

# Construction durable

## Internat à énergie positive à Rouillé, France



<b>Acheteur public:</b>	Région Nouvelle-Aquitaine
<b>Marché:</b>	1) Marché de maîtrise d'oeuvre pour la construction d'un internat au Lycée Xavier Bernard Notification : décembre 2015  2) Marché de travaux pour le Lycée Notification : juillet 2017
<b>Economies:</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Economie d'énergie primaire : 0.09 GWh/an</li> <li>• Réduction des émissions de CO2 : 5.1 tCO2/an</li> </ul>

### SUMMARY

- L'objectif général du projet est la construction d'un bâtiment à énergie positive suivant le principe de la démarche HQE.
- Liste exhaustive des critères environnementaux, incluant l'utilisation de matériaux de construction durables, minimisant la consommation d'énergie et d'eau, optimisant le confort et la santé de l'utilisateur, et minimisant les nuisances sur le chantier
- 700 M<sup>2</sup> - 50 lits uniquement rez-de-chaussée
- Marché pour la conception et la maîtrise d'oeuvre attribué à (Dauphins Architecture)

## Procédure d'achat

Pour la construction d'un nouvel internat de 50 lits, au Lycée Xavier Bernard de la ville de Rouillé, la Région Nouvelle Aquitaine, en tant que maître d'ouvrage, a décidé de fixer des objectifs environnementaux très ambitieux. L'approche adoptée était basée sur la démarche HQE (Haute Qualité Environnementale<sup>1</sup>), avec l'ambition de réaliser un bâtiment à énergie positive<sup>2</sup>.

La démarche HQE est basée sur 14 cibles environnementales (voir la figure 1. ci-dessous). Pour chaque cible, il est défini trois niveaux de performance: très performant, performant et réglementaire. Pour mener cette démarche, vous devez atteindre le niveau très performant pour au moins trois cibles, et au moins quatre autres *au niveau performant*. C'est à la collectivité de choisir les cibles qu'elle souhaite prioriser à un niveau élevé<sup>3</sup>. La Région Nouvelle-Aquitaine a décidé de fixer les cibles suivantes à un très haut niveau de performance: matériaux et procédés de construction, entretien et maintenance, et le confort hygrothermique. La sélection complète peut être trouvée dans la figure 1 ci-dessous.

### 2 étapes dans la procédure d'achat

L'achat/ la procédure du marché a été divisée en deux étapes:

- Choix de l'architecte/ maîtrise d'œuvre – Notification en décembre 2015
- Marché de travaux (12 lots) - Notification en juillet 2017

Le début des travaux était prévu en avril 2017, et la réception des travaux en avril 2018.

La sélection de la maîtrise d'œuvre a été un point important dans la bonne réalisation de cette opération. Compte tenu de l'objectif de construction d'un bâtiment à énergie positive et d'atteinte des objectifs de performance HQE énumérés dans le tableau 1 ci-dessous, les maîtrises d'œuvre ayant candidaté ont été évaluées sur une série de critères en deux phases - la première phase évaluant leur expérience et leurs références (projets déjà réalisés), et la seconde leur vision pour le projet lui-même.

La maîtrise d'œuvre a été chargée de concevoir une construction répondant à un niveau de performance spécifique pour 14 cibles environnementales, telles que définies par HQE (voir fig. 1 ci-dessous).

<sup>1</sup> "High Environmental Quality" – for more information: [www.behqe.com](http://www.behqe.com)

<sup>2</sup> BEPOS: *Bâtiment à énergie positive*

<sup>3</sup> More information on HQE (in French) can be found here: <https://certivea.fr/offres/certification-nf-hqe-batiments-tertiaires-neuf-ou-renovation>

**Fig. 1 –Cibles environnementales**

Cibles	Niveau 1 très performant	Niveau 2 performant	Niveau 3 Réglementaire
<b>Eco-construction</b>			
Relation harmonieuse des bâtiments			
Procédés et produits de construction			
Chantiers à faibles nuisances			
<b>Eco-management</b>			
Gestion de l'énergie			
Gestion de l'eau			
Gestion des déchets d'activités			
Entretien et maintenance			
<b>Confort</b>			
Confort hygrothermique			
Confort acoustique			
Confort visuel			
Confort olfactif			
<b>Health / santé</b>			
Qualité sanitaires des espaces			
Qualité de l'air			
Qualité de l'eau			

La conception du bâtiment a été développée par la maîtrise d'œuvre, en collaboration avec le maître d'ouvrage. La construction a pu permettre l'utilisation d'un réseau de chaleur alimenté à partir d'une chaufferie biomasse desservant à la fois le lycée et un autre bâtiment public.

Pour atteindre le niveau « bâtiment à énergie positive », un élément de la conception était d'intégrer la production d'énergie renouvelable sur le site. L'architecte a choisi l'installation d'une petite éolienne, ainsi qu'un certain nombre de panneaux solaires sur le toit.

Ce projet a été soutenu par le Cluster Éco-Habitat Nouvelle-Aquitaine, organisme regroupant des architectes,

gestionnaires de patrimoine, entreprises de construction, chercheurs et organismes du secteur public

#### **La paille comme matériau de construction**

Pour ce projet, l'architecte a choisi d'utiliser la paille comme l'un des principaux matériaux de construction. La paille a deux avantages clés :

- Matériau local (surtout dans un lycée agricole)
- Matériau peu consommateur d'énergie pour sa production puisque non transformé (respect de la volonté de la collectivité d'utiliser des matériaux bas carbone)

Concertation préalable nécessaire avec le SDIS pour l'utilisation de la paille.

pour promouvoir la construction durable par la mise en réseau à l'échelle régionale. Le Cluster a notamment participé à la relance des lots infructueux lors de la passation des marchés de travaux . Il a également organisé une journée thématique sur la construction en paille pour ses membres (y compris un atelier et une visite du site).

## Coût du cycle de vie

Approche en coût global dès la phase de conception du projet qui a permis d'intégrer les coûts de la maintenance et de l'exploitation du bâtiment.

Les coûts suivants ont été pris en compte :

- 1) Coûts techniques de l'opération
  - Factures d'énergie et d'eau
  - Nettoyage des bâtiments et surfaces vitrées
  - Entretiens des espaces verts
- 2) Entretien courant
  - Inspections des installations (incluant le temps de conduite)
  - Coût et temps passés pour l'entretien courant et réparations
  - Coût des contrats externalisés pour la maintenance et les réparations (chauffage, ascenseur etc.)
- 3) Gros entretiens de maintenance
  - Coûts directs et indirects de la maintenance corrective (pannes et réparations)
  - Les coûts des travaux d'entretien majeurs liés aux réparations majeures et au renouvellement des composantes/ matériaux du bâtiment/ de construction.
- 4) Durabilité des différents matériaux du bâtiment/ de construction

## Spécifications et pièces de l'offre – Architecte/ maîtrise d'œuvre

### DESCRIPTION DES TRAVAUX

La construction finale doit être conçue selon les principes suivants :

- L'évolutivité de l'ouvrage dans le temps en fonction de sa durée de vie prévisionnelle et de ses usages
- Démontabilité / séparabilité des produits et procédés de construction en vue de la gestion environnementale optimale de leur fin de vie
- Choisir les produits de construction pour limiter les impacts environnementaux de l'ouvrage.
  - Utiliser des matériaux et des produits permettant un approvisionnement de

chantier le moins polluant en CO<sub>2</sub> (FDES)

- Mettre en œuvre des matériaux et des produits permettant de piéger du CO<sub>2</sub>
- L'emploi du bois sera recherché/ une priorité
- Les produits de construction ne devront pas être sources de pollution. Chaque fois que possible, il sera demandé que les produits bénéficient d'un label européen (NF Environnement, ECOLABEL, Ange Bleu, Cygne Blanc,...).
- Choisir les produits de construction pour limiter les impacts sanitaires de l'ouvrage
  - Limiter la pollution par les éventuels traitements des bois
  - Les matières synthétiques seront utilisées avec retenue et les matériaux utilisés contenant des composants critiques, problématiques ou toxiques seront évités (solvants, composés organiques volatils, substances halogénées, biocides, plastifiants, formaldéhydes, gaz à ODP non nul,...).
  - Les matériaux retenus (béton quartzé, bois vernis, mur en brique de terre crue, carrelage, panneaux de bois en plafond des espaces de circulation, métal déployé devant fenêtre ouvrable à la place de limiteur d'ouverture plus fragile) devront être d'entretien facile et ne devront pas nécessiter de produits de nettoyage sources de polluants et la diversité des matériaux sera limitée.
- Concevoir l'ouvrage de façon à faciliter les interventions d'entretien / maintenance
  - Mettre à disposition des moyens de comptage pour le suivi des consommations d'énergie, d'eau et des conditions de confort

**EVALUATION PHASE 1** (pour sélectionner 3 candidats pour la deuxième phase)

#### **CRITERES D'EVALUATION**

Il était demandé aux candidats de fournir trois références de projets antérieurs, ainsi qu'une description détaillée de l'équipe proposée pour réaliser le projet. Les offres ont ensuite été évaluées en fonction des critères suivants :

- La pertinence des références en matière technique et environnementale (30%)
- La qualité des trois références principales (40%)
- La composition, la cohérence et les moyens de l'équipe dédiée au projet proposée par rapport à la typologie de l'opération (30%)

---

## EVALUATION PHASE 2 (POUR LE CHOIX DE L'ENTREPRISE FINALE)

### CRITERES D'EVALUATION

- Plans au format A3, la structure globale du bâtiment, la disposition du bâtiment et une vue de la façade (40%)
- Une note explicative de 2 pages maximum (30%) comprenant :
  - Bonne compréhension globale des enjeux
  - Partie conception/ architecture : Présentation du projet et justification de la solution proposée, avec les principaux éléments de la conception du projet.
  - Aspects environnementaux avec une description des principaux principes à appliquer/ mettre en œuvre pour répondre à l'exigence d'énergie positive (BEPOS).
  - Une description des solutions techniques proposées, en particulier le système de construction à appliquer
  
- Prix (maîtrise d'œuvre) (30%)

### PIECES DE L'OFFRE

Les candidats étaient tenus de fournir les plans de construction et la note descriptive mentionnée ci-dessus.

## Spécifications et pièces de l'offre – Travaux de construction (12 lots)

### SPECIFICATIONS TECHNIQUES

(Des spécifications techniques détaillées ont été fournies par le maître d'œuvre pour chacun des lots de travaux, conformément à la conception finale du bâtiment, comme convenu avec le maître d'ouvrage).

### CRITERES D'EVALUATION

- Evaluation technique (30 %, y compris 5% en lien avec les matériaux proposés)
- Prix (70 %)

### PIECES DE L'OFFRE

Les candidats devaient fournir des fiches techniques pour démontrer la conformité aux exigences techniques

## Bilan

### Impacts environnementaux

Le nouveau bâtiment devrait réaliser des économies de 5,1 tonnes de CO<sub>2</sub> par an par rapport à un internat standard, **soit une réduction de 75%**.

Sans tenir compte de l'énergie éolienne et photovoltaïque produite sur le site, le bâtiment consommerait 34 kWh / m<sup>2</sup> au lieu de 117 kWh / m<sup>2</sup> pour un bâtiment standard. En incluant la production d'électricité obtenue alors seulement **4 kWh / m<sup>2</sup>**.

Table 1: Économies environnementales (impact écologique)

Marché	Consommation (kWh/year) (Nm <sup>3</sup> /yr) (kg/yr)	CO <sub>2</sub> emissions (tCO <sub>2</sub> /year)	Consommation d'énergie primaire (GWh/year)	RES (énergies renouvelables) générées (GWh/yr)
Référence (électricité, gaz naturel et biomasse du bois)	23 148 kWh 873 Nm <sup>3</sup> 12 532 kg	6.8	0.12	0
Marché "vert" (électricité, électricité de source renouvelable, gaz naturel et biomasse du bois)	3017 kWh 4759 kWh green 293 Nm <sup>3</sup> 4209	1.7	0.03	0.005
<b>Economies</b>		<b>5.1</b>	<b>0.09</b>	<b>0.005</b>

#### BASE DE CALCUL

- Chiffres de consommation d'énergie utilisés dans le calcul fourni par le maître d'œuvre.
- Facteur d'émission de CO<sub>2</sub> pour l'électricité: 0,146 kg / kWh
- Facteur d'émission de CO<sub>2</sub> pour le gaz naturel: 2,503 kg / Nm<sup>3</sup>
- Facteur d'émission de CO<sub>2</sub> pour la biomasse du bois: 0,099 kg / Nm<sup>3</sup>
- Facteur d'énergie primaire pour l'électricité: 2,5
- Facteur énergétique primaire pour le gaz naturel: 1.1
- Facteur énergétique primaire pour la biomasse du bois: 1.1
- Calcul réalisé à l'aide de l'outil développé dans le cadre du projet GPP 2020 ([www.gpp2020.eu](http://www.gpp2020.eu)), et affiné dans le cadre du projet SPP Regions. Disponible sur le site SPP Regions ([www.sppregions.eu](http://www.sppregions.eu)). (Des tableaux de calcul plus détaillés sont inclus dans l'annexe ci-dessous).

## Impacts financiers

L'intégration de l'analyse en coût global lors de la conception a contribué à réduire les coûts globaux d'exploitation, de maintenance et de réparation. Les coûts de consommation d'énergie sont notamment inférieurs à ceux d'un bâtiment conventionnel.

Les coûts d'investissement globaux du bâtiment ont été estimés à 1 765 000 €.

## Réponse des fournisseurs

Entre 1 et 7 entreprises ont soumis des offres pour les différents lots de travaux de construction, cependant, un lot a été infructueux car il n'y avait pas de réponse (voir la section ci-dessous).

## Enseignements et défis futurs

- Globalement, les travaux se sont déroulés, jusqu'à maintenant de façon très satisfaisante, même s'il est pertinent d'attendre quelques années d'utilisation avant d'avoir un retour sur les conditions d'exploitation
- Ce chantier a permis de mettre en place des ateliers participatifs avec les lycéens (brique de terre crue et mise en place de botte de paille) alliant pédagogie et innovations techniques environnementales.
- L'allotissement aurait pu être optimisé sur 2 lots en particulier : charpente-paille et enduit. En effet, l'isolation paille a été inclus dans le lot charpente pour faciliter l'insertion des bottes de paille dans la structure bois (optimisation du calpinage). Le lot enduit était un lot à part, lors de la première consultation des entreprises il n'y a eu aucune offre puis lors de la deuxième consultation il n'y a eu qu'une seule offre. Les entreprises spécialisées dans l'enduit ne souhaitaient pas répondre car, pour un bon maintien de l'enduit, la qualité du matériau paille et sa mise en œuvre sont très importantes. Elles ne voulaient donc pas s'engager à poser de l'enduit sur un matériau paille qu'elles n'ont pas posé elles-mêmes.
- Il aurait été aussi intéressant d'aller plus loin sur le contrôle des qualifications demandées pour la pose de la paille.

### CONTACT

**Cécile Varache** – Chargée de mission énergie environnement- direction de la construction.

[cecile.varache@nouvelle-aquitaine.fr](mailto:cecile.varache@nouvelle-aquitaine.fr), Tel: +33 5 49 55 81 28

**Claude Gourbeault-Michaud** – Chargée d'opérations - direction de la construction.

[Claude.gourbeault-michaud@nouvelle-aquitaine.fr](mailto:Claude.gourbeault-michaud@nouvelle-aquitaine.fr), Tel: +33 6 19 18 12 38

**Lucie Malivert** - Chargée de Mission Achats Responsables Site de Poitiers, Direction des Achats et de la Commande Publique

[lucie.malivert@nouvelle-aquitaine.fr](mailto:lucie.malivert@nouvelle-aquitaine.fr) Tel: + 33 05 16 01 40 60

Site Région Nouvelle-Aquitaine : [www.nouvelle-aquitaine.fr](http://www.nouvelle-aquitaine.fr)

## Annex 1 - Calculation of environmental savings

Calculations made using the tool developed within the GPP 2020 project ([www.gpp2020.eu](http://www.gpp2020.eu)), and refined within the SPP Regions project. Available on the SPP Regions website.

Input & Results													
Location of energy contracting		France											
CO <sub>2</sub> -emissions per kWh electricity (kg/kWh)		0,146 <small>if you know your own rate, enter it on the sheet "General Assumptions".</small>											
Lifetime of the measures implemented in the course of the contract		25 years											
INPUT DATA					TOTAL EMISSIONS AND CONSUMPTION								
Energy source	Baseline		Green tender		Baseline				Green tender				
	Current annual energy consumption		Expected annual energy consumption		Per year		Per lifetime		Per year		Per lifetime		
					Primary energy consumption (GWh/year)	CO <sub>2</sub> -emissions (t CO <sub>2</sub> / year)	Primary energy consumption (GWh)	CO <sub>2</sub> -emissions (t CO <sub>2</sub> )	Primary energy consumption (GWh/year)	CO <sub>2</sub> -emissions (t CO <sub>2</sub> / year)	Primary energy consumption (GWh)	CO <sub>2</sub> -emissions (t CO <sub>2</sub> )	
Electricity, conventional	23 148	kWh	3 017	kWh	0,1	3,4	1,4	84,5	0,0	0,4	0,2	11,0	
Electricity, green		kWh	4 759	kWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	2,0	
Heating oil		l		l	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Natural Gas	873	m <sup>3</sup>	293	m <sup>3</sup>	0,0	2,2	0,2	54,6	0,0	0,7	0,1	18,3	
Wood pellets		kg		kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Wood	12 532	kg	4 209	kg	0,1	1,2	1,4	31,0	0,0	0,4	0,5	10,4	
District heating		kWh		kWh	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Coal Briquette		kg		kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Lignite high quality		kg		kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Lignite low quality		kg		kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
Coke/Anthracite		kg		kg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
					TOTAL	0,12	6,8	3,0	170,1	0,03	1,7	0,9	41,8
SAVINGS													
Expected results	Savings (Baseline / Green tender)												
	Per year	Per lifetime	Percentage										
	Primary energy savings, (GWh)	0,09	2,2	71,87%									
Reduction of CO <sub>2</sub> emissions, (t CO <sub>2</sub> )	5,1	122,4	75,49%										

## About SPP Regions

SPP Regions is promoting the creation and expansion of 7 European regional networks of municipalities working together on sustainable public procurement (SPP) and public procurement of innovation (PPI).

The regional networks are collaborating directly on tendering for eco-innovative solutions, whilst building capacities and transferring skills and knowledge through their SPP and PPI activities. The 42 tenders within the project will achieve 54.3 GWh/year primary energy savings and trigger 45 GWh/year renewable energy.

### SPP REGIONS PARTNERS



This project has received funding from the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 649718. The sole responsibility for any error or omissions lies with the editor. The content does not necessarily reflect the opinion of the European Commission. The European Commission is also not responsible for any use that may be made of the information contained herein.