

TOUR DU VALAT



Réhabilitation énergétique des bâtiments



Centre de recherche
pour la conservation
des zones humides
méditerranéennes



1964 - 2014



La Tour du Valat, est un centre privé de recherche pour la conservation des zones humides méditerranéennes basé en Camargue. Fondation à but non lucratif, elle est reconnue d'utilité publique depuis 1978. Elle s'est donnée pour mission d'arrêter la perte et la dégradation des zones humides méditerranéennes et de leurs ressources naturelles, les restaurer et promouvoir leur utilisation rationnelle.

Dans le cadre de ses actions de développement durable, la Tour du Valat a développé une stratégie de management environnemental structurée autour de trois axes :

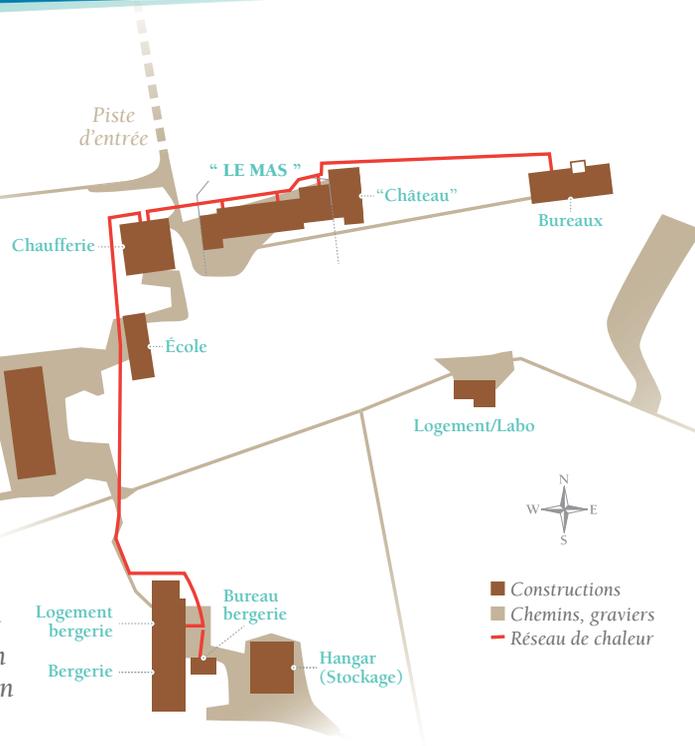
- ▶ L'amélioration du traitement de ses déchets (tri sélectif et épuration des effluents domestiques dans une station d'épuration sur lit de roseau),
- ▶ L'élaboration d'une politique de transports,
- ▶ Et la réhabilitation énergétique de ses bâtiments.

» Objectif Facteur 4

Diviser par quatre la consommation énergétique de ses bâtiments et ses rejets de CO₂, voici le pari engagé par la Tour du Valat en 2008.

Et ce pari n'était pas simple à relever : plus de 3000 m² de plancher répartis en huit bâtiments, datant du milieu du 19^{ème} siècle pour les plus anciens aux années 1950 pour les plus récents, disséminés sur quelques hectares et alimentés par huit chaudières à fuel et à gaz générant 516 000 kWh par an.

Pour cela la Tour du Valat s'est nourrie de l'expérience du projet Life Promesse conduit aux Marais du Vigueirat et s'est engagée en 2008 dans un diagnostic énergétique de l'ensemble de ses installations et bâtiments. Il en ressort une consommation énergétique pour le chauffage de 200 kWh/m²/an pour une émission de 168 tonnes de CO₂/an.



■ Une stratégie énergétique par étape

La Tour du Valat a développé sa stratégie énergétique, basée sur les principes de l'approche "négaWatt" :

- **sobriété énergétique** : investir dans des équipements plus efficaces pour limiter ses besoins et inciter des comportements adaptés;
- **efficacité énergétique** : réduire ses consommations par une isolation optimisée de ses bâtiments ;
- **recours aux énergies renouvelables** : produire la quasi-totalité de ses besoins à partir d'énergies renouvelables par la mise en place d'une chaufferie centrale valorisant la biomasse locale et l'installation de chauffe-eau solaires pour la production d'eau chaude sanitaire;
- **pertinence locale** : développer des solutions faisant appel à des sources de biomasses produites sur site ou à proximité et privilégiant le transfert par des solutions adaptées à l'habitat dispersé camarguais.

La mise en œuvre de ces solutions s'est déroulée entre 2009 et 2013 et a bénéficié de soutiens financiers importants dans le cadre de plusieurs programmes de financement :

- le Financement Régional pour l'Environnement et l'Energie (FREE- accord cadre Etat-Région-ADEME 2009-2013),
- le programme opérationnel européen FEDER, l'Europe s'engage en région Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le Fonds Européen de Développement Régional,
- le Plan Local Energie Environnement porté par le Parc Naturel Régional de Camargue,
- La Tour du Valat (Fondation Tour du Valat, Limosa, SCA Petit Badon).

■ La réhabilitation énergétique des bâtiments a été déclinée selon trois grands axes

1. Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments par une isolation adaptée,
2. Produire notre chauffage à partir d'une chaufferie biomasse polycombustible et le distribuer par un réseau de chaleur,
3. Produire notre eau chaude sanitaire grâce à l'énergie solaire.



*R = résistance thermique (plus R est grand, plus le matériau est isolant).

**U = coefficient de transmission thermique (plus le U est faible, plus la paroi est performante).

Améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments par une isolation adaptée

Objectifs

- Réduire les déperditions énergétiques de l'ensemble des combles des toitures peu ou pas isolées.
- Renforcer l'isolation des façades extérieures au nord du "Mas" et du "Château".
- Améliorer l'isolation des huisseries par leur remplacement par du double vitrage à isolation renforcée.

Montant total de l'investissement : 408 000€ TTC.

Résultats

Une économie de 69 %

Notre consommation est passée de 196 kWh/an/m² (avant les travaux - d'après une moyenne calculée de 2006 à 2009) à 61 kWh/an/m² pour l'hiver 2013-2014 soit 69 % d'économie.

Si on compare les résultats, à conditions climatiques identiques ou hiver constant nous passons d'une consommation de 176 kWh/an/m² avant travaux à 92 kWh/an/m² pour l'hiver 2013-2014 soit 48 % d'économie (dans le calcul est alors introduit un DJU, degré jour unifié qui pondère les résultats en fonction du climat).

Descriptif des travaux

Isolation des combles à l'aide de ouate de cellulose

Bâtiments concernés : "Bureaux", "Château", "Ecole", "Mas/Cantine", "Logement labo", "Logement bergerie", "Bureau bergerie".

Surface : 988 m²

- Reprise préalable de l'ensemble des réseaux électriques dans les combles, création d'accès (trappes), reprise des toitures, nettoyage des combles et mise en place d'un pare-poussière.
- Insufflation de 38 cm de ouate de cellulose (R* = 8,5 m² K/W).

- Isolation des rampants dans les combles aménagés par 20 cm de panneaux de fibre de bois ensuite recouverts par un pare-vapeur puis de lambris (R = 5,2 m² K/W).

Isolation thermique par l'extérieur avec de la paille de riz en vrac

Bâtiments concernés : "Château", "Mas-Cantine"

Surface : 400 m² de façade au Nord

- Reprises préalables de l'ensemble des évacuations et des réseaux apparents sur les façades.
- Mise en place de la structure bois (montant douglas et panneaux de coffrage en fibre de bois à enduire).
- Coffrage avec des panneaux de fibre de bois (40 mm d'épaisseur).
- Remplissage manuel des coffrages avec la paille de riz en vrac sur 23 à 26 cm d'épaisseur et tassement à la main. Le complexe d'isolation a un R = 5,6 m² K/W.
- Fermeture des coffrages et passage de l'enduit (2 couches avec filet d'accroche + une de finition + une couche de teinte).
- Mise en place de gouttières et reprise des débords de toiture si nécessaire.

Remplacement des huisseries et des vitrages obsolètes

Bâtiments concernés : "Château", "Mas-Cantine"

En façade nord l'ensemble des huisseries a été remplacé pour être intégré dans l'isolant et limiter les ponts thermiques.

- En façade sud, seules les menuiseries obsolètes ont été remplacées.
- Pour les menuiseries de facture récente seuls les vitrages ont été remplacés.
- Toutes les nouvelles huisseries ont été réalisées en chêne français avec un double vitrage (4-16-4) à faible émissivité et un remplissage Argon. Performance attendue U** = 1,1 W/m² K. Etanchéité à l'air (A4), à l'eau (E9) et au vent (V3).



Insufflation de ouate de cellulose dans les combles des bureaux



Détail de l'isolation à la paille de riz (Pré-cadre de la fenêtre et support du coffrage en bois, coffrage en fibre de bois compressé et remplissage manuel avec de la paille en vrac)



Façade nord du Mas en cours d'isolation



Façades ouest du "Château" et du "Mas" isolées

II.

Produire notre chauffage à partir d'une chaufferie biomasse polycombustible et la distribuer par un réseau de chaleur

Objectifs de l'opération

- Utiliser et valoriser des énergies locales renouvelables (plaquettes bois et balles de riz) comme sources de chauffage.
- Mettre en place une chaufferie biomasse polycombustible centrale raccordée sur un réseau de chaleur pour chauffer les 3 000 m² de bâtiments.
- Réduire fortement nos consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre.

Montant total de l'investissement : 448 000€ TTC.

Résultats

- Réduction de 70 % des dépenses liées au combustible.
- Réduction de 87 % des émissions de CO₂.

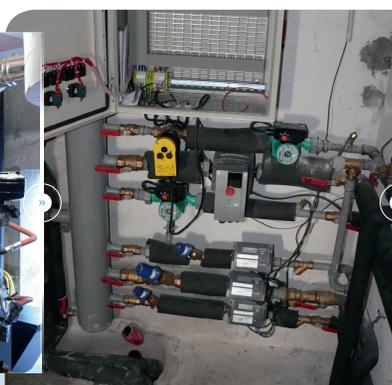
Descriptif des travaux

- Ensemble des bâtiments concernés est mis en réseau (à l'exception du "Logement/labo").
- Surface chauffée : 3 000 m² dont 1 788 m² en habitations
- Mise en place d'un réseau de chaleur de 590 m linéaire et sept sous-stations équipées de régulations, de vannes d'équilibrage et de compteurs de calories.
- Installation d'une chaudière biomasse polycombustible à grilles mobiles de 160 kW, reliée à un ballon tampon de 4 000 l. et associée à un silo 35 m³.
- Installation d'une chaudière fuel de dépannage (récupération de la chaudière des bureaux).
- Remplacement de l'intégralité des robinets des radiateurs par des robinets thermostatiques.
- Aménagement d'une plate forme de stockage de plaquettes sous hangar (capacité >100 MAP de plaquettes).

La mise en fonctionnement effective de la chaufferie ne s'est pas fait immédiatement. Durant deux hivers (2011-12 et 2012-2013), face aux dysfonctionnements rencontrés il n'a pas été possible d'utiliser correctement la chaudière et nous avons dû avoir recours à deux chaudières de fuel d'appoint. Durant ces deux hivers les performances énergétiques s'en sont trouvées amoindries.



Chaudière biomasse polycombustible



Sous-station de la "Bergerie" avec régulation, vannes d'équilibrage et compteurs de calories.



Mise en place du réseau de chaleur à l'arrière du "Mas"



Livraison de pellets de balles de riz

III.

Produire une eau chaude sanitaire grâce à l'énergie solaire

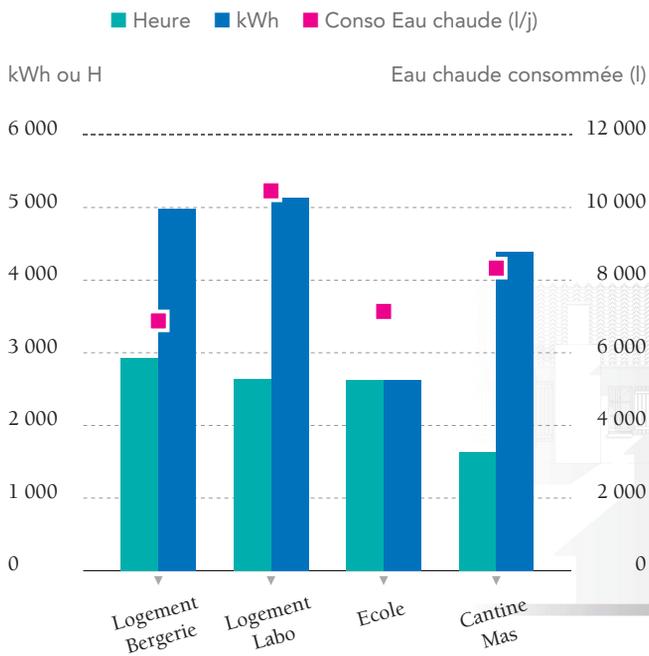
Objectif

Assurer la production d'eau chaude sanitaire des logements et du "Mas-cantine" grâce à l'installation de quatre chauffe-eau solaires thermiques.

Montant total de l'investissement : **35 000€ TTC.**

Résultats

Production de plus de 17 000 kWh/an pour la production d'eau chaude sanitaire.



Descriptif des travaux :

Installation de quatre unités de production d'eau chaude sanitaire solaire totalisant 22 m² de panneaux et quatre ballons (trois de 300 litres + un de 500 litres dédié au "Mas-Cantine").



Installation solaire thermique du "Mas-Cantine"



Logement "Bergerie" avec panneaux solaires



Panneaux solaires sur la toiture du "Mas-Cantine"

Bilans



Les performances des installations ont été mesurées en continu, au fil du chantier.

Il est important de noter que :

- des incidents sur la chaudière biomasse nous ont contraints à avoir partiellement recours au fioul lors des saisons de chauffe 2011-2012 et 2012-2013, ce qui explique des performances moindres ces années là ;
- les travaux d'isolation étaient encore en cours lors de la saison 2013-2014 ; les performances de l'installation mesurées sur cette dernière période ne correspondent donc pas à un fonctionnement optimal.

Bilan thermique

Ces installations ont permis de diminuer notre consommation énergétique de façon très substantielle (- 48% à hiver constant). Cependant, nous sommes encore assez éloignés de notre objectif de 50 kWh/an/m².

- Calories (kWh/an) produites par la chaufferie

Saison de chauffe	Sortie chaufferie	Consommations brutes		Consommations corrélées aux DJU*	
		kWh/an.m²	Gain / 2009	kWh/an.m²	Gain / 2009
2009/2010	545 036	196		176	
2010/2011	312 670	101	48%	106	39%
2011-2012	282 386	79	61%	97	44%
2012-2013	341 015	96	51%	91	48%
2013-2014	220 680	61	68%	92	48%

*Degrés jours unifiés (c'est à dire à rigueur d'hiver équivalente)

Bilan économique

Ce bilan a été réalisé pour les bâtiments alimentés par le réseau de chaleur uniquement, soit 90 % des consommations totales de chauffage de la Tour du Valat.

Le montant total de l'investissement est de 907 000€ TTC.

Nous avons obtenu un montant de subvention publique de 493 000€ TTC (Région Provence-Alpes-Côte d'Azur, Fonds européen FEDER, Ademe, Plan local Energie) soit 54 % du projet.

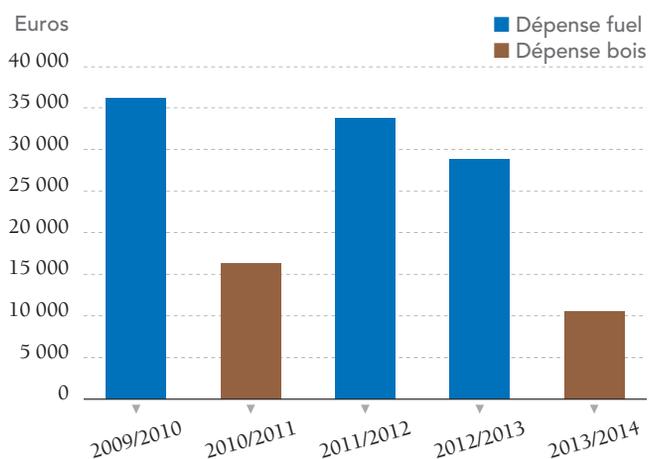
La Tour du Valat et les structures propriétaire et gestionnaire des bâtiments ont pour leur part financé 414 000€ TTC, soit 46 % du projet.

Le gain estimé depuis la mise en place de la chaudière est de 88 000€ sur les quatre années passées, soit 22 000€ par an en moyenne. Sur la base de ces premiers résultats, le temps de retour sur investissement (hors subventions publiques) de la chaufferie et du réseau de chaleur est de 20 années et de 39 années si l'on intègre les investissements réalisés pour l'isolation.

Déduction faites de l'ensemble des subventions publiques, le temps de retour sur investissement devrait être d'environ 18 années.

Cependant, l'utilisation de fuel durant deux saisons de chauffe suite à des incidents survenus sur la chaudière et la finalisation de l'isolation en année 3, font que les économies en régime de croisières devraient augmenter, et les temps de retour sur investissement baisser en conséquence

- Evolution des dépenses de combustible

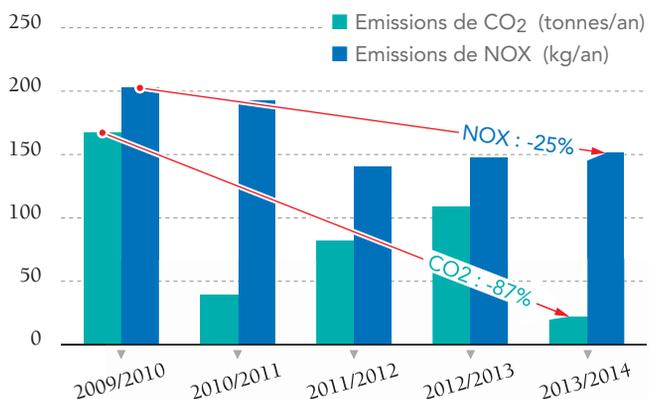


Analyse environnementale

L'analyse environnementale est encourageante puisque, grâce à l'usage de la biomasse (plaquettes forestières) le taux de CO₂ émis a chuté de 87 % entre 2009 et 2014, soit un résultat sensiblement au-delà de nos objectifs (NB : des incidents sur la chaudière nous ont contraints à avoir partiellement recours au fioul lors des saisons de chauffe 2011-2012 et 2012-2013, ce qui explique les rejets de CO₂ plus importants ces années là).

Concernant les oxydes d'azote (NOX), bien que le bois en produise plus que le fioul à tonnage équivalent, nous avons réduit leur émission de plus de 25 % du fait de la baisse drastique de notre consommation de combustible.

- Evolution des rejets de CO₂ et de NOX avant l'installation de la chaufferie polycombustible (2009) et après.



A ce jour, alors que nous ne sommes pas encore en régime de croisière, plusieurs enseignements peuvent d'ores et déjà être tirés.

Quels enseignements tirer ?

Des résultats prometteurs, mais à améliorer

Grâce à ces aménagements nous avons :

- **divisé par 2 notre consommation énergétique.** C'est un résultat probant, mais encore éloigné de notre objectif initial d'une consommation réduite des 3/4 ;
- **divisé nos émissions de CO₂ par 6**, dépassant ainsi notre objectif initial ;
- **divisé nos coûts de chauffage par 3.** Cette économie très importante, résultant de notre diminution de la consommation énergétique et de la substitution des énergies fossiles par des plaquettes forestières, devrait être encore améliorée lorsque nous brûlerons des balles de riz ;
- **réalisé en moyenne depuis quatre ans une économie de 22 000 € par an.**

S'armer d'une volonté sans faille

Au-delà des chiffres, se lancer dans une telle démarche nécessite une volonté sans faille de la part du maître d'ouvrage. Il devra en particulier s'entourer d'une maîtrise d'œuvre spécialisée et de corps de métier compétents dans ce domaine. Une assistance à maîtrise d'ouvrage peut également se révéler précieuse. Il doit également communiquer en interne afin de bien informer et sensibiliser les salariés, et de les inciter à des comportements vertueux. Faire adhérer l'ensemble de salariés et les accompagner dans cette démarche de sobriété est une charge importante et quotidienne. Cet aspect n'est pas à négliger car il conditionne l'acceptation des travaux entrepris et les performances des installations. Et nous avons vu que, y compris dans une structure œuvrant dans le secteur de l'environnement, les mentalités sont longues à changer !

Mettre en place des indicateurs de suivi

La mise en place de systèmes de comptage (calories, eau, température) et de suivis sont indispensables pour permettre un bilan en continu des performances de l'installation et des économies qui en découlent. Cela rend également plus facile le transfert des expériences vers d'autres porteurs de projets intéressés.

Les obstacles rencontrés

- **les limites d'un projet de réhabilitation** : ce type de projet est, d'une part, souvent plus dur à mettre en place que les projets de nouvelle construction car il ne nous permet pas d'utiliser toute la gamme des possibilités techniques disponibles. D'autre part, les phases de travaux se sont montrées très contraignantes notamment en raison de l'occupation permanente des bâtiments et de la durée des travaux.

- **les tâtonnements d'un projet pilote** : le fait d'utiliser des matériaux locaux peu communs (tels que la balle de riz) et de tester un certain nombre d'installations, techniques n'existant pas par ailleurs (ex isolation avec de la paille de riz) nécessite davantage de temps d'adaptation, voire des modifications des installations une fois leur réalisation achevée. Par ailleurs, peu d'artisans sont aujourd'hui formés et compétents pour des techniques novatrices.

Gageons que ce surplus de temps consacré aux tests et à la réalisation des travaux ne sera pas perdu et pourra être mis à profit lors de visites, retours d'expériences auprès d'autres porteurs de projets intéressés.

Les appuis à notre démarche

Nous avons bénéficié des retours d'expérience des Marais du Vigueirat, mais également de l'appui et de l'expertise d'un assistant à maîtrise d'ouvrage et de maîtres d'œuvre engagés, professionnels et passionnés par leur métier. Enfin, nous avons bénéficié d'une excellente écoute, voire d'une attitude pro active de la part de nos partenaires financiers.

Les perspectives

- **Améliorer les performances de l'installation.** Ces résultats préliminaires correspondent à une phase où les travaux d'isolation finalisés au cours de l'hiver 2013-2014, quelques changements d'huisseries complémentaires, la substitution des plaquettes forestières par de la balle de riz, ainsi qu'un travail sur les comportements des usagers devraient nous permettre d'améliorer sensiblement les performances de ces installations lors des prochaines saisons de chauffe.
- **Valoriser nos ressources** : grâce au nouveau partenariat que nous venons de conclure avec la Caisse d'Épargne Provence-Alpes-Corse nous avons acquis un broyeur nous permettant de valoriser une partie du bois de la Tour du Valat en plaquettes de chauffage. Un autre volet du partenariat nous permettra l'aménagement d'un système d'extraction et de stockage des cendres de balles de riz en vue de l'utilisation de ce combustible.
- **Partager notre expérience** : malgré les obstacles de mise en œuvre mentionnés il est particulièrement motivant de mettre en place ce type de projet novateur et d'en mesurer très rapidement les bienfaits. Il est aussi très stimulant de se dire que ces expérimentations ont finalement abouti assez rapidement avec des résultats convaincants. Charge à nous de s'en faire écho et de les transférer. Plusieurs porteurs de projets (publics ou privés) intéressés par la démarche nous ont déjà contactés et plusieurs visites de chantiers et échanges ont pu avoir lieu. Nous continuerons bien sûr à œuvrer dans cette direction.

Les partenaires

Le programme de maîtrise de l'énergie et développement d'énergies renouvelables sur le site de la Tour du Valat est cofinancé par l'Union européenne. L'Europe s'engage en Provence-Alpes-Côte d'Azur avec le Fond Européen de Développement Régional.



Partenaires techniques

- > **Maître d'ouvrage**
TOUR DU VALAT
Le Sambuc - 13200 Arles
- > **Assistance à maître d'ouvrage**
CHANTIER DU DEVENIR
55, rue Rabelais
69003 Lyon
- > **Maître d'œuvre Architecte**
SARL ATELIER OSTRAKA
42, rue Joseph Faraud
84440 Robion
- > **Maître d'œuvre Sous-stations**
VINCENT PRIORI & ROBERT CELAIRE CONSULTANTS
1, rue Mirabeau
13410 Lambesc
- > **Maître d'œuvre Chaudière biomasse et les réseaux de chaleur**
BE CABIROL
Ingénieur Conseil
Thermique Fluides
115, rue Bécaru
13300 Salon-de-Provence
- > **Installateur Chauffagiste**
ETS MICHEL AILHAUD
Z.A.E. Espace Bléone
3, Avenue Beau de Rochas
04510 Aiglun
- > **Entreprise maçonnerie**
ROGER ESTÈVE & FILS
Route d'Eyguières
Chemin du pain blanc
13200 Arles
- > **Entreprise électricité générale**
STE CALVO BOSCH
9, rue Fernand Benoît
13200 Arles
- > **Isolation des combles à la ouate de cellulose**
LOU FUSTIÉ CRAVEN
10, rue des Compagnons
ZA du Cabrau
13310 Saint-Martin-de-Crau
- > **Isolation par l'extérieur**
IMV PATRIMOINE
Entreprise maçonnerie
Quartier Rebouline
84120 Pertuis
- > **Entreprise plomberie générale**
SARL PAC
Mas Saphine
890, route Saint-Hippolyte
13208 Moulès
- > **Installation solaire**
ECO-SYST
4, Chemin du Plan
30620 Bernis



1 9 5 4 - 2 0 1 4

Centre de recherche pour la conservation
des zones humides méditerranéennes

Le Sambuc - 13200 Arles - France
Tél. : + 33 (0)4 90 97 20 13 - Fax : + 33 (0)4 90 97 20 19
secretariat@tourduvalat.org - www.tourduvalat.org