



A.D ENVIRONNEMENT

RAPPORT D'ÉTUDE

CC de Saint Marcelin en Vercors

7 rue du Colombier
38160 Saint-Marcelin

Version du 17 / 09 /2020

SYNTHESE ETUDE DE FAISABILITE DES APPROVISIONNEMENTS EN ENERGIE

Projet : Extension de la zone économique intercommunale des levées à
Vinay



SOMMAIRE

1. La mission.....	3
2. Etude.....	4
2.1. Système pressenti.....	4
2.2. Solaire thermique	5
2.3. Solaire photovoltaïque.....	6
2.4. Bois, Biomasse.....	7
2.5. Eolien.....	8
2.6. Réseau de chaleur.....	10
2.7. Pompe à chaleur air/eau.....	11
2.8. Géothermie.....	11
2.9. Chaudière à condensation.....	13
2.10. Système de production combinée de chaleur et d'électricité.....	14
2.11. Tableau synthétique.....	15
3. Conclusion.....	17

1. La mission

Dans le cadre de l'opération d'aménagement d'un territoire à forte dominante agricole sur la commune de Vinay, une étude de faisabilité technico-économique des solutions d'approvisionnement en énergie est obligatoire. Cette étude est basée sur des estimations ainsi que sur les différentes études auparavant réalisées (environnementale, ...).

Elle a pour but de faire l'inventaire des recours possibles aux énergies renouvelables et aux systèmes les plus performants. Le maître d'ouvrage a par la suite la liberté de choisir la ou les sources d'énergie pour alimenter son projet. Il est guidé par les conclusions de cette étude qui visent notamment à raisonner selon des indicateurs énergétiques, environnementaux et économiques. Le système d'approvisionnement en énergie choisi préalablement est appelé système pressenti et est comparé à d'autres systèmes d'approvisionnement en énergie, appelés variantes.

L'étude doit aborder, à minima, les systèmes d'approvisionnement en énergie suivants :

- Les systèmes solaires thermiques ;
- Les systèmes solaires photovoltaïques ;
- Les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse ;
- Les systèmes éoliens ;
- Le raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif (si existant) ;
- Les pompes à chaleur géothermiques ;
- Les autres types de pompes à chaleur ;
- Les chaudières à condensation ;
- Les systèmes de production combinée de chaleur et d'électricité.

2. Etude

2.1. Système pressenti

L'étude de faisabilité technique et économique des solutions d'approvisionnement en énergie est établie sur la base des données suivantes :

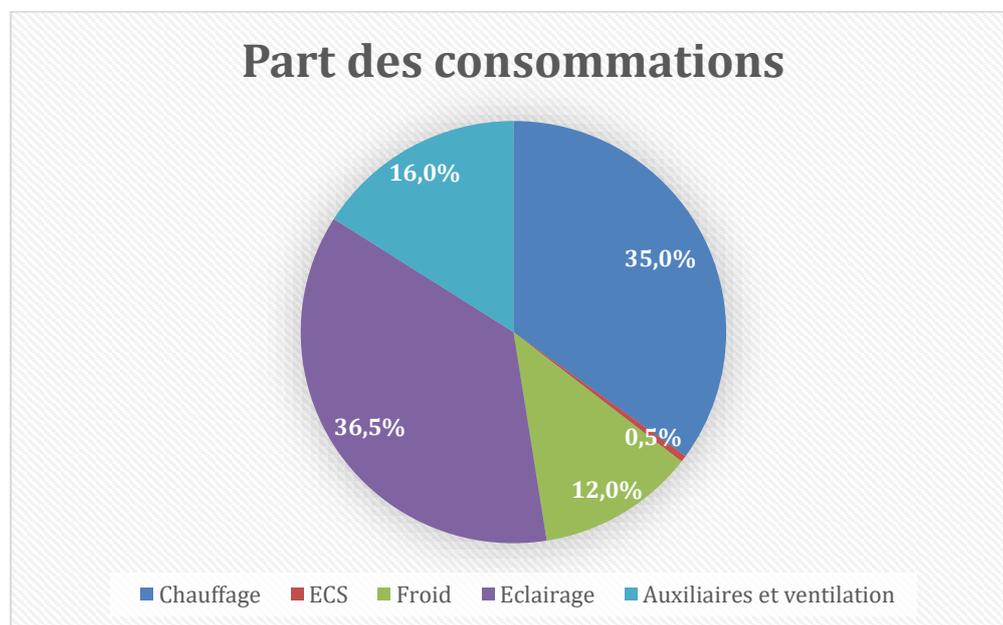
Construction d'une extension de la Zone d'Activités Economiques Intercommunale des Levées d'environ 56 000 m² de surface de bâtiment. En absence d'éléments sur les bâtiments construits l'hypothèse a été la suivante : 94 080 m² de surface de lots, occupés à 15% par des espaces vert, 85% d'imperméabilisé dont 70% de bâtiment.

Localisation : Vinay (38 470).

Les systèmes pressentis pour alimenter les différents bâtiments à usages industriel sont des roofs - tops réversibles. L'eau chaude sanitaire sera produite par l'intermédiaire de ballons électriques.

Les caractéristiques des bâtiments n'étant pas connus et le projet n'étant pas encore à la phase du permis de construire, phase nécessitant une étude de réglementation thermique, les consommations ont été estimées d'après le type de bâtiments (industriel) avec une énergie finale de 100kWh/m².an.

La répartition des usages a été définie en fonction des autres cas rencontrés dans l'industrie et est la suivante :



Le détail de la consommation conventionnelle par poste est alors le suivant :

Détail des consommations conventionnelles	Chauffage	ECS	Froid	Eclairage	Auxiliaires	Production d'électricité	Cep
	Electricité	Electricité	Electricité	Electricité	Electricité	Electricité	
kWhEP/an	5 056 800	72 240	1 733 760	5 273 520	2 311 680	0	14 448 000
kWhEP/m ² .an	90,30	1,29	30,96	94,17	41,28	0	258

Caractéristiques liées aux systèmes pressentis

- Consommation conventionnelle d'énergie : 258 kWhEP/m².an (Classe Energie E) ;
- Emission de gaz à effet de serre : 4,84 kgCO₂/m².an (Classe Climat A) ;
- Investissement global estimé : 2 334 000 € TTC
- Coûts d'exploitation¹ : 999 100 € TTC/an.

2.2.Solaire thermique

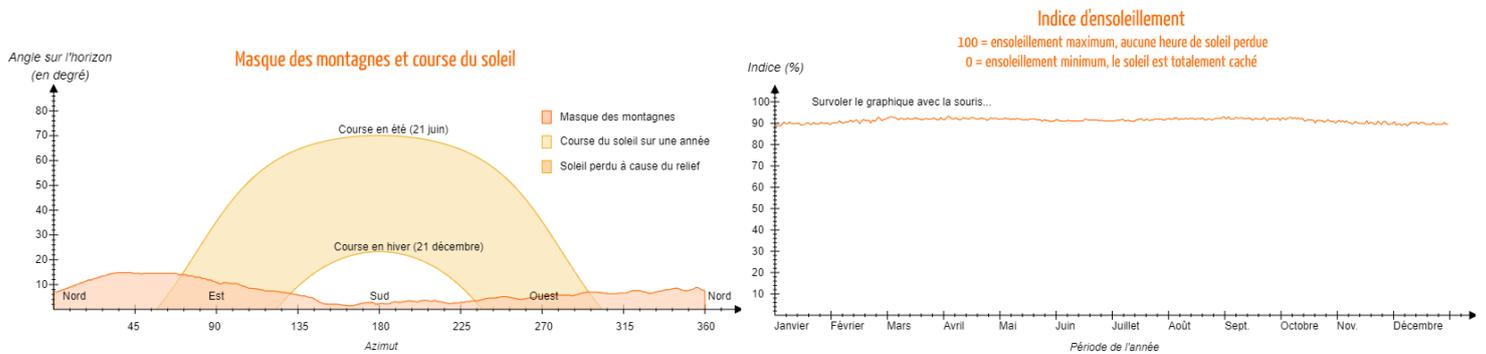
Au regard du type de bâtiments envisagés (industrie), et donc des faibles besoins en ECS sur ce type de bâtiment. Il n'est pas judicieux d'envisager la mise en place d'une production par l'intermédiaire d'une installation solaire thermique (faible besoins en ECS donc risque de surchauffe en été et risque de casse).

Par conséquent cette solution n'est pas étudiée.

¹ Coûts comprenant les consommations annuelles d'énergie, les abonnements correspondants, les frais de maintenance (hors remplacement éventuel de produits ou équipements) et les recettes éventuelles liées à la production d'électricité :

2.3. Solaire photovoltaïque

Cette deuxième variante a pour but d'étudier l'implantation de capteurs photovoltaïques en toiture des bâtiments afin de compenser les consommations électriques notamment celle liées à l'éclairage qui représente une grosse partie des consommations sur ce type de bâtiment (estimé à 36,5%).



La zone est propice à ce type d'installations de par l'absence de masques et l'ensoleillement qui y est presque maximum toute l'année.

L'autoconsommation d'électricité produite par ce système permettra de réduire la consommation d'énergie des bâtiments et permet d'améliorer le bilan global de consommation conventionnelle d'énergie.

Une étude de pré-faisabilité a été réalisée suivant 2 variantes :

- Autoconsommation de l'électricité produite
- Vente totale de l'électricité produite

La variante retenue est l'autoconsommation car c'est la solution la plus avantageuse économiquement. En effet, les tarifs de vente de l'électricité d'origine renouvelable étant plus faible que le coût de l'électricité achetée sur le réseau, nous avons tout intérêt à autoconsommer afin d'éviter les dépenses liées au coût de l'électricité du réseau.

La surface totale de toiture estimée est d'environ 56 000 m².

Notre dimensionnement est basé sur les hypothèses suivantes :

- Mise en place de modules photovoltaïques polycristallins ;
- 21 280 m² de surface de capteurs (environ 40% des surfaces de toiture);
- Puissance crête résultante de 3 655 kWc.

La production électrique issue de l'installation est estimée à 3 098 798 kWh/an, soit une économie annuelle d'environ 545 389 €.

Caractéristiques liées à l'installation de panneaux solaires photovoltaïques

- Consommation conventionnelle d'énergie estimé : 115,23 kWh/m².an (Classe Energie C)
- Emission de gaz à effet de serre : 2,63 kgCO₂/m².an (Classe Climat A) ;
- Investissement global estimé : 9 295 040 € TTC
- Coûts d'exploitation : 455 312 € TTC/an.

Nous sommes alors à une production d'environ 146 kWh par m² de panneaux.

Conditions spécifiques de mise en œuvre et d'exploitation

Une étude de faisabilité technico-économique avec un schéma d'implantation devra être réalisée afin d'approfondir ces résultats. Elle devra préciser la surface exacte disponible en toiture et intégrer un relevé de masques réalisé sur site. On devra s'assurer également de l'étanchéité de l'installation ainsi que sa bonne tenue mécanique ainsi qu'une étude de structure.

Concernant le contexte réglementaire et pour des raisons liées au droit de l'urbanisme, le bâtiment devra être situé hors périmètre des bâtiments de France, hors Plan de Sauvegarde et de Mise en Valeur (PSMV), hors Site Classé, hors Zone Verte, hors Zone Classée Patrimoine Mondial ou autre Secteur sauvegardé. Sinon, l'avis des Bâtiments de France sera nécessaire.

Avantages et inconvénients de la variante

Ce type d'installation permet de valoriser une énergie renouvelable, propre et inépuisable en évitant les rejets de CO₂ dans l'atmosphère.

Cependant, l'investissement, la durée de vie et les coûts de maintenance ne permettent pas d'assurer un temps de retour sur investissement rapide.

2.4. Bois, Biomasse

La solution de chauffage au bois fait l'objet de la variante suivante. La mise en place de chaudières automatiques au bois a été étudiée ici. Cette solution est envisageable sous réserve de l'existence de filières d'approvisionnement en plaquettes forestières à proximité du site.

Caractéristiques liées à l'installation d'un système de chauffage bois



- Consommation conventionnelle d'énergie : 222 kWh/m².an (Classe Energie D)
- Emission de gaz à effet de serre : 3.9 kgCO₂/m².an (Classe Climat A) ;
- Investissement global estimé : 2 565 000 € TTC
- Coûts d'exploitation : 753 302 € TTC/an.

Conditions spécifiques de mise en œuvre et d'exploitation

Afin d'affiner ces premiers résultats, une étude de faisabilité technico-économique devra être réalisée.

Les conditions de gestion d'une chaudière bois sont aujourd'hui relativement similaires aux conditions de gestion d'une chaudière gaz classique. Il sera également nécessaire de créer une chaufferie et un local de stockage du combustible.

Avantages et inconvénients de la variante

Ce type d'installation permet de valoriser une énergie naturelle, propre et inépuisable (sous réserve d'un reboisement régulier) et évite les rejets de CO₂ dans l'atmosphère.

De plus, les tarifs d'achat du combustible sont faibles et resteront relativement constants dans les années à venir car ils ne pas soumis à l'évolution des prix du marché de l'énergie dite « classique ».

Cependant, les chaudières biomasse sont généralement dimensionnées pour un type de combustible (essence de bois particulière, forme du combustible...). La grande variété des ressources biomasse ne permet pas de changer de combustible sans modification de la chaudière.

Aussi faut-il s'assurer lors de la conception, que le combustible choisi initialement sera disponible en quantités suffisantes dans un périmètre raisonnable et sur une période suffisamment longue (20 ans environ). L'éloignement de la ressource nécessite un transport sur de longues distances, ce qui diminue les émissions de gaz à effet de serre évitées et augmente le coût d'exploitation (coût de transport du combustible reporté sur le consommateur).

Étant donné l'éventuel mise à disposition du réseau de chaleur existant de Vinay, il sera sûrement plus judicieux d'utiliser ce recours.

2.5. Eolien

La production d'électricité par éolienne a également été étudiée. Compte tenu de la fonction et de l'utilisation même du site, la solution la plus envisageable concerne l'installation d'éoliennes de petites puissances à axe vertical. La production réalisée à partir de ce type de systèmes ne peut être revendue

au fournisseur historique et devra être consommée sur site. Le bilan de consommation du bâtiment sera alors réduit directement.

Les hypothèses retenues sont les suivantes :

Mise en place de 10 éoliennes à axe vertical ;

Puissance unitaire nominale de 2 kW;

Production moyenne de 1 583 kWh/mois.



Exemples d'éoliennes à axe vertical

Les valeurs suivantes sont donc basées sur un mode d'autoconsommation de l'électricité produite.

Caractéristiques liées à l'installation d'un système éolien

- Consommation conventionnelle d'énergie : 257,2 kWh/m².an (Classe Energie E)
- Emission de gaz à effet de serre : 4,81 kgCO₂/m².an (Classe Climat B) ;
- Investissement global estimé : 2 454 000 € TTC
- Coûts d'exploitation : 996 157 € TTC/an.

Conditions spécifiques de mise en œuvre et d'exploitation

Il n'existe pas aujourd'hui de réglementation spécifique pour le petit éolien. Au-delà de 12 m de hauteur (comptée entre le sol et la partie supérieure de la nacelle), un permis de construire est nécessaire pour implanter une éolienne. Les études nécessaires à la réalisation d'une notice d'impact accompagnant un permis de construire sont coûteuses.

Enfin, la distance minimale entre des aérogénérateurs et des habitations est de l'ordre de 500 m en France. Elle est en fait définie par le niveau d'émergence du bruit engendré par l'aérogénérateur à proximité de l'habitation la plus proche.

Avantages et inconvénients de la variante

Ce type d'installation permet de valoriser une énergie renouvelable, propre et inépuisable en évitant les rejets de CO2 dans l'atmosphère.

Le coût d'investissement élevé pourra évoluer suivant la technologie mise en place. Néanmoins, ce type d'installation peut apporter des contraintes liées à l'impact environnemental avec en plus de l'aspect visuel, un impact sur l'écosystème aux alentours du site ou encore des interférences électromagnétiques induites par les générateurs.

Cette production électrique reste faible au regard de l'investissement proposé pour un site industriel. Ce type d'implantation peut trouver un intérêt ailleurs, en devenant par exemple objet de communication pour le grand public.

2.6. Réseau de chaleur

La commune de Vinay dispose d'un réseau de chaleur existant. Les puissances des chaudières bois sont de 1 MW et de 440 kW avec un appoint fioul lorsque les besoins sont trop importants. Cette chaufferie bois a été mise en service en 2011 et dessert 56 sous-stations. Les livraisons de bois sont de l'ordre de 90 m3 et les silos de stockages sont aériens.

La longueur du réseau de chaleur allé est de 4500 mètre linéaire au total. L'opportunité de se raccorder au réseau de chaleur semble envisageable. Le raccordement à un réseau de chaleur est éligible au crédit d'impôt transition énergétique, ce qui permet d'en réduire le coût de 30 % pour l'utilisateur.

Le coût d'exploitation pour le chauffage serait de l'ordre de 397 000 € auquel il faut rajouter l'investissement pour le raccordement au réseau. La distance estimée est de 450m. Une étude approfondie devra être réalisée (suivant les besoins réelles, le nombre de bâtiments raccordés, etc.).

2.7. Pompe à chaleur air/eau

Cette variante étudie la production de chauffage et de refroidissement des bâtiments du site par l'intermédiaire de pompe à chaleur air/eau.

Caractéristiques liées à l'installation d'un système de pompe à chaleur

- Consommation conventionnelle d'énergie : 197,17 kWh/m².an (Classe Energie D)
- Emission de gaz à effet de serre : 3,62 kgCO₂/m².an (Classe Climat A) ;
- Investissement global estimé : 2 514 000 € TTC
- Coûts d'exploitation : 768 224 € TTC/an.

Conditions spécifiques de mise en œuvre et d'exploitation

Les pompes à chaleur mettent en jeu des fluides frigorigènes dont la réglementation est en train de se durcir. Depuis 2015, l'utilisation des fluides de type HCFC est interdit. Il faut donc se tourner vers des installations utilisant d'autres types de gaz (HFC, CO₂, NH₃, ...).

Avantages et inconvénients de la variante

La solution met en jeu des fluides frigorigènes dont les fuites ont un impact important sur l'environnement et notamment sur les émissions de gaz à effet de serre (pour les fluides HCFC, HFC, CFC notamment) Cependant, l'entretien est assez limité par rapport à d'autres systèmes.

Ce type d'installation nécessite la création d'un réseau hydraulique pour l'alimentation des systèmes d'émission (type aérothermes, centrale de traitement d'air...).

2.8. Géothermie

Cette nouvelle variante a pour but d'étudier la production de chauffage et de refroidissement grâce à une technologie géothermique.

Il existe trois types de géothermie :

- Sur les systèmes à capteurs horizontaux ;

- Sur les systèmes à capteur verticaux (sondes géothermiques) ;
- Sur les aquifères.

Nous avons opté pour la réalisation de sondes géothermiques verticales qui est le plus adapté sur ce type de projet. Ceci afin d'éviter une surface de captage trop importante dans le cas de capteurs horizontaux.

Caractéristiques liées à l'installation d'un système géothermique

- Consommation conventionnelle d'énergie : 176,63 kWh/m².an (Classe Energie D)
- Emission de gaz à effet de serre : 3,11 kgCO₂/m².an (Classe Climat A) ;
- Investissement global estimé : 8 214 000 € TTC*
- Coûts d'exploitation : 677 368 € TTC/an.

Conditions spécifiques de mise en œuvre et d'exploitation

Cette technique présente toutefois des contraintes en termes d'obligations réglementaires. En effet, cela nécessite l'élaboration d'un dossier loi sur l'eau avec demande d'autorisation ou de déclaration auprès de l'administration. La faisabilité technique d'un tel système sera étudiée dans une étude hydrogéologique complète.

Pour le bon fonctionnement de l'installation, il devient indispensable de tuber les capteurs géothermiques si la terre est trop friable. Il est conseillé de vous rendre auprès de votre mairie pour vérifier si le Plan Local d'Urbanisme exige une autorisation pour la concrétisation de votre projet. D'un autre côté, une déclaration au sein de la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement ou DREAL est obligatoire si la profondeur du forage est de 10 à 200 m. Au-delà de 200 m de profondeur, il est impératif d'avoir une autorisation administrative.

Avantages et inconvénients de la variante

L'utilisation de pompes à chaleur permet de lutter contre les émissions de gaz à effet de serre et contre l'épuisement des ressources énergétique. Coupler ces systèmes à des sondes géothermiques permet d'augmenter les coefficients de performances globaux des systèmes de chauffage et de refroidissement et ainsi réduire le recours à l'électricité. Un tel système a l'avantage d'assurer une énergie stable et qualitative peu importe les conditions climatiques du fait que la variation de température se fait peu ressentir sous terre.

Avant toute concrétisation, une analyse technique plus approfondie des sols serait nécessaire afin de déterminer précisément le réel potentiel du site.

2.9. Chaudière à condensation

Cette variante va permettre de comparer le système pressenti à un système de chauffage par chaudière gaz à condensation.

Caractéristiques liées à l'installation d'un système de chaudière à condensation

- Consommation conventionnelle d'énergie : 209,62 kWh/m².an (Classe Energie D)
- Emission de gaz à effet de serre : 13,03 kgCO₂/m².an (Classe Climat C) ;
- Investissement global estimé : 2 799 000 € TTC
- Coûts d'exploitation : 876 709 € TTC/an.

Conditions spécifiques de mise en œuvre et d'exploitation

Les conditions de gestion d'une chaudière à condensation sont aujourd'hui relativement similaires aux conditions de gestion d'une chaudière à gaz classique.

Avantages et inconvénients de la variante

La chaudière à condensation permet d'économiser la ressource fossile (combustible) par son efficacité plus élevée. Par contre l'utilisation d'une autre énergie engendre le coût d'un abonnement supplémentaire et la mise en place d'équipements de sécurité supplémentaires adaptés.

Ce type d'installation nécessite la création d'un réseau hydraulique pour l'alimentation des systèmes d'émission (type aérothermes, centrale de traitement d'air...).

2.10. Système de production combinée de chaleur et d'électricité

Les systèmes de cogénération permettent à partir d'une production de chaleur d'obtenir une production d'électricité.

Cette solution est intéressante lorsqu'un fort besoin d'électricité et de chauffage est présent sur site simultanément. Ce qui est souvent le cas lors des périodes hivernales.

La mise en place d'une unité de cogénération de 114 kW thermique permettrait de produire 385 739 kWh.

Caractéristiques liées à l'installation d'un système de cogénération

- Consommation conventionnelle d'énergie : 184 kWh/m².an (Classe Energie D)
- Emission de gaz à effet de serre : 12,15 kgCO₂/m².an (Classe Climat C) ;
- Investissement global estimé : 2 932 735 € TTC
- Coûts d'exploitation : 845 777 € TTC/an.

Conditions spécifiques de mise en œuvre et d'exploitation

Ce type d'installation doit être installé au plus près des points de consommations afin d'éviter des pertes d'énergie sur les différents réseaux de distribution.

La forte proportion d'énergie basse température implique, pour obtenir un bon rendement, d'avoir à disposition une utilisation sous forme d'air ou d'eau chaude.

Les moteurs de petite puissance sont jusqu'à présent peu rentables, leur coût d'achat et d'entretien ne permettant pas souvent de rentabiliser de tels investissements. La hausse continue du coût des énergies fossiles pourrait changer les choses à moyen terme.

Avantages et inconvénients de la variante

La cogénération est un procédé très efficace d'utilisation rationnelle de l'énergie puisque l'énergie thermique, rejetée dans le milieu naturel dans le cas des centrales électriques thermiques classiques, est ici récupérée. De ce fait, la cogénération permet d'obtenir un rendement global (électrique plus thermique) de 65 à 85 %, plus élevé que celui résultant de productions séparées dans des centrales électriques et des chaudières chez les utilisateurs de chaleur.



2.11. Tableau synthétique
A.D ENVIRONNEMENT



		<i>Système pressenti</i>							
		Rooftops + ballon ECS élec	Solaire photovoltaïque	Energie bois ou biomasse	Eolien	Pompe à chaleur air/eau	Géothermie	Chaudière à condensation	Cogénération
Cep	kWhep/m².an	258	115	222	257	197	177	210	184
	<i>Différence par rapport au système pressenti</i>		-143	-36	-1	-61	-81	-48	-74
	MWhep/an	14 448	6 453	12 432	14 399	11 042	9 891	11 739	10 312
	<i>Différence par rapport au système pressenti</i>		-7 995	-2 016	-49	-3 406	-4 557	-2 709	-4 136
Classe Energie (A à I)		E	C	D	E	D	D	D	D
Emissions de GES	kgCO2/m².an	4,84	2,63	3,94	4,81	3,62	3,11	13,03	12,15
	<i>Différence par rapport au système pressenti</i>		-2,21	-0,90	-0,03	-1,22	-1,73	8,19	7,31
	tCO2/an	271,04	147,09	220,65	269,33	202,67	174,14	729,87	10,17
	<i>Différence par rapport au système pressenti</i>		-123,95	-50,39	-1,71	-68,37	-96,90	458,83	-260,87
Classe Climat (A à I)		A	A	A	A	A	A	C	C
Economie	INV (€TTC)	2 334 000	9 295 040	2 565 000	2 454 000	2 514 000	8 214 000	2 799 000	2 932 735
	<i>Différence par rapport au système pressenti</i>		6 961 040	231 000	120 000	180 000	5 880 000	465 000	598 735
	conso (€TTC/an)	985 600	440 212	739 002	982 257	753 224	674 768	784 664	746 232
	maintenance	13 500	15 100	14 300	13 900	15 000	2 600	92 045	99 545
	Coût d'exploitation	999 100	455 312	753 302	996 157	768 224	677 368	876 709	845 777
	<i>Différence par rapport au système pressenti</i>		-543 788	-245 798	-2 943	-230 876	-321 732	-122 391	-153 323
	<i>Temps de retour brut /au système pressenti</i>		13	1	41	1	18	4	4
	Coût global brut sur 30 ans	32 307 000	22 954 387	25 164 069	32 338 716	25 560 710	28 535 044	29 100 272	28 306 047
<i>Coût global brut sur 30 ans /au système pressenti</i>		-9 352 613	-7 142 931	31 716	-6 746 290	-3 771 956	-3 206 728	-4 000 953	

3. Conclusion

La totalité des variantes énergétiques proposées dans ce rapport d'étude ne sont pas pleinement satisfaisantes au regard des installations pressenties. En effet, un projet de construction d'une zone d'activités connaît une multitude de contraintes liées à son activité propre. Les besoins d'électricité sont très importants et permanents, les apports internes sont aussi très importants. Certaines solutions comme l'éolien ou la géothermie peuvent alors s'avérer non concluante par rapport au système pressenti.

Le système pressenti et imaginé avec des roofs tops, systèmes souvent utilisés dans ce type de configuration, n'apparaît cependant non plus comme la solution la plus pertinente pour assurer le chauffage et la climatisation du bâtiment.

En effet, que ce soit au niveau des consommations énergétiques et surtout sur le plan financier, des alternatives comme des pompes à chaleur air/eau, le raccordement à un réseau de chaleur ou la mise en place de chaudières bois couplées avec des groupes d'eau glacée peuvent s'avérer plus pertinentes.

La solution photovoltaïque en autoconsommation pour couvrir l'éclairage qui sera sans doute l'usage le plus consommateur est également une alternative à creuser compte tenu des surface de toiture disponibles.

Des certificats d'économies d'énergie peuvent également être simulées afin d'estimer les aides financières pouvant être mises en place pour certains types de travaux (<http://calculateur-cee.ademe.fr/user/fiches/IND>).