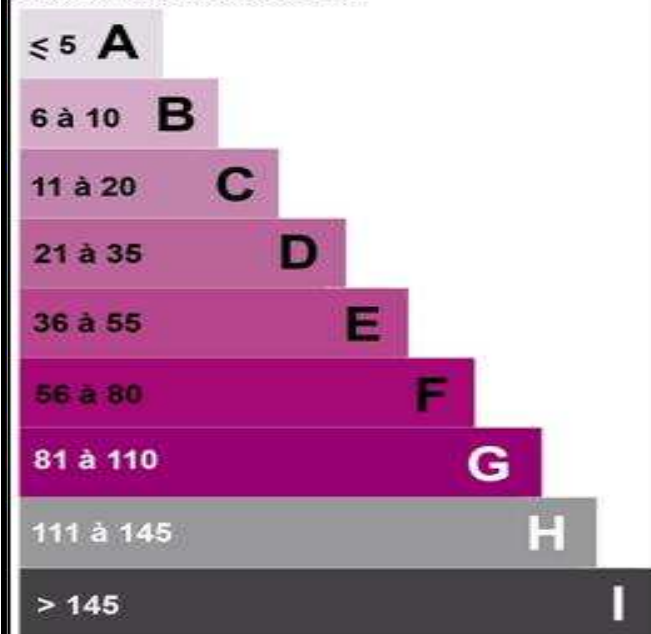
Emission de Gaz à effet de serre (GES)

Energie :

Estimation des émissions :

Elec
2,92

Faible émission de GES



Forte émission de GES

kg_{eq}CO₂/m².an



INDICATEURS ENVIRONNEMENTAUX DE LA PRODUCTION ENERGETIQUE

Solution No 4

Consommation énergétique (en énergie primaire)

Energie :

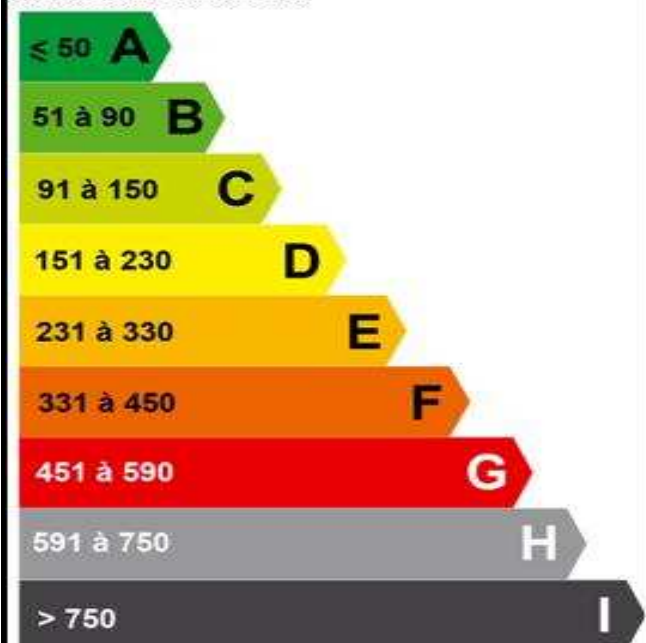
Consommation réelle :

Chaufferie gaz collective + chauffage électrique

Gaz et Elec

58,18

Bâtiment économe



kWh_{EP}/m².an



Emission de Gaz à effet de serre (GES)

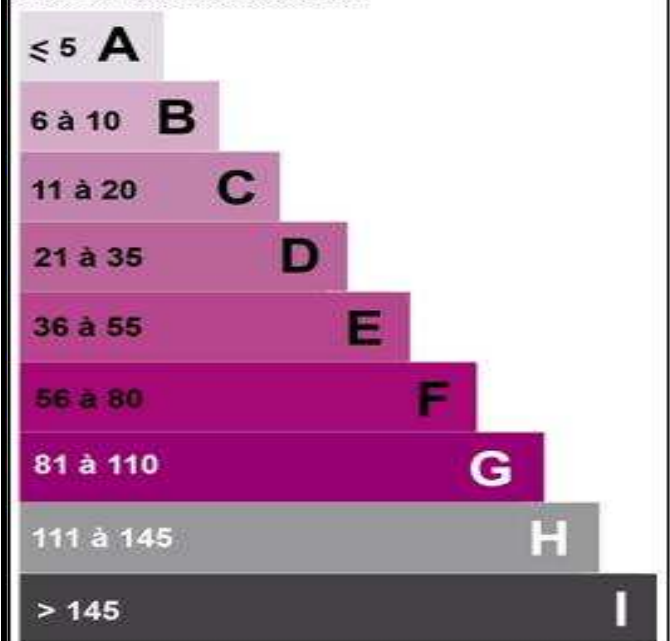
Energie :

Estimation des émissions :

Gaz et Elec

8,33

Faible émission de GES



kg_{éqCO2}/m².an



SYNTHESE

Bilan des différentes solutions :

1) Solution Chaudière individuelle

Avantages :

- Solution la plus économique à l'investissement.
- Qualité de service sur le chauffage et l'ECS.
- Très bon rendement sur la distribution ECS (perte dans le logement uniquement).

Inconvénients :

- Encombrement de la chaudière dans le logement.
- Encombrement des multiples conduits de fumée 3CE.
- Colonnes montantes gaz avec contraintes de sécurité incendie.
- Bilan environnemental le plus défavorable des solutions.

2) Solution Chaufferie collective gaz

Avantages :

- Supprime l'encombrement des chaudières dans les logement (No 1).
- Abonnement gaz collectif inférieur au cumul des 50 abonnements individuels.
- Tarif gaz B2I plus performant que le B0.
- Un seul conduit de fumée en gaine technique coupe feu.

Inconvénients :

- Encombrement des gaines techniques pour la distribution de chauffage et des modules d'appartement.
- Diminution des rendements de distribution malgré l'utilisation de Module d'appartement.
- Bilan environnemental parmi les plus médiocres des solutions.

3) Solution production d'ECS par PAC Air / Eau et chauffage électrique

Avantages :

- Bilan environnemental le plus favorable
- Supprime l'encombrement des chaudières dans les logement (No 1).

Inconvénients :

- Reprend les inconvénients de l'ECS collective en matière de distribution

4) Solution production d'ECS par chaudière gaz à condensation collective et chauffage par radiateur électrique

Avantages :

- Supprime l'encombrement des chaudières dans les logement (No 1)
- Supprime le gaz dans les logements et les contraintes de sécurité incendie
- Abonnement gaz collectif largement inférieur au cumul des 50 abonnements individuels
- Amélioration du bilan environnemental en regard de la solution 2.

Inconvénients :

- reprend les inconvénients de l'ECS collective en matière de distribution

Synthèse sur les simulations à 30 années

La solution No 4 : chauffage en électrique et production d'ECS par chaudière gaz collective à condensation est la solution la plus avantageuse aussi bien au niveau environnemental que du point de vu financier.

La solution No 3 : chauffage électrique et production d'ECS par PAC Air/Eau collective est la solution la plus avantageuse du point de vue environnemental. Du fait d'un investissement supérieur, sa rentabilité ne se révèle seulement dans le long terme dans le cas d'une forte hausse du coût des énergies.

Malgrès un investissement initial plus important que la solution 1, celle ci est bien plus rentable sur 30 ans du fait d'un P1+P2+P3 plus favorable.

Les deux dernières solutions sont rentabilisées sur le long terme et présentent des rejets de CO2 moins importants que les deux premières solutions.

Conclusion :

En regard de l'étude présentée ici, la solution chauffage électrique et production d'ECS par chaudière gaz collective à condensation est la plus intéressante pour le Maître d'Ouvrage.