

Commission d'évaluation : Fonctionnement du 28/10/2015

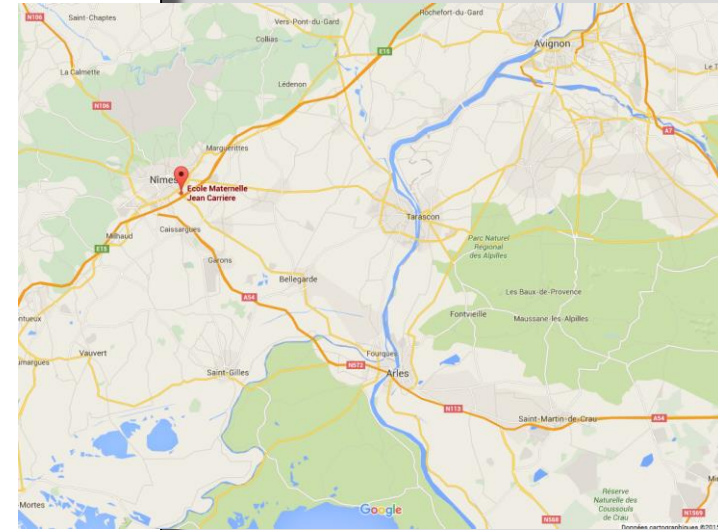
Ecole Jean Carrière, Nîmes (30)



Maître d'Ouvrage	Architecte	BE Technique	AMO QEB
Ville de Nîmes	Tectoniques & Atelier GA	IG BAT (TCE), Anglade (structure bois), INDDIGO (QE)	EODD Ingénieurs Conseils

Contexte

- Reconstruction d'une école obsolète sur le même site.
- Application d'une démarche globale de qualité environnementale
 - Charte de la Ville de Nîmes
 - BDM
 - BBC Effinergie
 - HQE Performance
 - Trophée bâtiment Santé 2014



Enjeux Durables du projet



- Respect du site, Conservation des arbres existants



- Mixité des matériaux, bâtiment biosourcé



- Bâtiment labélisé BBC Effinergie®
- Confort visuel, thermique et acoustique
- Qualité de l'air intérieur



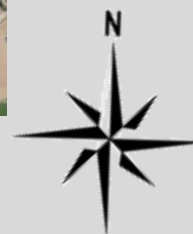
- Transparence hydraulique



- Charte de la Ville de Nîmes

Le projet dans son territoire

Vues satellite



Le terrain et son voisinage

Vue de l'entrée depuis la rue principale



Vues extérieures

Vue de l'entrée depuis le parvis



Vues extérieures



← Vue de la façade sud
donnant sur la cour

Vue de la façade nord donnant
sur le parking usagers ↓



Vues intérieures



Vue intérieure d'une salle de classe



Vues intérieures



Vue intérieure
d'une salle de
classe



Vues intérieures



**Vue intérieure de
la circulation
principale à l'étage**



Vues intérieures



Vue intérieure du restaurant

Fiche d'identité

Typologie

- **Ecole maternelle**

Surface

- **SHON 1592 m²**
- **SHON_{RT} 1517 m²**

Altitude

- **40m**

Zone clim.

- **H3**

Classement
bruit

- **BR 3**
- **CATEGORIE CE1**

Ubat
(W/m².K)

- **Ubat = 0,34 W/m²K**

Consommation
d'énergie
primaire (selon
Effinergie)*

- **Cep = 52 kWh/m².an**
- **Labélisé BBC Effinergie®**

Production
locale
d'électricité

- **Aucune**

Planning travaux
Délai

- **Début : Février 2010**
- **Fin : Décembre 2011**

Coûts réel

- **Travaux : 3 053 800 €HT**
- **1588 €HT/m²**

Fiche d'identité

Système constructif

- RDC: murs en pierre de Vers Pont du Gard
- R+1: ossature mixte acier/bois

Planchers bas

- RDC : Dalle béton + dalle à plots polystyrène 5cm + chape $U_p = 0,52 \text{ W/m}^2\text{K}$
- R+1: Collaborant bois/béton, caisson de bois 20cm ouate de cellulose + dalle polystyrène 5cm + chape $U_p = 0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$

Murs

- RDC: Mur en Pierre de Vers + ITI Laine de bois 18cm + Fermacell $U_p = 0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$
- R+1: MOB 18cm ouate de cellulose + 5cm fibre de bois extérieur + bardage $U_p = 0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$

Plafond

- Toiture en bois, caisson de 40cm de ouate de cellulose + étanchéité en membrane $U_p = 0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$

Menuiseries

- Menuiseries en bois avec double vitrage et lame argon $U_w = 1,7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Quelques vitrages sensibles à contrôle solaire

Chauffage

- Pompe à chaleur CIAT sur forage (16m)
- Planchers chauffants réversibles et préchauffage de l'air neuf

Rafraichissement

- Géocooling

Ventilation

- VMC Simple flux par insufflation zone enseignement, sur programmation horaire. Extraction par tourelles.
- VMC Double flux (salle psychomotricité et restaurant) sur sonde CO2
- Ventilation naturelle par ouvrants motorisés en façade et tourelles à vent.

ECS

- Solaire thermique (tubes sous vide), appoint électrique

Eclairage

- Eclairage biodynamique (ZUMTOBEL) tube T5 à ballast électronique gradable selon éclairement naturel et présence. Pilotage DALI sur GTC (programmation horaire).
- Autres zones éclairage par tube T5 et spot fluocompact sur détection de présence ou programmation horaire.
- Eclairage extérieur par spot à LED et tubes T5 sur GTC.

Retour sur les deux années de fonctionnement

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

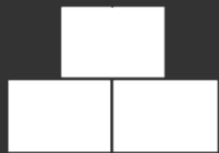
Gestion de projet

- Organisation du suivi d'exploitation:
 - Réunions avec les utilisateurs (5)
 - Réunions techniques avec le maître d'ouvrage et l'exploitant (DALKIA)
 - Séances de formation GTB (SIEMENS)
 - Mise en œuvre d'un registre pour garder la mémoire des problèmes survenus
- Suivi des consommations, synthèse par l'AMO:
 - Factures concessionnaires (EDF)
 - Export GTB (1^{ère} année, données compteurs et sondes, pas de temps horaire et 10min)
 - Fiche de relevé des compteurs avec numérotation des compteurs
 - Relevés contractuels P1, périmètre exploitant
 - Export GTB simplifié (2^{ème} et 3^{ème} année, valeurs mensuelles des compteurs)

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

Social et économie

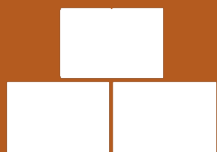
- Les acteurs du projet au cœur du processus d'amélioration continue:
 - L'implication des entreprises et BET après GPA
 - La participation des enseignants à l'évaluation
- Une démarche de valorisation pour récompenser les bonnes pratiques :
 - Expérimentation de la Charte de la Ville de Nimes
 - Recherche d'une valorisation nationale
 - L'utilisation de ce bâtiment comme support d'innovation (qualité de l'air, HQE Performance...)



GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

Matériaux, quelques problèmes...

- Bardage mélèze : vieillissement attendu mais inégal selon exposition
- Bardage à claire voies: un nid de guêpes
- Menuiseries bois : des gonflements et des retraits provoquant des fuites ou des problèmes d'ouverture/fermeture
- Peinture acrylique mat : des traces non lessivables
- Peinture magnétique : besoin d'aimants spécifiques, difficiles à trouver
- Platelage bois : des échardes et une surface glissante en cas de pluie



...mais surtout de bon retours

- Sols souples en linoléum: très bonne tenue, nettoyage simple
- Brises-soleil orientables: aucun problème de fonctionnement
- Faux plafond bois : efficacité acoustique et cadre intérieur agréable
- Casquettes en caillebotis : aucun entretien (sauf quelques feuilles d'automne)
- Murs en pierre de Vers Pont du Gard : aucun entretien et pas de tags
- Bardage en Trespa : quelques rayures d'écoliers mais très bonne tenue, aucun entretien.



GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU

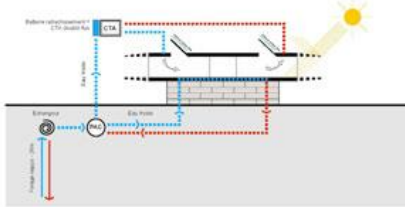


CONFORT ET SANTE

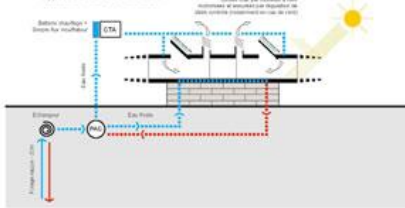
• La PAC sur forage et le géocooling

- Nappe à 16°C toute l'année
- Rafrachissement sans PAC (bypass)
- Nombreuses pompes ! forage, condenseur, primaire, circulateurs planchers...
- Information pertes de charges PAC erronées > mauvais dimensionnement de la pompe condenseur

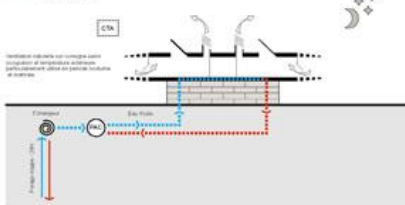
°C Journées d'été / locaux collectifs
- climatisation base sol
- apport sur l'air de ventilation



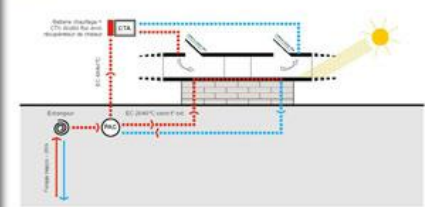
°C Journées d'été / locaux courants
- climatisation base sol
- apport sur l'air de ventilation



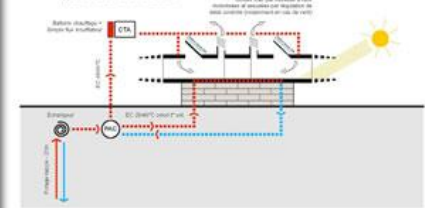
°C Nuits d'été / hors période d'utilisation et en fonction de la 1^{re} extérieure
- night cooling



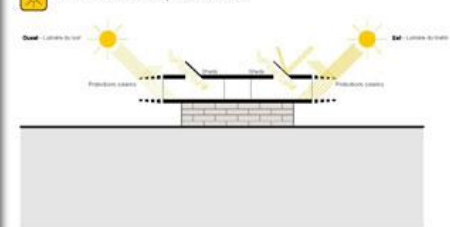
°C Journées d'hiver / locaux collectifs
- chauffage base sol
- apport sur l'air de ventilation



°C Journées d'hiver / locaux courants
- chauffage base sol
- apport sur l'air de ventilation

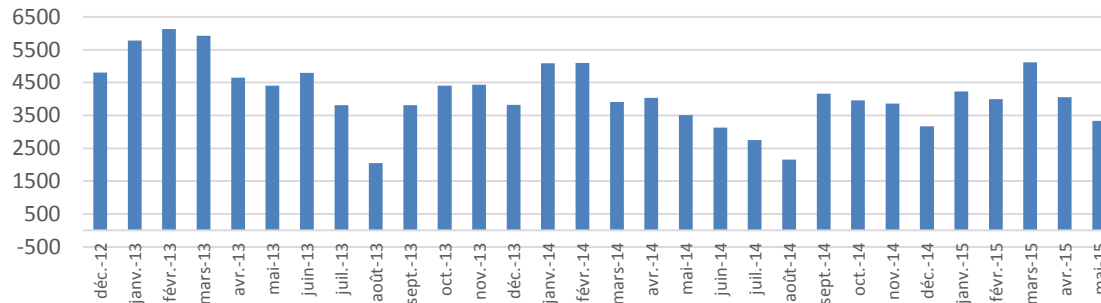


Ensoleillement et protections

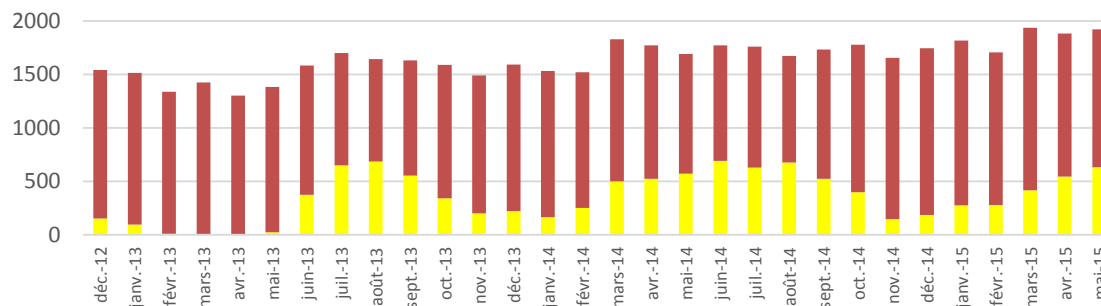


- Le solaire thermique (ECS)
 - Bonne productivité capteurs malgré des besoins limités ($\sim 660 \text{ kWh/m}^2_{\text{capteurs.an}}$)
 - Bouclage ECS trop énergivore en appoint

Volume d'eau froide adoucie consommé (litres)



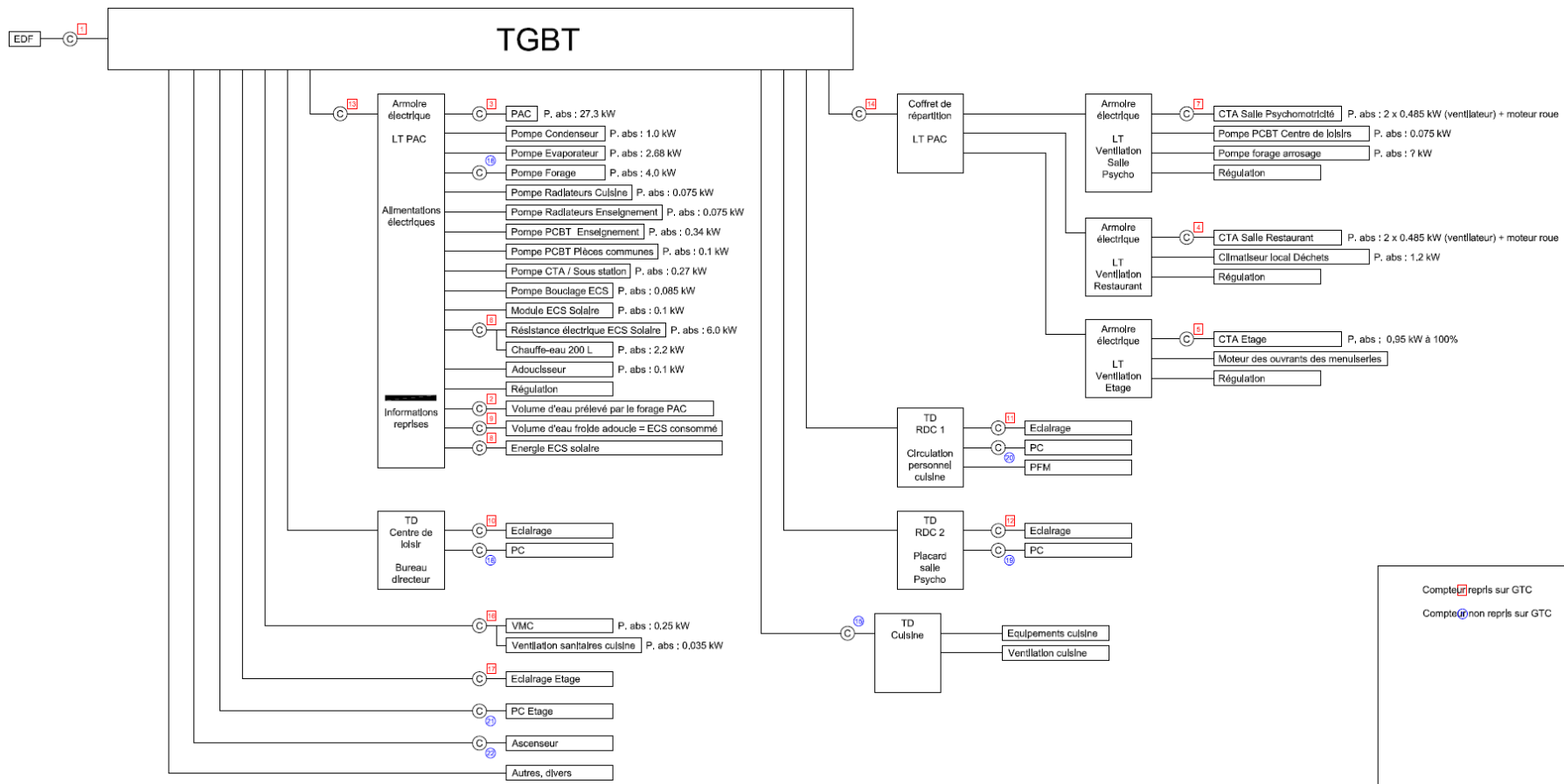
Production solaire utile + consommation appoint (kWh)



- **Automatismes et GTB**

- Une GTB SIEMENS assez classique mais des systèmes particuliers nécessitant une programmation très fine
 - > ventilation naturelle, ventilation par insufflation, rafraichissement « passif »
- La complexité du fonctionnement rend le moindre problème difficile à résoudre : problème du reset système, difficulté à simuler des états pour tests, problème de garantie, difficulté d'identifier les problèmes de câblage...
 - > Nécessité de faire appel à l'intégrateur en permanence
- Un système d'acquisition mal dimensionné et peu fonctionnel
 - > Problèmes des compteurs à impulsions, problèmes d'export des données, pas de traitement automatisé des data, volume de données pas anticipé
- Une GTB pour le CVC et une GTC juste pour l'éclairage !

- Le schéma de comptage



- La fiche de relevé compteur... et l'explication pour le bilan

ECOLE JEAN CARRIERE - VILLE DE NIMES

Date du relevé

Nom du releveur

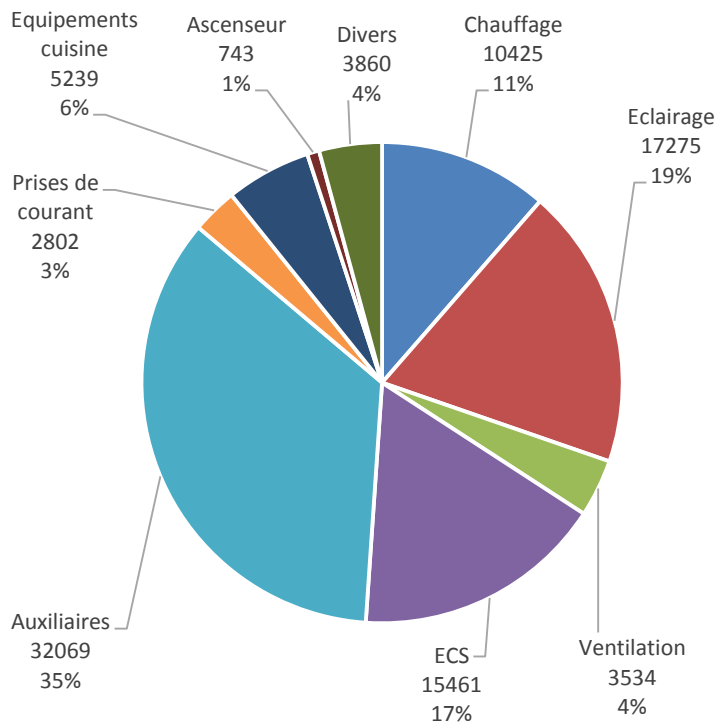
n°	Dénomination	unité	localisation compteur
1	Général ERDF		
	Heures Pleines été (HPE)	kWh	Extérieur
	Heures Creuses été (HCE)	kWh	Extérieur
	Heures Pleines hiver (HPH)	kWh	Extérieur
	Heures Creuses hiver (HCH)	kWh	Extérieur
2	Volume forage	m3	Chaufferie (à côté échangeur)
3	PAC	kWh	TD Chaufferie
4	Ventilation salle restaurant	kWh	TD Local CTA Restaurant
5	Ventilation étage	kWh	TD Local CTA Etage
6	Résistance appoint ECS Solaire	kWh	TD Chaufferie
7	Ventilation salle psychomotricité	kWh	TD Local CTA Psychomotricité
8	Energie solaire	kWh	Chaufferie (à côté ballon solaire)
9	Eau froide adoucie (=volume ECS)	m3	Chaufferie (derrière adoucisseur)
10	Eclairage Centre de loisirs	kWh	TD Centre de loisirs
11	Eclairage Cuisine	kWh	TD Cuisine (dans couloir)
12	Eclairage Psychomotricité + Extérieur	kWh	TD Psychomotricité (dans placard)
13	Electricité (alim générale chaufferie)	kWh	TGBT
14	Electricité (alim générale autres LT)	kWh	TGBT
15	Electricité Cuisine	kWh	TD Cuisine (dans office)
16	VMC sanitaires et cuisine	kWh	TGBT
17	Eclairage enseignement	kWh	TGBT
18	Prises courant TD Centre de loisirs	kWh	TD Centre de loisirs
19	Prises courant TD Psychomotricité	kWh	TD Psychomotricité (dans placard)
20	Prises courant TD Cuisine	kWh	TD Cuisine (dans couloir)
21	Prises de courant TD Etage	kWh	TGBT
22	Ascenseur	kWh	TGBT
23	Pompe forage	kWh	TD Chaufferie

Usage	Commentaires
Chauffage (PAC)	Compteur n°3
Eclairage	Somme compteurs 17 +10 +12 +11
	<i>Etage</i> Compteur n°17.
	<i>Centre de loisirs</i> Compteur n°10.
	<i>Psychomotricité + extérieur</i> Compteur n°12. Déduction éclairage extérieur par le calcul
	<i>Cuisine</i> Compteur n°11.
Ventilation	Somme compteurs 5 +7 +4 +16
	<i>CTA enseignement</i> Compteur n°5.
	<i>CTA psychomotricité</i> Compteur n°7.
	<i>CTA restaurant</i> Compteur n°4.
	<i>VMC sanitaires</i> Compteur n°16.
ECS	Compteur 6
	<i>Solaire</i> Compteur n°8. Valeur à exclure du bilan (économie d'énergie)
	<i>Appoint électrique</i> Compteur n°6.
Auxiliaires	Somme compteurs 23 +13 +14 - (3+4+5+6+7+23)
	<i>Pompe forage</i> Compteur n°23
	<i>Auxiliaires local chaufferie</i> Compteur n°13 - (3+6+23).
	<i>Divers (Circulateurs, vannes, arrosage, dimatisation déchets.)</i> Compteur n°14 - (4+5+7)
Prises de courant	Compteurs n°18+19+20+21
Equipements cuisine	Compteur n°15
Ascenseur	Compteur n°22
Divers	Par déduction, Compteur ERDF –autres usages
TOTAL ELECTRICITE	Compteur ERDF
	<i>Eau forage</i> Compteur n°2
	<i>Eau froide adoucie (ECS)</i> Compteur n°9

Energie

• Bilan énergétique détaillé

Répartition des consommations par usages
(mai 2014 - mai 2015)



Usage	Conso EF	Conso EF/m ²	Conso EP/m ²	%
Chauffage	10425	6,87	17,73	11,4%

Usage	Conso EF	Conso EF/m ²	Conso EP/m ²	%
Eclairage	17275	11,39	29,38	18,9%
Etage	8863	8,88		9,7%
Centre de loisirs	1215	8,80		1,3%
Psychomotricité	2698	15,60		3,0%
Extérieur	2532	0,87		2,8%
Cuisine	1967	13,03		2,2%

Usage	Conso EF	Conso EF/m ²	Conso EP/m ²	%
Ventilation	3534	2,33	6,01	3,9%
CTA enseignement	983	0,87		1,1%
CTA psychomotricité	1082	6,11		1,2%
CTA restaurant	351	5,40		0,4%
VMC sanitaires	1118	8,67		1,2%

Usage	Conso EF	Conso EF/m ²	Conso EP/m ²	%
ECS	15461	10,19	26,29	16,9%
Solaire	4841			5,3%
Appoint électrique	15461			16,9%

Usage	Conso EF	Conso EF/m ²	Conso EP/m ²	%
Auxiliaires	32069	21,14	54,54	35,1%
Pompe forage	11092			12,1%
Auxiliaires local chaufferie	19221			21,0%
Divers (voir détails)	1756			1,9%

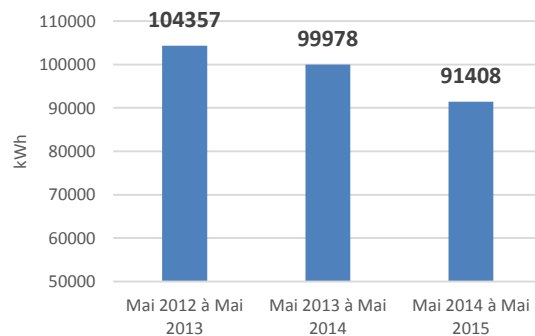
Usage	Conso EF	Conso EF/m ²	Conso EP/m ²	%
Prises de courant	2802	1,85	4,77	3,1%
Equipements cuisine	5239	3,45	8,91	5,7%
Ascenseur	743	0,49	1,26	0,8%
Divers	3860	2,54	6,56	4,2%

TOTAL tous usages	91408	60,26	155,46	
--------------------------	--------------	--------------	---------------	--

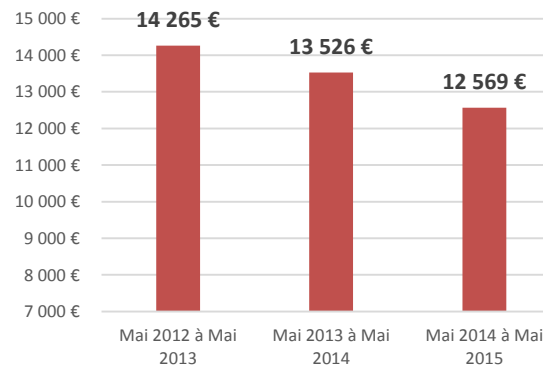
	Conso Eau m3	Conso Eau m3/m ²
Eau forage	42118	27,76
Eau froide adoucie (ECS)	19,723	0,01

- Bilan de trois années de fonctionnement

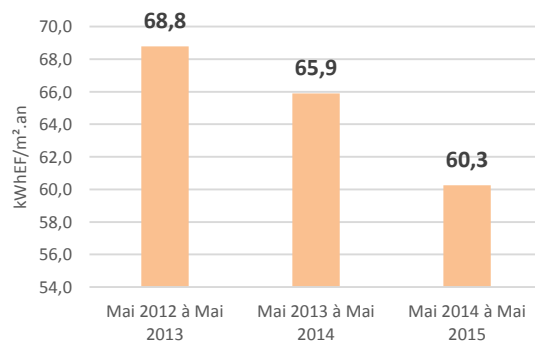
Bilan des consommations totales d'énergie



Bilan des dépenses totales d'énergie



Ratio de consommation d'énergie finale tous usages

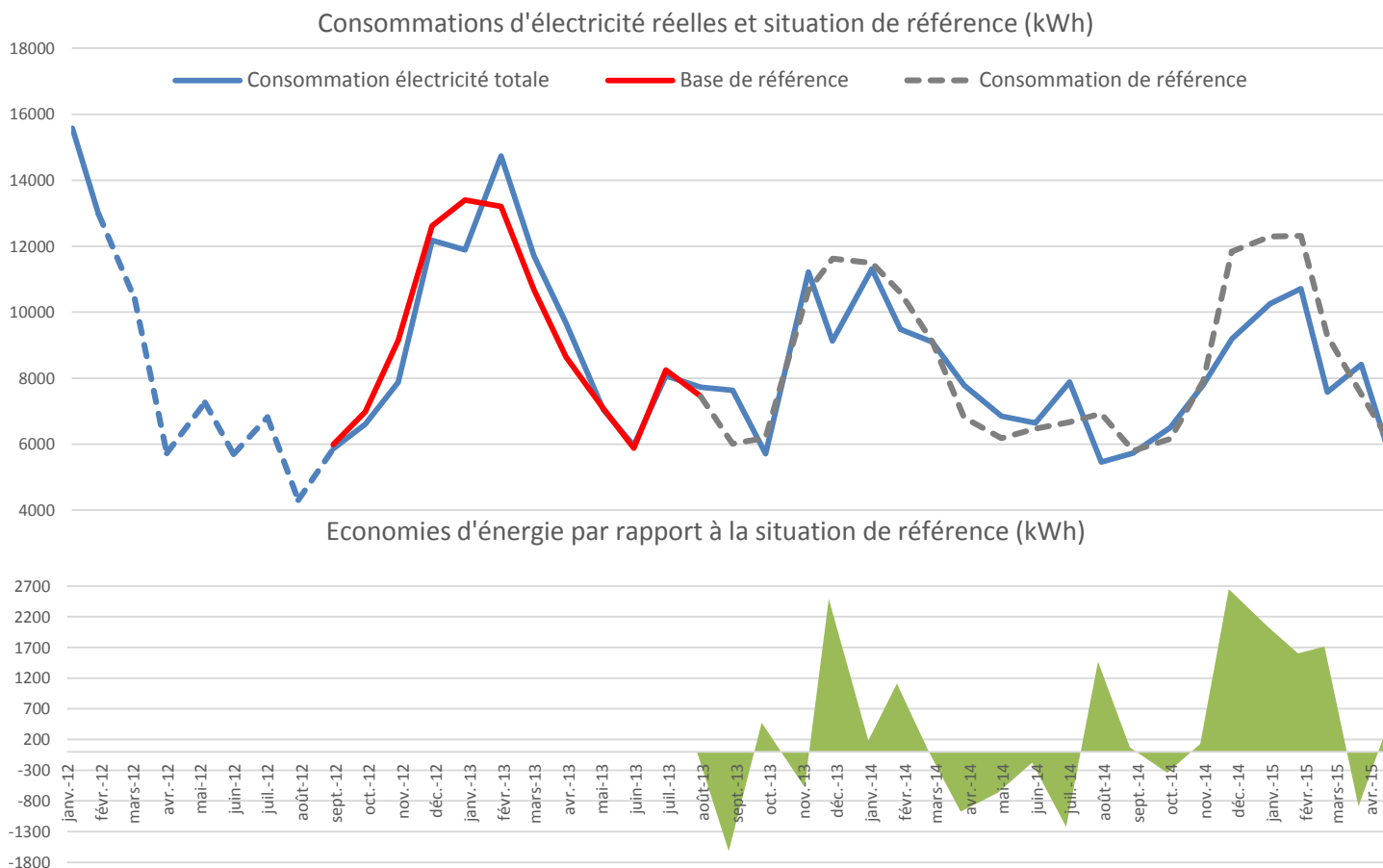


Ratio de consommation d'énergie primaire tous usages



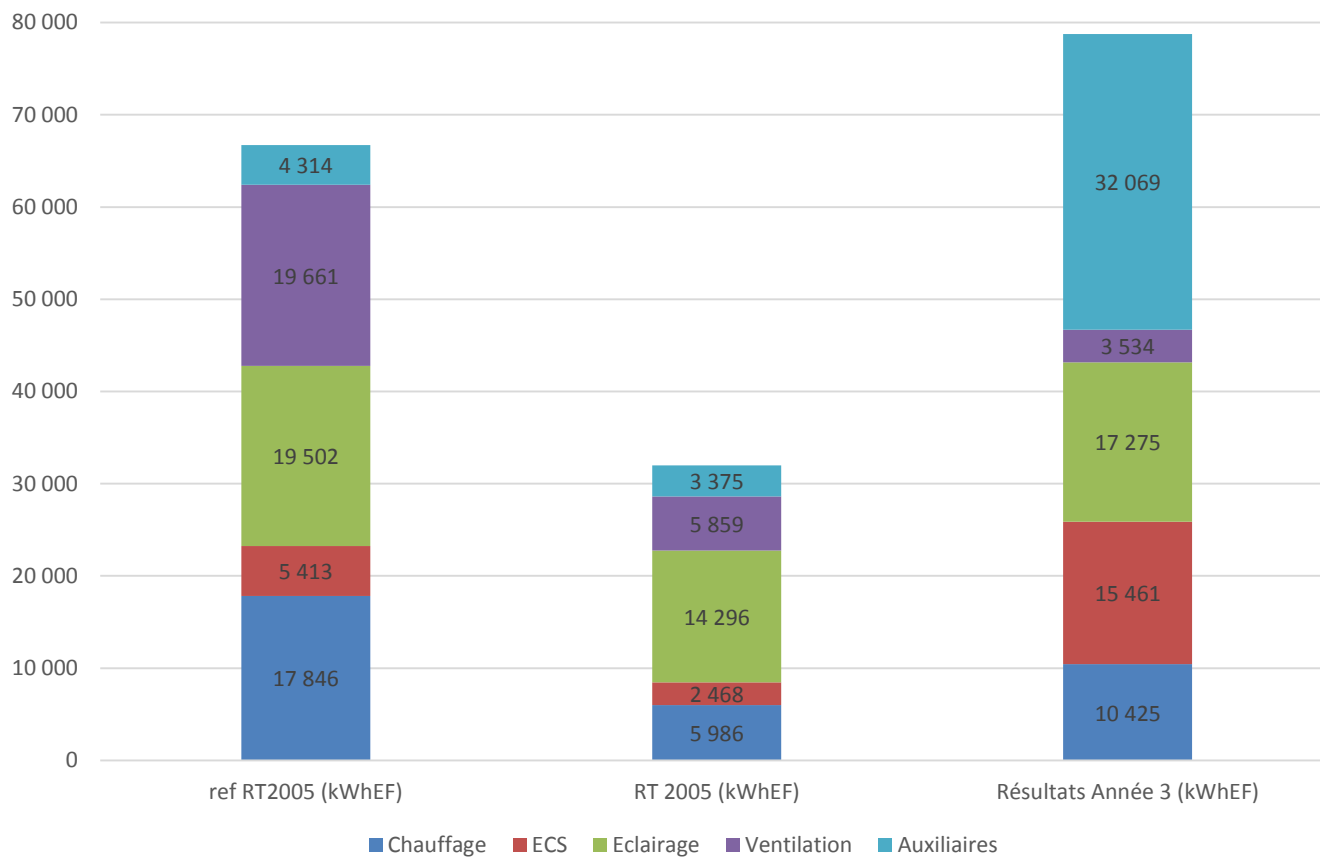
- Application du protocole IPMVP

$$\text{Consommation} = 4316,8 + 25,0 \times \text{DJU}_{\text{chaud}} + 5,7 \times \text{DJU}_{\text{froid}}$$



Energie

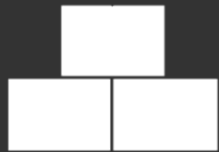
- Comparaison calcul conventionnel / consommations réelles en énergie finale



GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE

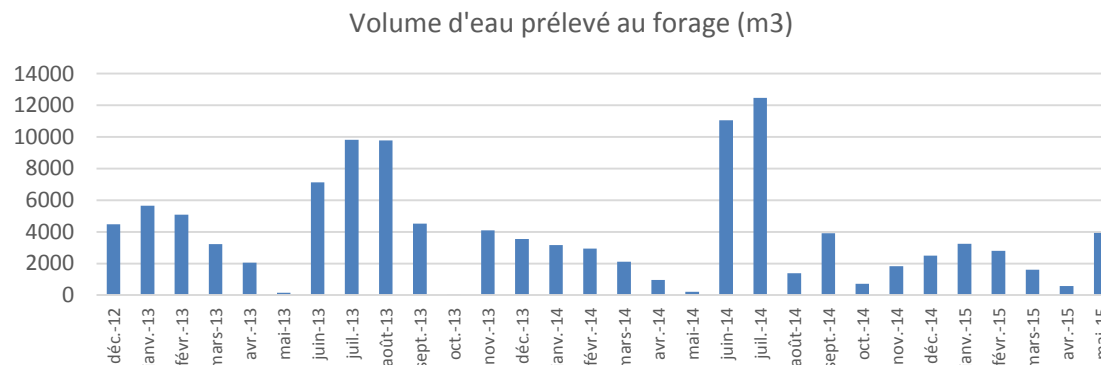


EAU

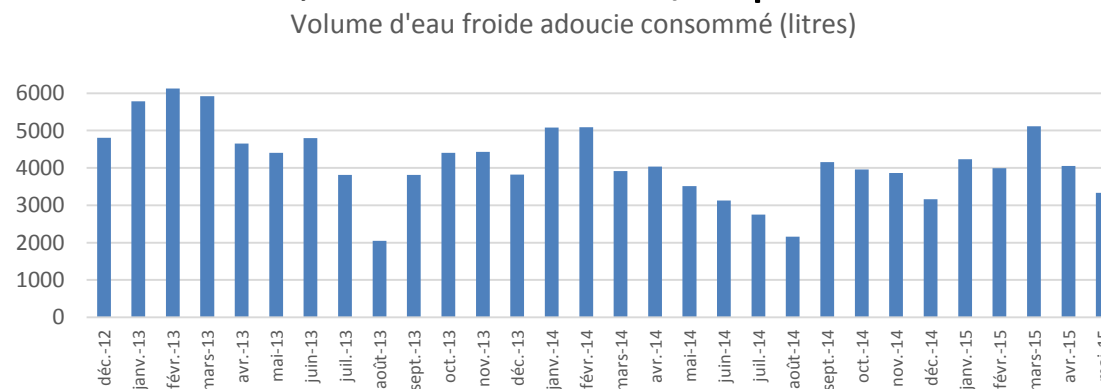


CONFORT ET SANTE

- L'eau de forage : ~43 000 m³/an



- L'eau adoucie ECS : 4,2 litres à 60°C/repas





GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

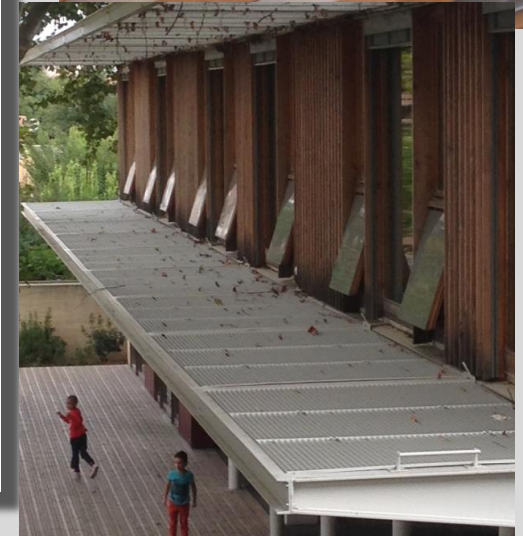
Confort et santé

- La ventilation par insufflation
 - Attention à la vitesse d'air une fois le mobilier en place (effet venturi)
 - L'orientation du flux d'air
 - La température du flux d'air, surtout en demi saison
 - Le cheminement des gaines (en toiture, au soleil)
 - La modulation par l'utilisateur (orientation du flux, débit)



Confort et santé

- La ventilation naturelle nocturne
 - Fonctionnement simple en théorie...mais assez compliqué en réalité.
 - Les dysfonctionnements sont assez gênants
 - 4 paramètres essentiels, programmation complexe:
 - Période de l'année
 - Période de la journée
 - Température extérieure
 - Température intérieure
 - Efficacité difficilement mesurable (débit, fonctionnement réel, inertie...)



Confort et santé

- Les protections solaires
 - BSO très pratiques et confortables
 - Les arbres contribuent bien à la régulation thermique: l'importance de les préserver en chantier
 - Les baies non protégées ont dû l'être après coup: film solaire extérieur sur baies Est, Stores intérieurs sur baies sud dans les classes



Confort et santé

- **L'éclairage biodynamique**
 - Apprécié des utilisateurs
 - Une GTC spécifique nécessaire, hors périmètre exploitant
 - L'utilisation de protocole propriétaire impose une relation commerciale à long terme (contrat de dépannage après période de garantie)
- **Autres points éclairage:**
 - Importance des réglages à la réception (détection de présence, temporisations...)
 - Exiger la remise des outils de réglage



Confort et santé

- La qualité de l'air intérieur
 - Débits d'air $\sim 700\text{m}^3/\text{h}$ par classe
 - Attention portée aux matériaux de finition intérieure
 - Lauréat du Trophée Bâtiment Santé 2014
 - Mesures in situ

Paramètre	Support Radiello	Concentration pondérée en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valeur de référence en $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldéhyde			
Formaldéhyde	165	35.16	100
Benzène			
Benzène	145	0.55	10

COV			
Styrène	145	47.27	250
Toluène	145	31.10	300
1,2,4 triméthylbenzène	145	82.65	1000
n-décane	145	4.00	1000
éthylbenzène	145	28.71	1000
o-xylène	145	15.28	200
m+p-xylène	145	78.52	200
tétrachloroéthylène	145	<0.11	250
trichloroéthylène	145	<0.10	800
n-undécane	145	3.25	1000
1,4-dichlorobenzène	145	<0.13	100
2-butoxyéthanol	145	4.29	1000
1-méthoxy-2-propanol	145	0.59	100



Conclusion

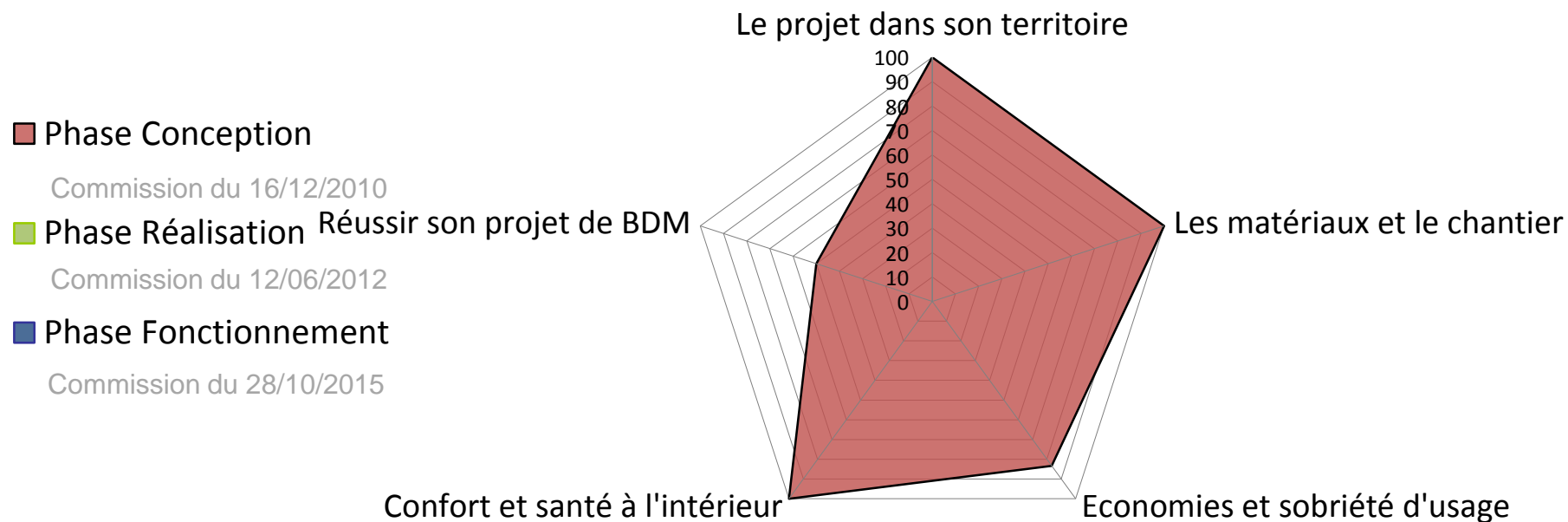
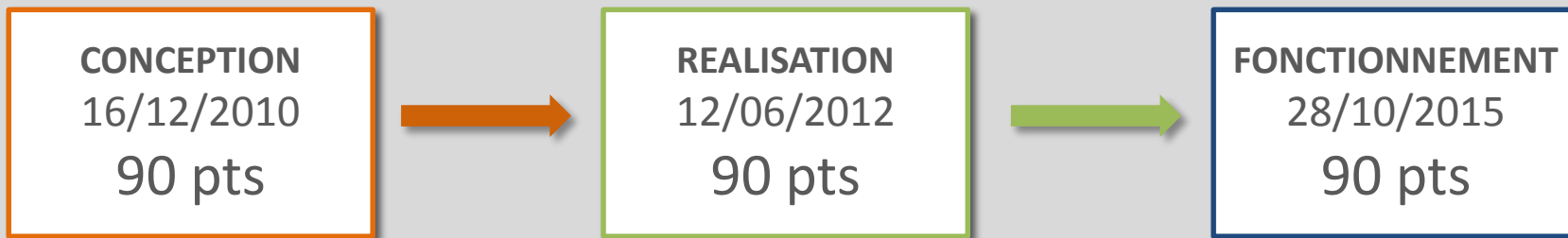
Points remarquables du projet en exploitation :

- L'implication des acteurs (même après GPA) et la participation des enseignants à l'évaluation
- Une réelle dynamique d'amélioration continue grâce au suivi-évaluation et une volonté de retour d'expérience
- De bonnes performances globales (énergie, eau, déchets, confort,...), qui s'améliorent

Points qui peuvent être améliorés :

- Les automatismes, la GTB et le système d'acquisition des données
 - La gestion du confort en intersaison
 - L'implication des acteurs de la maintenance
- la définition du périmètre et des clauses contractuelles de l'exploitant

Vue d'ensemble au regard de la Démarche BDM



Les acteurs du projet

MAITRISE D'OUVRAGE

MAITRISE D'OUVRAGE

VILLE DE NIMES

AMO QEB

EODD INGENIEURS
CONSEILS

ARCHITECTE

TECTONIKES

ARCHITECTE ASSOCIE

ATELIER GA

ARCHITECTES

MAITRISE D'ŒUVRE ET ETUDES

BE TCE et OPC

IG BAT

BE THERMIQUE

ENERGETEC

BE STRUCTURE

ANGLADE
STRUCTURE BOIS

BE ENVIRONNEMENT

INDDIGO

Concepteur Lumière

LES ECLAIREURS

Paysagiste

ITINERAIRE BIS

SPS

SPS SUD EST

BUREAU DE CONTROLE

BTP CONSULTANTS

Les acteurs du projet

GROS ŒUVRE

BARGETON

DEMOLITION

VOLPILIERE

ETANCHEITE

ODL

VRD

CREGUT

CLOISON / DOUBLAGE

SOLELEC

MENUISERIES EXTERIEURES
ET INTERIEURES

FERLAY

PEINTURES INTERIEURES /
SOLS SOUPLES

PAPERON

CHAUFFAGE

DAILLANT

FCS84

AMENAGEMENTS
EXTERIEURS

DAUDET PAYSAGES

SERRURERIE

NEMOMETAL

CHARPENTE COUVERTURE

SUD EST
CHARPENTES

ELECTRICITE

SALS



Crédits photos:

**Jérôme Ricolleau
Stéphane Goasmat**

Paul Cayol

Jean-Baptiste Beis