



Ex 4

## 64 logements BBC R+4 à Angers (49)

Première tranche d'une opération de logements BBC collectifs et individuels en structure en refends et planchers bois-béton. CONSTRUCTION 2012/2013



1

### Le programme

Réalisation de l'éco-quartier « Les Prés » se compose de deux ensembles : 41 logements en location sociale répartis en 37 logements et 4 maisons de ville et 23 logements en accession répartis en 22 logements et 1 maison de ville. En tout, 6 bâtiments en R+1 jusqu'à R+4. 69 parkings en sous-sol.

### Les intervenants

- Maître d'ouvrage : HLM Le Val de Loire, Angers (49)
- Architecte : Matières d'espaces, Choisy-le-Roi (94)
- BE Acoustique : DB Acoustic, Angers (49)
- Mesures perméabilité : CETE de l'Ouest, Les-Ponts-de-Cé (49)
- Entreprise Cruard, Simple (53).

### Le choix constructif

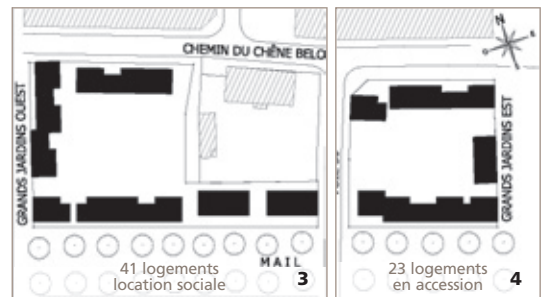
Sous-sol et refends des premiers niveaux en béton. Façades préfabriquées en ossature bois non porteuses. Derniers niveaux en tout bois. Planchers bois béton avec des connecteurs SBB.

### Les caractéristiques générales

Livraison : 2012/2013  
 Surface SHON : 5595 m<sup>2</sup>  
 Surface habitable : 4971 m<sup>2</sup>  
 Coût total de travaux actualisé : 8202659€ HT  
 Performance énergétique : 58 kWh énergie primaire/m<sup>2</sup>.

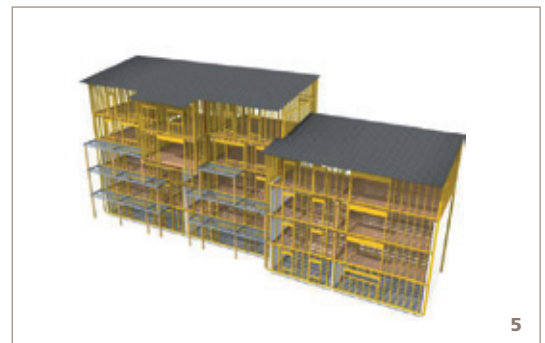


2



3

4



5

PLAN D'UN LOGEMENT TYPE T3



1\_1 Vue en chantier. 2\_Vue d'ensemble sur la place centrale. 3&4\_Plan de masse. 5\_Axonométrie.

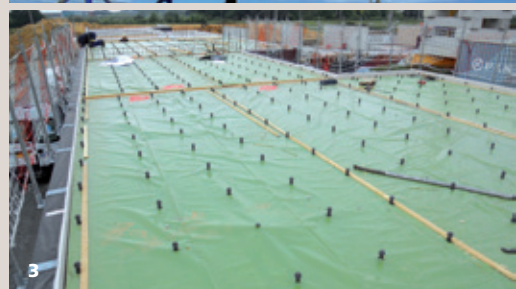
## Résultats des mesures d'infiltrométrie

Tests réalisés conformément à la norme **NF EN 13829** et **GA P50-784**, selon les Arrêtés du **24 mai 2006** relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiment et du **13 juin 2008** relatif à la performance énergétique des bâtiments existants.

		Q4Pa-Surf	n50	A <sub>L</sub> surface équivalente de fuite à 4Pa
<b>POUR LE LOGEMENT COLLECTIF</b>	RT 2005	1,2	≈ 2,6	
	BBC Effinergie	1	≈ 2,2	
	Passif	≈ 0,28	0,6	
Logement A001		0,65	1,21	66,1
Logement A101		0,58	1,18	58,4
Logement A304D		0,34	1,18	11,4
<b>Récapitulatif bâtiment A</b>		<b>0,45</b>	<b>?</b>	
Logement B007		0,60	1,24	81,7
Logement B107		0,63	1,37	86,3
Logement 305D		0,44	1,62	148,4
<b>Récapitulatif bâtiment B</b>		<b>0,52</b>	<b>?</b>	
Logement C007		0,41	1,17	64,6
Logement C107		0,68	1,6	112,2
Logement C207		0,34	1,55	110,2
<b>Récapitulatif bâtiment C</b>		<b>0,44</b>	<b>?</b>	

Q4Pa-Surf : perméabilité à l'air de l'enveloppe sous 4 Pa de différentiel de pression, en m<sup>3</sup>/(h.m<sup>2</sup>).  
n50 : taux de renouvellement d'air sous 50 Pa de différentiel de pression, en vol/h.  
A<sub>L</sub> : surface équivalente de fuite du bâtiment, en cm<sup>2</sup>.

Selon la règle d'échantillonnage définie dans le guide d'application GA P 50-784, pour un ensemble inférieur ou égal à 30 logements, il faut tester 3 logements ayant les plus grandes valeurs de PI+PVI/SHI et étant répartis aux niveaux extrêmes et un au niveau intermédiaire.



1 Les bâtiments sont fondés sur un sous-sol qui accueille les garages. 2 Levage d'un panneau de mur extérieur. 3 Le plancher connecté bois béton est en place ; on voit sur la photo l'implantation des connecteurs.



4 & 5 Réalisation des mesures d'infiltrométrie avec la porte soufflante, sur l'échantillon de 3 logements.  
6 Détail des éléments préfabriqués qui intègrent les vêtements.

## Résultats des mesures acoustiques

Les textes réglementaires applicables sont l'Arrêté du 30 juin 1999. Les mesures sont réalisées selon la norme NFS 31-057.

Résultats des mesures acoustiques entre logements et entre intérieur et extérieur	Objectif en dB	Valeurs mesurées en dB
Isolement acoustique standardisé en vertical dB	DnT,A ≥ 53	53
Isolement acoustique standardisé en horizontal dB	DnT,A ≥ 53	56
Niveau de bruit de choc en vertical dB	L'nT,w ≤ 58	44
Niveau de bruit de choc en horizontal dB	L'nT,w ≤ 58	44
Isolement de façade	DnT,A,tr ≥ 30	35

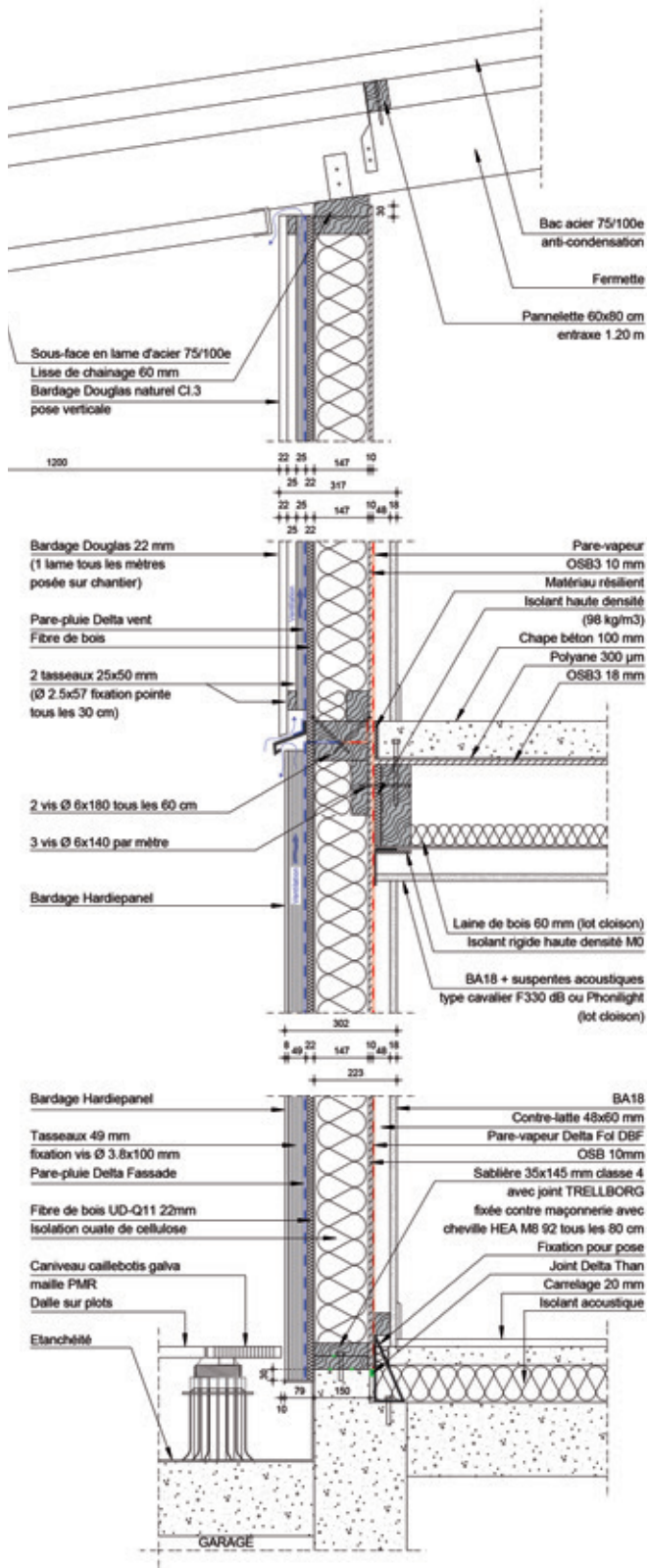
Il est toléré un écart de 3 dB vis-à-vis de l'objectif afin de tenir compte des incertitudes de mesure.

C = conforme ou conforme dans l'incertitude de mesure.  
NC = non conforme à l'objectif.

### COUPE TRANSVERSALE NORD-SUD SUR LES BÂTIMENTS A ET C



## Détails techniques



Clément Faure, Matières d'espaces, architecte

### IMPORTANCE DE LA THERMIQUE

#### Comment avez-vous géré cette consultation en dialogue compétitif ?

«Le maître d'ouvrage a proposé le dialogue compétitif comme mode d'appel d'offres. Nous l'avons donc lancé sur la base d'un projet établi dans ses gabarits, avec des hauteurs pouvant varier en fonction des complexes de plancher et des différentes solutions proposées. Notre projet présentait quelques variables et les entreprises répondaient sur un niveau énergétique, une performance du bâtiment et un coût. Il y a eu trois entreprises retenues en fin de première consultation, qui ont été comparées. La procédure a été longue. Après quoi, un appel d'offres classique, tout corps d'état, a été lancé.»

#### Pouvez-vous nous parler des planchers qui ont été mis en œuvre ?

«Dans l'appel d'offres, le groupement Cruard-Isore-Guérif proposait un système bois-béton mis au point par le CERT, actuellement AIA Ingénieries. Le principe est un plancher traditionnel à solives bois, formant caisson, fabriqué en ateliers. Des connecteurs métalliques sont fichés dans les solives. L'avantage de cette solution, comparée à un système tout bois avec chape rapportée, réside dans ses portées admissibles, plus importantes qu'en traditionnel, et conférant une forte inertie au bâtiment. De plus, la dalle béton de 10 cm permet d'incorporer des distributions de fluides et d'électricité de petits diamètres, ce qui est impossible dans une chape rapportée. Par ailleurs, le choix du bois et de ce système constructif ont permis de porter les courives de la façade sud. Le choix architectural du métal avait été décidé bien en amont et ces structures de courives sont indépendantes, bien qu'appuyées contre les façades. Elles ont été désolidarisées au moyen de résilients acoustiques et d'éléments évitant la transmission des bruits.»

#### Comment avez-vous atteint les objectifs thermiques ?

«L'orientation des bâtiments a été primordiale. Nous avons choisi un terrain parmi ceux que nous proposait le maître d'ouvrage, en fonction des avantages d'orientation qu'il nous offrait. Il faut ici saluer l'engagement du maître d'ouvrage qui a accepté de «jouer le jeu» et de rester en deçà des possibilités d'occupation sur son terrain. Tous ces éléments nous ont permis de nous orienter franchement nord/sud ou est/ouest et de profiter des apports solaires passifs. Ainsi, par le parti de conception proposé au maître d'ouvrage, s'affirmait une volonté d'implantation bioclimatique et d'orientation solaire déterminantes. La seconde étape a porté sur la conception d'appartements traversant. La profondeur des bâtiments a été étudiée pour bénéficier des apports solaires bien pénétrants en hiver et protectrice en été. Pour les bâtiments est/ouest, on a supprimé les brise-soleils, remplacés par des volets à persiennes



orientables pour lutter contre les surchauffes. La thermique est aussi parfaitement maîtrisée par la structure du mur, le choix des isolants et de leur performance. Le mur Cruard est une ossature de 145 mm isolée en ouate de cellulose, devant laquelle passe un isolant Acermi qui assure la rupture de ponts thermiques. Tous ces éléments ont été travaillés très en amont par le thermicien avec l'entreprise retenue lors du dialogue compétitif.

Cette opération est plus qu'un projet, c'est quelque chose qu'on a tous eu à cœur de réussir. Et ce qui est très agréable c'est que les entreprises aussi ont pris plaisir au projet.»

### Votre retour sur le chantier ?

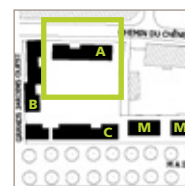
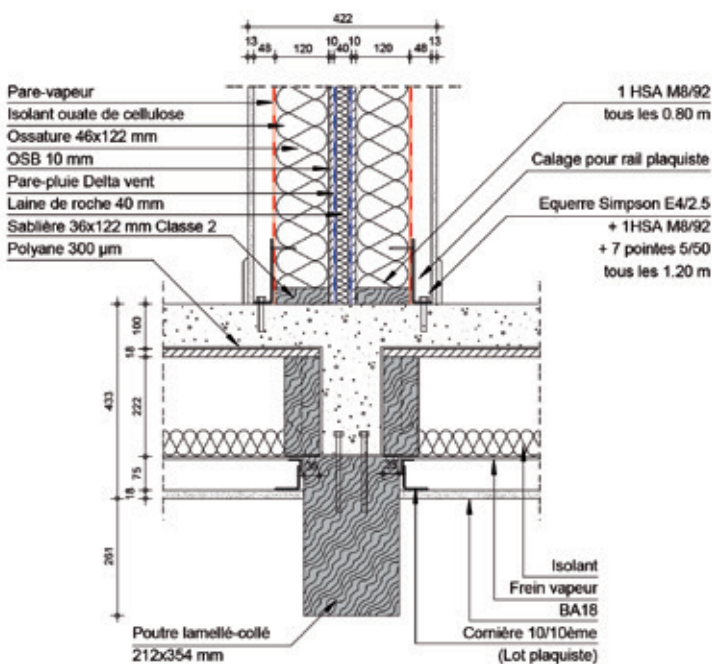
«En phase chantier, on a rencontré des difficultés avec les corps d'états secondaires. En effet, même s'ils étaient informés de nos exigences au niveau des fluides, de l'électricité notamment, c'est une attitude à laquelle ils ne sont pas encore habitués. Il a donc fallu beaucoup expliquer et accompagner les entreprises de second-œuvre. On les a invités aux tests d'étanchéité à l'air pour qu'ils comprennent l'importance des adhésifs et les contraintes de percement des parois. Il y a eu tout un aspect éducatif pour certaines entreprises alors que d'autres étaient déjà au courant.

Le plancher connecté bois-béton sur les grandes portées a posé des problèmes de flèches importantes qu'il a fallu reprendre, le plombier a eu des soucis de positionnement de ses éléments. Mais nous mettons cette expérience à profit sur la deuxième tranche. Nous faisons évoluer nos méthodes.

Le surcoût général du projet est principalement dû à nos exigences thermiques et à l'utilisation d'isolants non minéraux, donc coûteux.»

## Détails techniques

Coupe verticale sur séparatif logements



## Performances thermiques

Angers : bâtiment A

DÉTAILS	Projet	Référence	Ecart en %
<b>Ubat du bâtiment</b>	0,417	0,664	37
<b>Coefficient Cep (kWh énergie primaire / m²)</b>	58,87	123,45	52
<b>CHAUFFAGE</b>			
Bois	15 367,98	66 805,81	77
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	14,36	62,44	77
<b>REFROIDISSEMENT</b>			
<b>Eau Chaude Sanitaire</b>			
Bois	32,597,83	47 110,43	31
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	30,47	44,03	31
<b>ECLAIRAGE</b>			
Electrique	3 095,71	2 825,05	-10
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	7,47	6,81	-10
<b>AUXILIERES</b>			
Electrique	658,31	1 301,64	49
Ventilateurs (électrique)	2 067,36	2 914,89	29
Total énergie primaire (kWh EP/m²)	1,59	3,14	49
Vent - Total énergie primaire (kWh EP/m²)	4,99	7,03	29

U22Win 2005 V. 4.8.0 évalué EVAL - 2010.02 - Licence 3250 - Calculs réalisés avec le moteur ThCE2005 (V1.1.3 du 12/12/08) conçu par le CSTB.

1, 2 & 3 L'accès aux logements est réalisé via des structures métalliques, qui portent du bac acier, et du béton. 4 & 5 La préfabrication intègre le bardage bois ; en revanche, les vêtements sous forme de panneaux ont été posés in situ.



## Volume de bois mis en œuvre

Estimation effectuée avec la méthode de calcul fixant le volume de bois incorporé dans certaines constructions, selon l'Arrêté du 13 septembre 2010.

<b>Volume total de bois dans l'ouvrage</b>	<b>647 m<sup>3</sup></b>
<b>Surface hors œuvre nette de l'ouvrage (SHON en m<sup>2</sup>)</b>	<b>5 595 m<sup>2</sup></b>
<b>Volume de bois en dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> de SHON</b>	<b>116 dm<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b>



## Caractéristiques de l'opération

<b>Typologie</b>	6 batiments de R+1 à R+4.
<b>Construction</b>	69 parkings en sous sol.
<b>Structure</b>	Panneaux façades ossature bois. Planchers bois béton. Toiture bois, lamellé collé et ossature sapin.
<b>Isolant</b>	120 mm polystyrene sous chape plancher bas. 145 mm ouate de cellulose + 25 mm panneaux fibres de bois pour les façades. 160 mm de laine minérale pour les pignons. 400 mm ouate de cellulose pour la toiture.
<b>Menuiserie extérieure</b>	Menuiserie bois - alu. Uw = 1,4 W/m <sup>2</sup> .K fenetres. Uw = 1,6 W/m <sup>2</sup> .K portes. Uw < 1,6 W/K.m <sup>2</sup> portes palières métalliques.
<b>Façade</b>	Bardage Douglas en clins à claire voie. Tout batiment + maisons individuelles. Bardage fibre ciment Hardiepanel tout batiment hors maison.
<b>Vitrage</b>	Double vitrage 4/16/4. Ug < 1,2 W/K.m <sup>2</sup> .
<b>Occultation</b>	Volets pleins en bois de Mélèze. Volets roulants PVC.
<b>Ventil</b>	Ventilation hygro B dans tous les logements.
<b>Chauffage</b>	Chaufferie collective à granulé de bois. Emission par radiateur.
<b>Eau Chaude Sanitaire</b>	Production par chaufferie.
<b>Label</b>	<b>BBC 2005. RT2005 au sens des ThCE.</b>

M. Jovelin, Le Val de Loire,  
maître d'ouvrage

### Pourquoi avez-vous choisi une procédure d'appel d'offre compétitif pour cette opération ?

«Nous avons eu recours au dialogue compétitif pour l'appel d'offres parce que nous ne savions comment le bâtiment allait être construit. Au début de la consultation, nous avons remis aux entreprises un cahier des charges avec les performances énergétiques à atteindre pour l'enveloppe ; le dialogue compétitif portait sur l'enveloppe et le clos couvert mais pas sur les autres corps d'état. En fin de consultation nous avons trois solutions, avec trois modes constructifs différents : une tout bois, une bois-béton et une tout béton.

C'est la première fois que nous avons recours au dialogue compétitif. Sachant qu'au Val de Loire les procédures sont rigoureuses et éprouvées, l'utilisation d'un mode opératoire inhabituel nous a contraint à concevoir de nouvelles méthodes de travail. Le dialogue compétitif a pris un mois pour l'appel d'offres, puis on a travaillé trois mois avec l'entreprise et ensuite, nous avons relancé un appel d'offres pour les corps d'état secondaires. Tout cela augmenté le temps de préparation de l'opération.»

### Quel est le coût de construction attendu ?

«Le coût de construction est de l'ordre de 1370 €/m<sup>2</sup>. Dans l'estimation de ce coût, nous avons pris en compte les enjeux environnementaux du projet privilégiant une construction saine avec des matériaux sains, tout en restant dans une enveloppe financière de logement social puisque nos loyers sont plafonnés. Ce projet était donc un projet-

pilote. Quatorze logements (un bâtiment et une maison) seront instrumentalisés pendant deux ans par le CETE de l'ouest pour le suivi de la consommation d'énergie en vérifiant que ce qui a été prévu sur le papier correspond à la réalité. Cet appareillage mis en place nous permettra aussi de procéder à des relevés réguliers sur les postes électricité, Eau Chaude Sanitaire, chauffage... Concernant le bardage bois, nous serons attentifs au changement de l'aspect puisque tous les bois ont tendance à griser dans le temps. Je ne vous cache pas que nous avons quelques réticences par rapport à cela car je ne suis pas sûr que les gens apprécieront le grisonnement du bois. On verra si c'est accepté ou s'il faut retraiter le bois.»

### Pourquoi le choix d'un plancher connecté avec des connecteurs SBB ?

«Ce type de plancher s'adaptait bien au projet en termes de portée, d'inertie et de confort d'été. C'était également un plancher innovant qui correspondait à notre façon de construire. Nous construisons le plancher connecté dans nos ateliers ; sur chantier, on arrive avec des caissons préfabriqués et on fait le montage rapidement. C'était aussi un choix motivé par des questions de délais, de rapidité.»

### Quelle est la méthodologie du montage des bâtiments ?

«Nous avons trois bâtiments à réaliser ; la maçonnerie devait les fondations, la dalle du sous-sol et les refends béton intermédiaires. Une fois cette partie réalisée sur le premier bâtiment, toutes les dalles étaient coulées puis les murs. Quand le premier bâtiment était achevé, les maçons passaient au suivant et nous attaquions avec nos murs à ossature bois sur le premier. Donc, pendant qu'ils faisaient les murs sur une autre partie, nous posions l'ossature et nous sommes passés de la même façon sur le deuxième bâtiment et pendant qu'on posait l'ossature, les planchers commençaient à être posés sur le premier bâtiment. Une fois que les maçons avaient fini sur le troisième bâtiment, ils intervenaient à nouveau sur les murs du niveau supérieur du premier bâtiment. On montait donc tout niveau par niveau, mais étant donné qu'il y avait du béton, du bois, du plancher, de l'incorporation de gaines, du séchage de béton et à nouveau du béton, on a tourné sur les trois bâtiments pour optimiser les temps du planning général et les coûts de main-d'œuvre. Par contre, tous les derniers niveaux des bâtiments sont entièrement en ossature bois, y compris les refends parce que nous n'avions plus besoin du béton. Nous construisons les attiques comme une maison R+1 classique sur une dalle béton en partie haute.»

### Quel est votre point de vue d'entreprise sur le dialogue compétitif ?

«Ce qui est intéressant dans le dialogue compétitif c'est que l'on répond avec nos points forts dès le départ et qu'on est présent dès le commencement du dossier. En appel d'offres classique, on ne peut faire que ce que ce qui est préconisé car la phase projet est finalisée, et ce n'est plus possible de changer. Là, on intervient avant le dépôt du permis de construire donc c'est très intéressant.»

### Quelle expérience tirez-vous de cette opération ?

«Cette opération est innovante. Elle a donc été difficile à maîtriser. Heureusement il y a une deuxième phase ; comme les bâtiments sont assez répétitifs, on va sûrement optimiser nos process et nos coûts. Mais nous sommes réalistes. En termes de planning, sur le papier, ça fonctionne bien. Mais s'il y a une erreur sur le premier bâtiment, on n'a pas le temps de répercuter la modification, car on est en préfabrication. En effet, on a plus de temps de fabrication en ateliers que de temps de pose sur le chantier. Il nous faut donc prévoir la fabrication en avance.

Cette opération est un projet phare, très intéressant, et l'un des premiers que l'on sort à ce niveau, tout en bois. Nous avons beaucoup appris, le retour d'expérience est très important. Sur du collectif, on ne construit pas de la même façon, il faut être plus vigilant sur quatre ou cinq niveaux.»



## Prix HT de construction constatés

Les coûts présentés sont issus de la décomposition du prix global et forfaitaire, soit sur devis des entreprises non visés. Ils ont été actualisés avec l'indice BT01 de octobre 2012: 876.6 du JO du 30/01/2013. Les lots indiqués en rouge correspondent aux lots bois.

DESIGNATION	MONTANT actualisé € HT	MT actualisé € HT/m <sup>2</sup> - SHON	MT actualisé € HT/m <sup>2</sup> - SHAB	% montant du lot ramené au montant sous total de construction
		5 595 m <sup>2</sup>	4 971 m <sup>2</sup>	
Installation de chantier	compris lot terrassement			
VRD	372 301	67	80	5%
Terrassement	1 179 200	211	252	15%
Gros-œuvre	542 797	97	116	7%
Chapes				
<b>Charpente bois</b>	<b>compris lot ossature structure</b>			
Charpente métallique				
<b>Ossature / structure</b>	<b>2 790 577</b>	<b>499</b>	<b>597</b>	<b>36%</b>
Plancher	compris lot ossature structure			
Menuiserie extérieure	compris lot ossature structure			
Couverture	228 519	41	49	3%
Etanchéité	compris couverture			
<b>Bardage</b>	<b>compris lot ossature structure</b>			
<b>Occlusion bois</b>	<b>compris lot ossature structure</b>			
<b>Occlusion PVC</b>	<b>compris lot ossature structure</b>			
Occlusion métal				
<b>Façades</b>	<b>421 622</b>	<b>75</b>	<b>90</b>	<b>5%</b>
Isolation				
Serrurerie	788 674	141	169	10%
Conduits fumées				
Traitement antitermites	15 120	3	3	1%
Mur végétal				
<b>Clos couvert</b>	<b>6 338 810</b>	<b>1 133</b>	<b>1 357</b>	<b>82%</b>
Menuiserie intérieur	95 066	17	20	1%
Serrurerie intérieur				
Carrelage faïence	42 428	8	9	1%
Sols souples	142 725	26	31	2%
Parquets				
Cloison doublage	348 856	62	75	4%
Faux plafond				
Peinture	149 008	27	32	2%
<b>Parachèvement</b>	<b>778 084</b>	<b>139</b>	<b>167</b>	<b>10%</b>
Electricité	296 599	53	63	4%
Plomberie	1 289			
VMC	109 375	20	23	1%
Chauffage				
Chaufferie	230 294	41	49	3%
Solaire				
Photovoltaïque				
Garage				
Ascenseur				
Télévision				
Réseau souple				
Equipements	637 557	114	136	8%
<b>Sous total construction</b>	<b>7 754 451</b>	<b>1 386</b>	<b>1 660</b>	<b>100%</b>
Espace verts	58 824	11	13	
Terrassement	372 301	67	80	
Démolition	compris lot terrassement			
Aménagements autres	17 083	3	4	
Aménagements autres 2				
Aménagement extérieur	448 208	80	96	
<b>Coût total construction</b>	<b>8 202 659</b>	<b>1 466</b>	<b>1 756</b>	

Vue sur la place intérieure.