

COPROPRIÉTÉ LE PARC CEZANNE

**55-57 Avenue des Ecoles
13100 AIX-EN-PROVENCE**

PRE-DIAGNOSTIC SOLAIRE



MAITRE D'OUVRAGE

Syndicat des copropriétaires de la Résidence le Parc Cézanne
Représenté par :

LE CABINET LAMY
10, cours Mirabeau
13100 Aix-en-Provence

DOCUMENT REALISE AVEC L' AIDE DE L' ADEME ET LA REGION PACA

PAR :

PLB ENERGIE CONSEIL
8, route de Galice
13090 AIX EN PROVENCE

Tél : 04.42.95.77.90
Fax : 04.42.95.77.91



Janvier 2009
4244.doc
version 3

1- PREAMBULE

1.1 Contexte

Le présent pré-diagnostic est conforme au cadre d'étude défini par l'ADEME et a pour objet l'étude de faisabilité d'une installation de production d'eau chaude solaire.

1.2 Principes généraux d'une installation de production d'eau chaude sanitaire

Une installation solaire collective est composée de :

- Un champ de capteurs solaires placés en général en toiture et orientés vers le sud,
- Un réseau en eau glycolée circulant entre les capteurs solaires et un échangeur primaire,
- Un réseau d'eau chaude, chauffé par l'échangeur primaire, alimentant un ballon de stockage solaire permettant d'accumuler l'énergie fournie par les capteurs.
- Un échangeur secondaire de préchauffage de l'eau chaude sanitaire collective.
- Un système de régulation permettant d'optimiser la récupération d'énergie au niveau des capteurs, ainsi que d'éviter les surchauffes.

L'eau chaude sanitaire préchauffée sera ensuite amenée à la température souhaitée au travers de la production d'eau chaude existante dans la chaufferie collective.

1.3 Contrat de PROJET ETAT REGION ADEME

L'ADEME et la région octroient des subventions aux différentes étapes d'un projet de mise en place de production d'eau chaude solaire.

L'assiette de l'aide à l'investissement est composée de l'ingénierie, des travaux liés à l'installation solaire, du comptage et du matériel de suivi de l'installation.

Le temps de retour doit être compris entre 5 et 15 ans (toutes aides publiques accordées), et la productivité des capteurs doit être au minimum de 550kWh/m² par an.

Pour les projets dont la surface est supérieure à 50m² de capteurs, une garantie de résultats solaires sur 4 ans sera exigée (dans la limite où la GRS ne dépasse pas 10% du montant de l'investissement).

Le taux d'aide cumulé maximal ADEME/REGION est de 70% du montant HT (plafonné à 500 € TTC/m² de capteurs installés).

Cette aide peut être complétée par des financements locaux.

Le montant de ces aides est fixé jusqu'au 31/10/2008 dans le cadre de la convention annuelle du contrat de Projet ETAT ADEME REGION, qui sera vraisemblablement reconduite en 2009.

1.4 Limites du présent rapport

Le présent document a pour objet d'évaluer l'opportunité et la faisabilité d'une installation de production d'eau chaude sanitaire solaire.

Il ne peut en aucun cas être considéré comme un dossier de consultation d'entreprise ou d'exécution, sa finalité étant de recenser et d'évaluer en valeur approchée, le bien fondé des actions d'améliorations pouvant être envisagées sur le site considéré.

Il donnera au Maître d'Ouvrage les éléments techniques et financiers qui lui permettront de se prononcer sur l'intérêt et la pertinence de l'installation solaire.

Les estimations et chiffrages devront être affinés lorsque le contenu définitif du projet sera figé. De même, l'estimation des performances énergétiques n'est qu'indicative et ne peut en aucun cas constituer un engagement de notre part sur la production du système.

2- PRESENTATION DU PROJET

2.1 Aspects administratifs

Le syndicat des copropriétaires de la copropriété LE PARC CEZANNE est représenté par son syndic le Cabinet LAMY.

La copropriété comprend 75 logements. La construction date de 1969.

La copropriété a souscrit un contrat d'exploitation de type P2 pour les installations thermiques avec la société DALKIA.

2.2 Aspects techniques

L'énergie nécessaire à la fourniture de chauffage (par radiateurs) et à la production d'eau chaude sanitaire centralisée provient de la chaufferie fioul située entre les bâtiments Olympia et Sainte Victoire.

Les logements sont de type T3-T4-T5.

Les bâtiments sont de type R+2 à R+3

3- RECAPITULATIF DES RESULTATS DE L'ETUDE

	bilan global estimatif de l'opération
Surface de capteurs (en m²)	95
Volume de stockage (litres)	6000
Consommation d'eau chaude sanitaire journalière	58 36 litres
Productivité solaire (en kWh/an)	55 164
Montant de l'installation solaire	100 000 € T.T.C.
Montant de l'opération	110 000 € T.T.C.
Aides financières maximales mobilisables (en €)	48 000 € T.T.C.
Crédit d'impôts	16 000 € T.T.C.
Reste à financer par le Maître d'Ouvrage	46 000 € T.T.C.
Energie conventionnelle substituée (en kWh/an)	73 552
Economie réalisée combustible	5 400 € T.T.C.
Prix du kWh chaleur substitué	0,073 € T.T.C./KWh
Prix du kWh solaire calculé sur 20 ans (en € HT ou TTC) sans subvention	0,131 € TTC
Prix du kWh solaire calculé sur 20 ans (en € HT ou TTC) avec subvention	0,073 € TTC
Quantité de CO2 évité (en tonne/an)	22

4- DESCRIPTION DE L'INSTALLATION EXISTANTE

4.1 Besoins en eau chaude sanitaire

Les logements sont en général de type T3-T4, comprenant une salle bains.

D'après les consommations d'eau chaude annuelles transmis par le syndic des trois dernières saisons 2005/2006, 2006/2007 et 2007/2008, nous avons établi la consommation annuelle à 2120 m³.

Nous en avons déduit la répartition théorique des consommations mensuelles suivante (établie suivant la répartition mensuelle connue d'une autre copropriété).

mois	janvier	février	mars	avril	mai	Juin	juillet	août	sept	octobre	nov	déc	Total
conso (m³)	208	192	214	196	185	157	141	119	154	159	197	208	2130

Nous en avons déduit les consommations journalières indiquées dans les tableaux du paragraphe 6.3.

4.2 Equipements de production d'eau chaude sanitaire

Principe :

La production d'ECS est assurée par un échangeur à plaques couplé à un ballon tampon.

Le circuit de distribution est bouclé et calorifugé.

L'eau chaude sanitaire est fournie à une température moyenne de 57°C.

Le bouclage revient à une température d'environ 50°C.

La production d'énergie est assurée par :

- 2 chaudières fonte COMETH OD – 539 KW – 1990
- 2 brûleurs fioul CUENOD C55 à 2 allures – 1990

4.3 Réseau de distribution eau chaude sanitaire

Le réseau de distribution a été rénové en 2002. Il a été réalisé en acier galvanisé, et bouclé et calorifugé. Il chemine en caniveaux enterrés, en caves, puis en apparent dans les logements.

La distribution individuelle est encastrée dans les planchers.

5- IMPLANTATION DES MATERIELS SOLAIRES

L'installation solaire sera réalisée selon le schéma de principe en annexe.

5.1 Implantation des capteurs

Le choix de l'implantation des capteurs doit tenir compte des paramètres suivants :

- orientation la plus voisine possible du sud, mais adaptée à la configuration du bâtiment
- absence d'ombres portées,
- facilité de pose,
- accessibilité pour l'entretien,
- distance la plus courte du ballon de stockage.

Les capteurs seront placés sur châssis avec un angle de 45° pour une utilisation toute l'année.

A priori, les châssis seront posés sur des dés en béton, repris sur la dalle béton de la toiture existante. Leur mise en place nécessitera une découpe, et une reprise de l'étanchéité de la toiture à chaque point d'ancrage.

Dans le cas où l'étanchéité aurait été refaite récemment (et est encore sous garantie décennale), il pourra aussi être envisagé de poser les châssis sur l'étanchéité et de les lester.

Une étude béton sera réalisée au préalable.

Les capteurs seront placés en toiture des bâtiments situés au plus près de la chaufferie. Compte tenu de l'orientation des bâtiments, les capteurs seront placés SUD-SUD-OUEST.

Les capteurs seraient placés en toiture du bâtiment OLYMPIA et SAINTE VICTOIRE .

La surface de capteurs qui pourrait être mise en place serait au maximum de 95 m² (en horizontal).

5.2 Implantation des ballons de stockage

Le ballon de stockage calorifugé serait placé soit en chaufferie, soit dans un local situé à proximité.

La capacité prévue serait au total de 6 000 litres.

5.3 Réseau hydraulique solaire

- a) Le réseau hydraulique de liaison capteurs solaires/échangeur ballon sera réalisé en tube acier et calorifugé avec protection mécanique et anti-UV. Il véhicule de l'eau glycolée en circuit fermé.
- b) Le raccordement depuis la toiture jusqu'au local technique pourra être réalisé par la ventilation haute de la chaufferie.
- c) Le réseau hydraulique intermédiaire de stock solaire en local technique sera également réalisé en tube acier et calorifugé. Il n'est pas glycolé.

6- DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION SOLAIRE

6.1 Les besoins en eau chaude sanitaire – analyse des consommations

L'installation solaire concerne la totalité de l'installation existante dont les besoins sont définis au § 4.1 ci-avant.

6.2 Calcul de l'installation

La mise en place des capteurs solaires doit être réalisée au plus près de la production d'ECS afin de limiter :

- les coûts d'installation
- les déperditions dues aux tuyauteries
- le volume du réseau glycolé

La surface prévue des panneaux doit être optimisée afin d'obtenir une productivité annuelle minimum de 550 kWh/m² installé.

De plus, la surface disponible en toiture peut aussi être un facteur limitant.

6.3 Bilan énergétique

• Méthode de calculs

Les performances de l'installation solaire sont calculées selon la "Méthode mensuelle évaluation des performances thermiques des installations solaires ou méthode SOLO" du CSTB pour la production d'eau chaude sanitaire solaire.

• Données météorologiques

Les valeurs utilisées pour les calculs de cette étude sont celles de la station météorologique de MARIGNANE, désignée dans la suite du texte sous le terme "station de référence".

Températures extérieures :

Les valeurs conventionnelles de référence seront les valeurs moyennes journalières issues du Mémorial de la Météorologie Nationale.

Irradiation solaire :

Les valeurs conventionnelles de référence seront calculées à l'aide de la méthode citée ci-avant, à partir des irradiances solaires globales sur une horizontale ou, à défaut, des heures d'ensoleillement, issues de la station de référence.

• Données sur la consommation d'eau chaude sanitaire

Température d'eau froide :

Les valeurs conventionnelles de référence seront les valeurs moyennes journalières calculées au moyen de la méthode EMS2.

Température de l'eau chaude sanitaire :

La température de référence de l'eau chaude sanitaire au départ de la distribution est fixée à 56 °C.

Consommation d'eau chaude sanitaire :

Les consommations moyennes journalières ont été évaluées à partir des consommations annuelles.

• Caractéristiques des composants

Capteurs solaires :

Les capteurs solaires feront l'objet d'un avis technique du CSTB en cours de validité dont les performances thermiques auront été évaluées selon la norme NFP 50-501.

Le rendement des capteurs s'exprime par la formule suivante :

$$\frac{Q}{A_a \times Eng} = B - K \left(\frac{T_m - T_A}{Eng} \right)$$

avec :

Q	=	Puissance thermique utile
A _a	=	Surface hors tout du capteur
Eng	=	Eclairement énergétique du rayonnement global
B	=	facteur optique du capteur
K	=	coefficient de perte globale du capteur
T _m	=	température moyenne du capteur (T _{entrée} + T _{sortie})/2
T _A	=	température extérieure

L'ensemble des simulations ont été effectuées en prenant en compte les capteurs plans sélectifs de 2,5m² unitaires de marque WIESSMANN dont les valeurs B et K sont les suivantes :

Facteur optique coef B = 0.76

Coefficient transmission thermique K = 4.34 W/m².°C

Remarque :

Actuellement sur le marché français, différents types de capteurs sont disponibles. Les surfaces unitaires et les caractéristiques peuvent varier d'un capteur à l'autre. Le choix définitif du matériel est laissé à l'appréciation du Maître d'Ouvrage.

Le capteur solaire aura les caractéristiques minimales indiquées ci-dessus (B et K) et fera l'objet d'un avis technique CSTB.

La liste des matériels sous avis technique est disponible sur le site du CSTB.

• Présentation des résultats de calculs

En utilisant la méthode SOLO 2000 de l'ADEME et du CSTB et les données météorologiques de Marignane, les résultats sont les suivants :

La productivité solaire annuelle est estimée à 65 306 kWh sur la base d'une surface de capteurs de 105 m² et un stockage de 6 000 litres.

	<i>Consommation en l/jour à 57°C</i>	<i>Besoin énergétique mensuel en kWh</i>	<i>Apport solaire mensuel en kWh</i>	<i>Taux de couverture des besoins par le Solaire en %</i>
Janvier	6725	10907	2858	26
Février	6853	9905	3574	36
Mars	6917	10671	5078	48
Avril	6533	9458	5866	62
Mai	5956	8503	6302	74
Juin	5220	6848	5828	85
Juillet	4547	5952	5509	93
Août	3843	5058	4781	95
Septembre	5124	6776	5169	76
Octobre	5124	7444	4398	59
Novembre	6565	9778	3200	33
Décembre	6725	10737	2604	24
TOTAL		102037	55167	54

Tableau 2 : bilan annuel production solaire

Taux de couverture en %	54%
Productivité en kWh	55 164
Productivité en kWh/m ²	581

Nota : Le taux de couverture des besoins du logiciel SOLO ne tient pas compte de l'énergie nécessaire au maintien en température du bouclage d'ECS.

7- PRINCIPE DE L'INSTALLATION ET DE SON FONCTIONNEMENT

L'installation sera réalisée selon le schéma de principe en annexe.

Pour des raisons de protection de l'installation contre la légionelle, nous préconisons de stocker la chaleur solaire dans un ballon tampon intermédiaire (voir schéma). Cette disposition permet par ailleurs de stocker l'eau chaude solaire à une température de 95°C sans problème d'entartrage.

Compte tenu des volumes, nous préconisons pour des raisons de maintenance des échangeurs de chaleur externes installés dans le local technique, avec l'ensemble des accessoires (circulateurs, coffret de régulation...) à proximité du ballon solaire.

Le principe de fonctionnement est le suivant :

- 1) Les pompes P1 et P2 ainsi que le régulateur différentiel R1 sont asservies à une sonde crépusculaire dont le seuil sera réglé à 150 W/m².
- 2) Pendant les heures d'ensoleillement, la pompe P2 est asservie au régulateur différentiel R1. La pompe démarre pour un différentiel de 10°C et s'arrête pour un différentiel de 5°C.
- 3) La pompe P3 est en fonctionnement permanent.
- 4) La vanne 3 voies de régulation V1 est asservie au régulateur R2 pour assurer une température maxi de 57°C au départ du réseau d'eau chaude solaire.
- 5) La pompe de boucle P4 fonctionne en permanence pour assurer une homogénéité de la température aux différents compteurs individuels.
- 6) Un thermostat de sécurité haute température limite la température du ballon à 95°C par action sur la pompe P2.

8- GARANTIE DE RESULTATS

La garantie de résultats solaires est un contrat par lequel un Groupement, composé de l'installateur agissant en qualité de mandataire du groupement, du fabricant des capteurs solaires, de l'exploitant et du maître d'œuvre, s'engage, dès la signature du marché, à ce que l'installation produise chaque année l'énergie prévue.

En cas de non atteinte de cet objectif, le Groupement dédommagera le Maître d'Ouvrage.

8.1 Energie garantie

La quantité d'énergie garantie sera égale à 85 % des apports solaires annuels déterminés par le logiciel SOLO, pour tenir compte des aléas climatiques, soit :

$$\text{PEG} = 55\,164 \times 0,85 = 46\,889 \text{ kWh/an.}$$

Si la consommation d'eau chaude est inférieure à la consommation prévue, l'énergie "garantie" sera recalculée en fin de chaque année sur les mêmes bases que ci-dessus et en fonction de la consommation d'ECS réelle lorsqu'elle est inférieure à la consommation de référence évaluée au paragraphe 6.

8.2 Durée et modalités du contrat

La durée contractuelle sera de cinq ans à compter de la réception des travaux avec :

- une année probatoire dite "année de vérification" pendant laquelle le groupement doit mettre tout en œuvre pour que les installations assurent les résultats prévus,
- quatre années dites "années de confirmation".

En fin de la cinquième année, fin du contrat de GRS :

- si les résultats sont atteints, les installations ont fait leurs preuves et le groupement est délié de son contrat, le maître d'ouvrage prend ses dispositions pour assurer la pérennité des installations,
- si les résultats ne sont pas atteints, le groupement dédommage le Maître d'Ouvrage suivant les modalités indiquées ci-après et est ensuite délié de son contrat.

8.3 Dédommagement

En fin de période de GRS (cinq ans après la réception des installations), si la production énergétique solaire (PES) mesurée pendant toute la période est inférieure à la production énergétique garantie pour la même période, le groupement du marché doit verser au Maître d'Ouvrage une indemnité **I** qui sera égale à :

$$\text{Montant du marché} \times \left(1 - \frac{\text{PES}}{\text{PEG}}\right)$$

(relatif à la production d'ECS solaire)

8.4 Mesure des performances

La réalisation d'un contrat de garantie de résultats solaires nécessite un contrôle permanent des performances et un suivi, pas à pas, du fonctionnement de l'installation. C'est pourquoi, il est prévu la mise en place d'un système de télé contrôle de l'installation solaire.

8.5 Fonction du Télé contrôle

La fonction d'un télé contrôleur interrogeable à distance par le réseau téléphonique commuté est double :

- assurer un contrôle permanent des performances de l'installation solaire et du fonctionnement de tous ses organes,
- informer immédiatement le responsable d'exploitation de toutes défaillances ou mauvais fonctionnement de l'un des appareils de l'installation.

Il est, de ce fait, l'outil essentiel à l'obtention des résultats "garantis".

8.6 Description des mesures

Le matériel proposé est de marque NAPAC ou équivalent interrogeable par Internet.

Les fonctions proposées sont les suivantes :

- Mesure de l'énergie ECS solaire "utile" au moyen d'un compteur d'énergie équipé de deux sondes sur le circuit stockage solaire de l'échangeur ECS.
- Mesure du débit d'eau chaude solaire produit au moyen d'un compteur volumétrique à émetteur d'impulsion sur l'alimentation eau froide.
- Mesure des températures ballon de stockage et départ eau chaude solaire.
- Mesure de la température d'arrivée du circuit capteurs à l'échangeur.
- Contrôle de la durée de fonctionnement des circulateurs primaires et secondaires.
- Mesure de l'énergie électrique des auxiliaires au moyen d'un compteur électrique à impulsion.

8.7 Suivis

L'énergie "garantie" correspond à l'énergie ECS solaire.

L'installation sera interrogée toutes les semaines par l'exploitant, les informations collectées seront stockées et traitées.

Les données traitées seront éditées en fin de mois sous forme d'un relevé qui sera "routé" à l'ensemble des partenaires.

Cette "quittance solaire" a pour but de matérialiser les performances énergétiques et les économies réalisées sur la consommation d'énergie à partir de sources conventionnelles.

9- BILAN ECONOMIQUE

9.1 Evaluation du coût de l'installation solaire

Compte tenu des prix habituellement constatés sur le marché, on peut évaluer l'investissement à :

Fourniture et pose de 95 m ² de capteurs sélectifs	57 000 € HT
Circuit hydraulique glycolé	11 000 € HT
Stockage	10 000 € HT
Raccordement aux réseaux existants en chaufferie + échangeur et régulation	12 000 € HT
Compteur d'énergie et télégestion	5 000 € HT
Total travaux	95 000 € HT
Maîtrise d'œuvre	9 500 € HT
Coût global des travaux :	104 500 € HT
TVA à 5.5 %	110 000 € TTC
Coût de la maintenance annuelle :	1 400 € TTC

9.2 Evaluation de l'économie annuelle (financière et environnementale)

L'économie annuelle amenée par le solaire dépend intimement du coût de l'énergie substituée par le solaire. Dans le cas présent l'énergie d'appoint est le fioul domestique.

Prix moyen du kWh pci : **0,0736 € TTC / kWh pci** (base facturation saison 2007/2008 prix du fioul de 725 € TTC/m³)

Rendement moyen : 75%

Energie substituée/an : 55 164 KWh chaleur, soit :
 $55\,164 / 0,75 = 73\,552$ kWh pci

Economie réalisée par an :
 $73\,552 \times 0,0736 = 5\,413$ € TTC/an.

Quantité de fioul économisée :
 $73\,552 / 9850 = 7,4$ m³

Quantité de CO₂ évitée :
 $73,552 \times 0,3 = 22$ T/an

10- CONCLUSION

Les montants des travaux énoncés ne comprennent pas la rénovation et réfection de l'étanchéité et de l'isolation des toitures terrasses qui pourraient être envisagées au préalable.

Ils ne comprennent pas non plus les travaux de mise en sécurité des toitures et des accès aux toitures, qui devront être réalisés pour assurer la sécurité des travailleurs qui interviennent.

Compte tenu de l'aide à l'investissement de l'ADEME et la région de l'ordre de 500 € TTC./m², et des crédits d'impôts, le coût des travaux à la charge de la copropriété est estimé à 46 000 € TTC.

Les montants de l'économie sur le poste P1, ainsi que les surcoûts sur le poste P2 et éventuellement P3 sont indicatifs car ils devront faire l'objet d'une négociation dans le cadre du contrat d'exploitation.

L'installation solaire permettra aux usagers de réduire de 54 % la quantité d'énergie consommée pour la production de l'eau chaude sanitaire (hors bouclage) de l'ensemble des bâtiments.

Cette économie correspond à une quantité de 22 tonnes de CO₂ évitée par an.

11- AUTRES PISTES D'ECONOMIE D'ENERGIE

D'autres améliorations au niveau du bâti, et des installations thermiques ont été étudiées dans le pré-diagnostic énergétique.

12- DOCUMENTS ANNEXES

- Simulation production solaire Logiciel SOLO 2000 pour 95 m² de capteurs.
- Tableau récapitulatif de financement pour 95 m² de capteurs.
- Schéma de principe de l'installation solaire.
- Plan des toitures et implantation capteurs.
- Photos des toitures.

P. LE BORGNE

Simulation production ECS solaire avec logiciel SOLO 2000
95 m2 de capteurs avec capacité de stockage de 6000 litres

C:\Program Files\Solo2000\Projetsolaire PARC CEZANNE - 95M2 - SE.s2k

METEO

Station		Site	
Pays	France	Altitude [m]	13
Départ.	13-Bouches-d	Distance mer [km]	< 1
Station	Marignane	Millions d'hab.	< 0.5

BESOINS

Consommation/jours [l/j]
moy.: 5844

Temp. eau chaude [°C]
moy.: 55

Capteurs

Catégorie: **Capteurs vitrés**

Type: **Viessmann Vitosol 100 2.5**

Kc [W/(m².K)]: **4,34** Bc: **0,76** Ac [m²]: **2,50**

Inclinaison [°]: **45** Nombre: **38**

Orientation [°]: **-23** Surf. totale [m²]: **95,00**

Boucle de captage

Déperdition thermique [W/(m².K)]: **5,09**

Calorifugeage: **Avec**

Débit éner. 1 [W/K]: **3800,00**

Débit éner. 2 [W/K]: **3800,00**

Efficacité: **0,77**

Ballon

Type: **Ballon01'**

Lieu: **Local (non contrôl)**

Cr [MWh/(l.K)]: **0,06**

Vn [l]: **6000** Vs [l]: **5100**

Ds [W/K]: **12,75**

Sans masque

Echangeur

Séparé

Kéch [W/K]: **4750,00**

Sans appoint

RESULTATS

	janv	févr	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	Annuel
Couverture [%]	26	36	48	62	74	85	93	95	76	59	33	24	54
Besoins [kWh]	10907	9905	10671	9458	8503	6848	5952	5058	6776	7444	9778	10737	102037
Productivité [kWh]	2858	3574	5078	5866	6302	5828	5509	4781	5169	4398	3200	2604	55164
Productivité /m²	30	38	53	62	66	61	58	50	54	46	34	27	581

PHOTOS DES TOITURES

TOITURE BATIMENT SAINTE VICTOIRE



TOITURE BATIMENT SAINTE VICTOIRE



TOITURE BATIMENT – OLYMPIA



TOITURE BATIMENT - OLYMPIA

