

Siège d'IZUBA énergies : bois, paille, terre et démarche négaWatt

Eduardo Serodio
IZUBA énergies
Fabrègues, France



Samuel Némoz
Gaujard technologie SCOP
ingénieur construction bois
Avignon, France



1. IZUBA énergies

1.1. Une concrétisation du savoir-faire de la société

Spécialisée dans l'optimisation énergétique et environnementale des bâtiments, IZUBA énergies développe et diffuse les outils de la transition énergétique : études, logiciels, formations.

Fondée en 2001 sous la forme d'une société coopérative et participative (Scop), les salariés d'IZUBA énergies en sont aussi les associés. Afin de consolider le développement de leur entreprise, ils ont ensemble décidé de construire le siège d'IZUBA énergies, un bâtiment de bureaux aux performances ambitieuses (énergie positive, impact environnemental minimal) et à la conception démonstrative et reproductible.

Implanté près de Montpellier sur l'Ecoparc de Fabrègues, sa conception se fonde sur le triptyque énergétique négaWatt (sobriété, efficacité et énergies renouvelables) et sur une approche globale intégrant confort hygrothermique, appropriation par les occupants, faible énergie grise des composants, qualité des ambiances intérieures et recherche du moindre impact environnemental sur les déplacements des usagers.

Livré en avril 2015, cet outil de travail commun, propriété d'IZUBA énergies, concrétise une réalisation exemplaire de son projet d'entreprise et de son savoir-faire.

Afin de favoriser le partage des connaissances, un site web présente de façon très détaillée cette construction, depuis le chantier jusqu'au suivi des performances :

<http://batiment.izuba.fr>



Figure 1 : Vue générale bâtiment IZUBA (Photo Steven Morlier pour IZUBA énergies)

1.2. Le programme

Le bâtiment a été conçu pour accueillir l'ensemble des salariés de la société IZUBA énergies, il est constitué de deux niveaux représentant une surface utile totale de 424 m².

Il a été dimensionné pour dix-huit occupants et dispose d'une salle de réunion, de locaux de stockage, d'un local serveur et d'une cuisine destinée aux repas du personnel.

Enfin, la salle de formation, constituant une partie Etablissement Recevant du Public, peut accueillir une quinzaine de personnes.



Figure 2 : Plan du rez-de-chaussée (Infographie Sox&Fox pour IZUBA énergies)

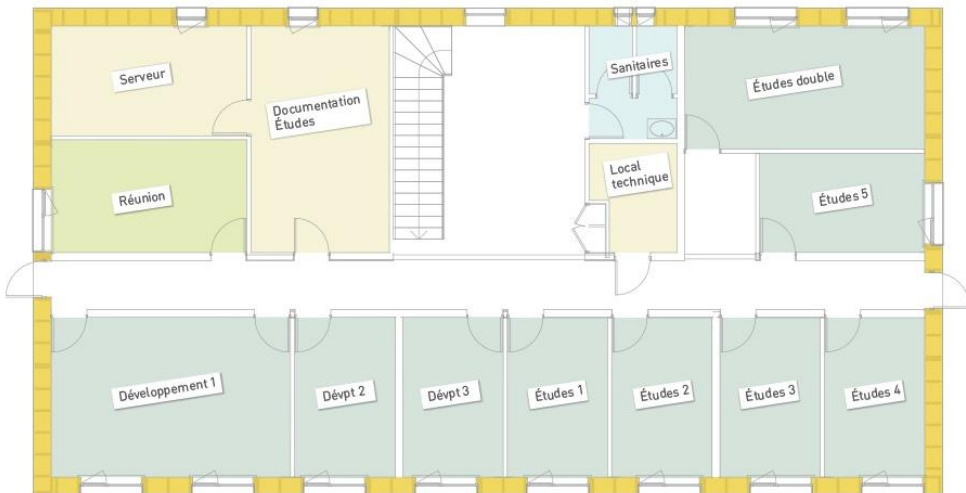


Figure 3 : Plan de l'étage (Infographie Sox&Fox pour IZUBA énergies)

2. Les acteurs de la construction

2.1. Équipe de maîtrise d'oeuvre

L'architecte de l'opération est Vincent RIGASSI, du cabinet RIGASSI et Associés Architectes. Choisi pour ses références en construction bois/paille et pour la rigueur de son approche en termes de conception bioclimatique à hautes performances énergétiques, il s'est entouré d'une équipe composée de :

- Bureau d'études fluides : Agence Des Fluides – Cognin (73)
- Bureau d'études énergies : IZUBA énergies - Fabrègues (34)
- Bureau d'études bois : Gaujard technologie scop - Avignon (84)
- Bureau d'études béton : Soraetec - Grenoble (38)
- Bureau d'études VRD : CEAU - Mèze (34)
- Economist : Dyptique – Grenoble (38)

2.2. Entreprises

- Lot 1 : VRD / Espaces Verts : Entreprise Astruc – Fabrègues (34)
- Lot 2 : Gros OEuvre : Rivasi - La Bâtie-Rolland (26)
- Lot 3 : Ossature bois / Isolation paille / Étanchéité : Sud Est Charpentres – Cléon d'Andran (26)
- Lot 4 : Enduits terre Torchis : Jolie Terre - Martignargues (30)
- Lot 5 : Menuiseries extérieures bois : MPF Michel David - Montarnaud (34)
- Lot 6 : Menuiseries intérieures agencement : Carayon - Béziers (34)
- Lot 7 : Plâtrerie : Concept Habitat - Valergues (34)
- Lot 8 : Chape : Philochape - Mauguio (34)
- Lot 9 : Carrelage : Carrelage Denis Guirao - Loupian (34)
- Lot 10 : Peinture : Atelier Saint-Luc - Sète (34)
- Lot 11 : Occultation : Ducros - Montpellier (34)
- Lot 12 : Serrurerie : Ducros - Montpellier (34)
- Lot 13 : Plomberie : Hervé Thermique - Montpellier (34)
- Lot 14 : Électricité : Henry - Clermont l'Hérault (34)
- Lot 15 : Photovoltaïque : Provence Eco Énergie - Saint-Andiol (13)
- Lot 16 : Étanchéité à l'air : Enexco - Montpellier (34)

2.3. Partenaires

- La délégation régionale Languedoc-Roussillon de l'ADEME a apporté son soutien financier à la construction, à l'instrumentation et aux actions de communication autour du projet dans le cadre de l'appel à projets "Habiter en LR" en 2014.
- La Région Languedoc-Roussillon a apporté son soutien financier à la construction et aux actions de communication dans le cadre de l'appel à projets "Habiter en LR 2014" et dans le cadre de l'aide à l'immobilier pour les entreprises.
- Territoire 34 est l'opérateur partagé entre le Département de l'Hérault et sept intercommunalités qui a réalisé l'aménagement de l'Ecoparc départemental Fabrègues, sur lequel est implanté le bâtiment. Intégrant une réflexion paysagère et environnementale, l'Ecoparc prévoit sur 20 ha la construction de 200 logements et l'installation d'activités économiques.

3. Une conception bioclimatique

La conception architecturale, volontairement sobre, s'est appuyée sur des principes bioclimatiques : le bâtiment doit s'adapter au mieux au climat méditerranéen pour assurer le confort hygrothermique et visuel de ses occupants, hiver comme été.

3.1. Stratégie hiver

En hiver, les besoins de chauffage sont réduits à leur minimum :

- Le bâtiment a une forme simple et une bonne compacité, pour limiter les surfaces déperditives.
- La façade principale au sud favorise les apports solaires dans les bureaux, majoritaires sur cette orientation. Les locaux de stockage et de service sont positionnés en espace tampon, au nord.
- Le choix de l'ossature bois avec isolation en paille permet d'obtenir un très haut niveau d'isolation des parois.

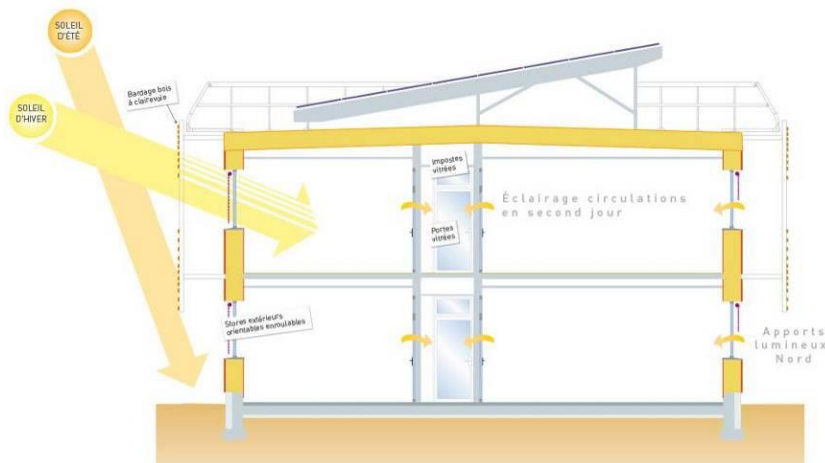


Figure 4 : Coupe de principe éclairage et apports solaires passifs (Infographie Sox&Fox pour IZUBA énergies)

3.2. Stratégie été

En été, l'enveloppe limite les surchauffes en adoptant les principes suivants :

- Le bâtiment est équipé de protections solaires fixes et mobiles bloquant le rayonnement solaire direct tout en permettant les apports solaires en hiver.
- L'inertie thermique, plutôt légère en ossature bois, est renforcée par des cloisons intérieures en terre-paille et en briques de terre crue.
- Une ventilation nocturne naturelle est rendue possible par l'ouverture des menuiseries oscillo-battantes sur les deux faces opposées du bâtiment et des impostes vitrées donnant sur la circulation.

Les circulations sont ventilées et éclairées par les portes des bureaux et les portes extérieures en bout de couloir, toutes vitrées et équipées d'impostes basculantes.

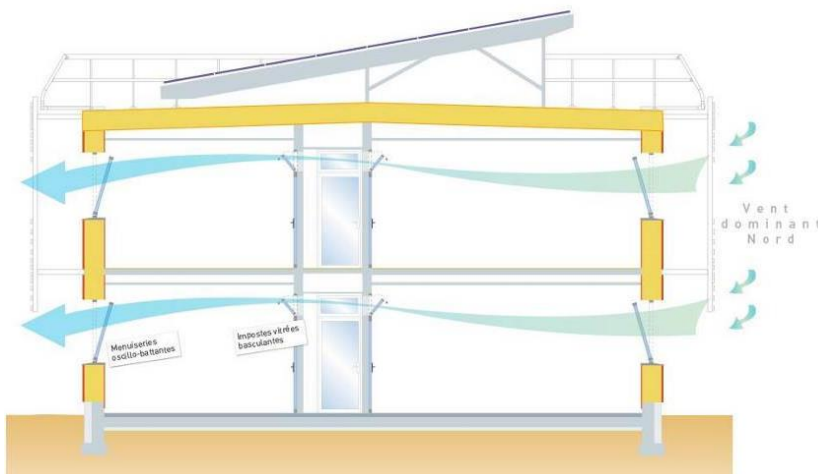


Figure 5 : Coupe de principe ventilation naturelle (Infographie Sox&Fox pour IZUBA énergies)

4. Matériaux à faible impact environnemental

Afin de limiter l'impact environnemental de la fabrication des matériaux de construction et de leur traitement en fin de vie, la conception a largement privilégié les matériaux biosourcés, peu transformés et recyclables.

L'analyse du cycle de vie a confirmé la pertinence de ces choix, notamment la limitation de l'énergie grise et le stockage de CO₂ dans la construction.

4.1. Le choix du bois-paille

Le choix d'une ossature bois isolée par bottes de paille s'est imposé dès les premières réflexions sur le projet, les performances thermiques et environnementales de ce type de construction répondant parfaitement à l'ambition du projet.



Figure 6 : Vue de l'ossature bois en cours de chantier (Photo Steven Morlier pour IZUBA énergies)

Les caractéristiques mécaniques et hygrothermiques de la terre en font un complément naturel de la construction en paille. C'est ce matériau très faiblement transformé, issu d'une carrière située à une centaine de kilomètres du projet, qui a été retenu pour les enduits extérieurs et intérieurs et pour l'apport d'inertie en cloisons lourdes. Un mur en briques de terre crues, édifié dans le hall, complète cet apport d'inertie.



Figure 7 : Mise en œuvre de l'enduit terre extérieur (Photo Steven Morlier pour IZUBA énergies)

4.2. Choix pour le second-œuvre

Le bois a également été retenu pour les menuiseries extérieures, intérieures et la majorité du mobilier.

Une chape anhydrite constitue le sol fini, après ponçage et application d'une huile dure. Cette solution combine apport d'inertie, bonne conduction de la chaleur et plus faible impact environnemental qu'un sol classique.



Figure 8 : Mobilier bois (Photo Steven Morlier pour IZUBA énergies)

5. Un système constructif à bas carbone et faible énergie grise pour un confort thermique élevé.

Fort de ses expériences passées, l'équipe de maîtrise d'oeuvre a mis au point pour le projet un système constructif thermiquement très performant et utilisant pour l'essentiel des matériaux renouvelables et faiblement transformés.

5.1. Mur ossature bois avec remplissage paille et enduits terre

Portant le plancher, la toiture et les menuiseries tout en protégeant l'intérieur du bâtiment des conditions climatiques extérieures, les façades sont à la croisée de problématiques techniques variées. Pour ce projet la structure des murs est réalisée en panneaux à ossature bois rigidifiés par des voiles OSB. Cette ossature est conçue et adaptée de manière à accueillir les bottes de paille. Ces bottes de paille mises en oeuvre sur le chantier serviront directement de support aux enduits terre extérieurs. A l'intérieur, le voile de contreventement OSB est également valorisé pour réaliser l'étanchéité à l'air de la paroi. Enfin un enduit terre y est projeté et est maintenu par des trames à enduire. Cette technique de mur où la plupart des interventions sont réalisés sur chantier nécessite en amont du chantier une conception soignée de l'ossature bois de manière à ce qu'elle s'adapte aux nombreux ouvrages qui s'y rapportent.



Figure 9 et 10 : Murs ossature bois montés et remplissage en bottes de paille enduites

5.2. Plancher en bois massif avec traitement acoustique

Les planchers sont réalisés en solivage traditionnel bois massif. Afin d'assurer un bon confort acoustique les plafonds sont traités avec des panneaux de fibre de bois clairs qui servent dans certaines configurations à masquer le passage des réseaux. Pour limiter la transmission du son d'un étage à l'autre, une chape anhydrite de 80mm d'épaisseur est coulée sur une couche de résilient acoustique. Cet élément joue également le rôle de finition et assure une certaine inertie thermique aux planchers.

5.3. Toiture caissons paille

La toiture est réalisée en caissons d'ossature bois pré-isolés de bottes de paille dans l'atelier. Ces caissons rapidement posés sur le chantier servent de supports à l'étanchéité mise en oeuvre sur site. Cette toiture avec 360 mm d'isolant porte également la sur toiture photovoltaïque du bâtiment. Cet ouvrage rapporté sur une structure métallique légère permet l'intégration des panneaux solaires.

6. Équipements performants

Le choix d'une très haute efficacité énergétique des équipements limite les consommations pour l'ensemble des usages : chauffage, rafraîchissement, eau chaude, ventilation, éclairage, auxiliaires et électricité spécifique.

6.1. Chauffage et rafraîchissement

Le chauffage et le rafraîchissement sont assurés par un plancher chauffant/rafraîchissant alimenté par une pompe à chaleur sur pieux géothermiques.

En été, le rafraîchissement direct depuis les sondes est privilégié (géocooling), la pompe à chaleur ne passe en mode rafraîchissement actif que si les conditions de température l'exigent. Des ventilo-convecteurs apportent un complément de rafraîchissement dans la salle de formation en cas de forts besoins.



Figure 11 : Plancher chauffant-rafraîchissant (Photo IZUBA énergies)

6.2. Ventilation

La ventilation est de type double flux à échangeur à roue à haut rendement. Elle est asservie à la détection de présence pour les locaux à utilisation ponctuelle (salle de réunion, formation, cuisine).



Figure 12 : Centrale ventilation double flux (Photo Steven Morlier pour IZUBA énergies)

6.3. Éclairage et autres usages

Pour l'éclairage artificiel, les sources et luminaires à haut rendement ont été privilégiés : tubes fluorescents T5 pour les bureaux, salles de réunion et formation, LED pour les circulations et sanitaires, lampes fluocompactes pour les pièces de stockage.

Enfin, les organes techniques, pompes et ventilateurs, et les appareillages ménagers et informatiques ont été sélectionnés pour leurs performances énergétiques. Un circuit sur horloge, matérialisé par des prises vertes, permet de couper automatiquement toutes les veilles des équipements de bureau en période d'inoccupation.

7. Énergies renouvelables

Le bâtiment tire parti des énergies renouvelables disponibles sur le site pour la fourniture de ses consommations énergétiques.

Deux sondes géothermiques puisent à 90 mètres de profondeur l'énergie stockée dans le sol pour les besoins du chauffage et du rafraîchissement du bâtiment.

L'énergie solaire thermique est utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire : un capteur solaire de 2 m² alimente un chauffe-eau électro-solaire de 200 litres.

Le bâtiment est équipé d'une installation solaire photovoltaïque d'une puissance de 28.8 kWc. Les modules sont disposés en toiture sur la quasi-totalité de la surface disponible. La production est totalement injectée sur le réseau.



Figure 13 : Solaire photovoltaïque (Photo Steven Morlier pour IZUBA énergies)

8. Conception au service des usagers

Les occupants sont partie intégrante du système bâtiment, responsables de sa gestion et premiers bénéficiaires de sa qualité d'usage.

Les utilisateurs ont accès à l'affichage des températures et au réglage des consignes via la gestion technique centralisée. Ils ont également la responsabilité d'agir sur les ouvertures de fenêtres, l'allumage et l'extinction de l'éclairage, les protections solaires mobiles. La qualité d'usage a été soignée en intégrant divers aspects de la vie des occupants dans le bâtiment :

- Les déplacements "doux" sont facilités par la proximité des réseaux de transport en commun, la présence d'une borne de recharge des véhicules électriques, le local à vélos et les douches.
- L'ambiance intérieure privilégie des matériaux sains et chaleureux : le bois et la terre sont très présents. Les peintures murales et l'huile dure utilisée en traitement du sol ont été sélectionnées pour leurs faibles émissions de polluants.
- Des espaces conviviaux : hall, coursives, cuisine, terrasse extérieure sont à disposition pour les pauses et les déjeuners communs.

9. Résultats des mesures sur la première année de fonctionnement

9.1. Consommations pour les usages réglementaires

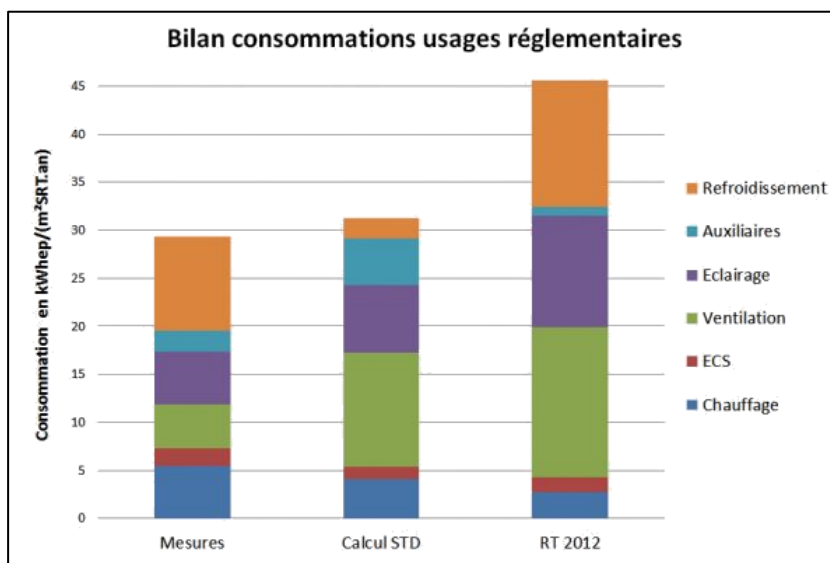


Figure 14 : Bilan des consommations de la première année : usages réglementaires

La consommation de chauffage mesurée est plus élevée que celle issue du calcul. Cet écart peut s'expliquer par un niveau de température de consigne plus élevé (21°C) que celui considéré dans le calcul (19°C) ainsi que par un fonctionnement non optimal de l'installation durant cette première année.

Les consommations de ventilation et d'éclairage mesurées sont elles plus faibles que celles calculées. Ces résultats témoignent pour la ventilation d'une très bonne performance de la CTA mise en œuvre et du bon dimensionnement du réseau aéraulique qui induit peu de pertes de charge. Le bon éclairage naturel du bâtiment associé à des équipements performants et bien régulés explique le bon résultat sur l'éclairage.

Les consommations de refroidissement mesurées sont nettement plus élevées que la STD, alors qu'elles sont plus faibles que le calcul RT. Ces résultats peuvent s'expliquer par :

- un été 2015 particulièrement chaud
- le fonctionnement en géocooling qui n'a pas été possible (voir bilan confort d'été ci-après)
- des apports internes plus importants que ceux prévus dans la simulation (voir bilan des consommations non réglementaires ci-après).

Globalement la consommation réelle du bâtiment pour tous les usages est inférieure aux résultats prévus par les calculs STD et RT2012.

9.2. Consommations pour les usages non réglementaires

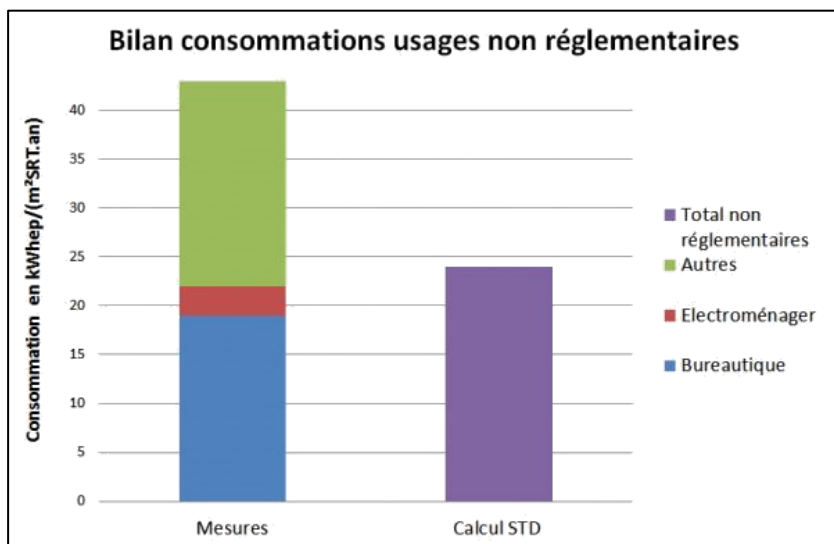


Figure 15 : Bilan des consommations de la première année : usages non réglementaires

La consommation pour les usages non réglementaires est presque deux fois plus élevée que l'estimation retenue en hypothèse du calcul STD. L'absence de compteurs divisionnaires supplémentaires rend difficile une analyse fine qui permettrait de mieux connaître la répartition de ces consommations et l'origine précise de cette sous-estimation.

9.3. Bilan BEPOS

Avec une production photovoltaïque plus importante que celle prévue par le calcul et un bilan des consommations globalement inférieur aux prévisions, le bilan à « énergie positive intégrale » est confirmé par la première année de mesure !

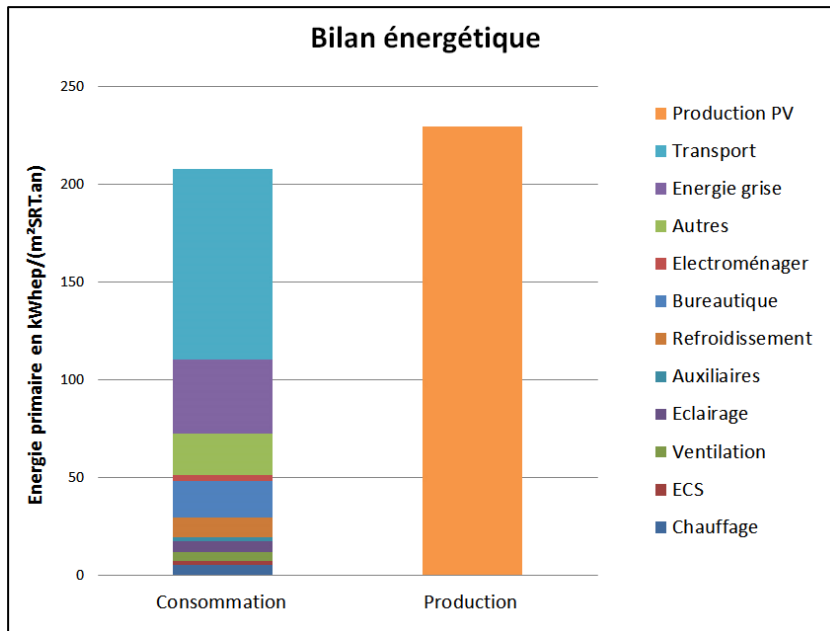


Figure 16 : Bilan des consommations de la première année : comparatif consommations / production

La consommation totale électrique finale du bâtiment représente 12 700 kWh pour 453 m² de surface RT.

9.4. Confort d'hiver

Le retour des occupants sur le confort est très bon. Les bureaux sont jugés lumineux, chaleureux et baignant dans une bonne odeur de bois ! Le confort hygrothermique est très satisfaisant, tant en hiver qu'en été.

Après une première période de réglages pour le premier hiver, la consigne permettant un confort optimal pour tous ont été trouvée : 21°C. Cette température supérieure aux 19°C proposés par les thermiciens s'est avérée plus adaptée à un travail en station assise... Avec un petit gilet pour les plus frileux !

La régulation par zone et un temps de réponse rapide du plancher chauffant permettent de profiter pleinement des apports gratuits, sans surchauffe. En hiver par temps ensoleillé, la PAC ne fonctionne quasiment pas, la consommation pour l'usage chauffage est mineure : 5 kWhEP/m².

9.5. Confort d'été

Pour le confort d'été, la pratique a démenti certaines de nos hypothèses :

- la ventilation nocturne est finalement peu pratiquée. En plein été, les horaires de départ du bureau sont incompatibles avec une ouverture de fenêtre : la température extérieure dépasse encore de 5 à 10°C la température intérieure. Malheureusement, les occupants sont partis quand vient la fraîcheur nocturne.
- le mode géocooling de la PAC n'est pas utilisable, la température retour des sondes est juste à la limite de la température maximale demandée par la PAC pour autoriser ce mode de fonctionnement (17°C). Les possibilités de paramétrage de la PAC étant limitées, sur cette limite et sur le débit dans les sondes, il n'a pas été possible de le faire fonctionner. Un forage test aurait permis d'anticiper ce comportement du sol, mais il n'était pas économiquement envisageable sur un si petit projet.
- Initialement pensée pour ventiler sans pertes de chaleur en hiver, la ventilation double-flux a également été un très bon allié dans la lutte contre les surchauffes. L'excellent rendement d'échange a permis de rafraîchir l'air extérieur de 35°C à 28°C avant insufflation et après échange avec l'air extrait à 26-27°C. Ce refroidissement de l'air extérieur correspond à une puissance frigorifique de l'ordre de 1400 W, de l'ordre de grandeur des apports internes par les appareillages.

Le confort estival est globalement très satisfaisant. Les dispositions passives atteignent leur limite par temps très chaud, quand les températures extérieures dépassent 33°C plusieurs jours d'affilée. Le mode froid de la PAC permet ensuite d'assurer le rafraîchissement pour une consommation énergétique faible.

9.6. Températures mesurées

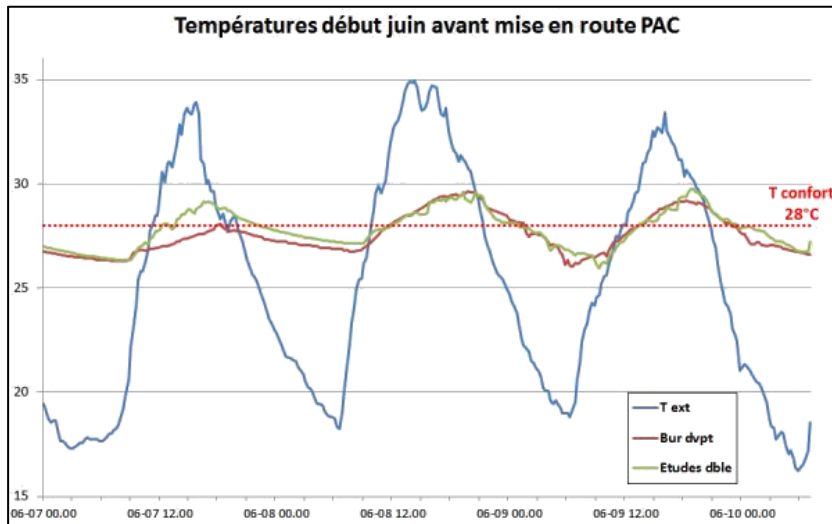


Figure 17 : Températures mesurées début juin 2016 hors rafraîchissement actif

Début juin 2016, les températures extérieures atteignent 34 à 35°C trois jours de suite, le confort n'est plus maintenu par les dispositifs passifs (29°C dans deux des bureaux les plus chauds « Bureau développement » et « Études double »). La mise en route de la PAC est décidée en fin de semaine.

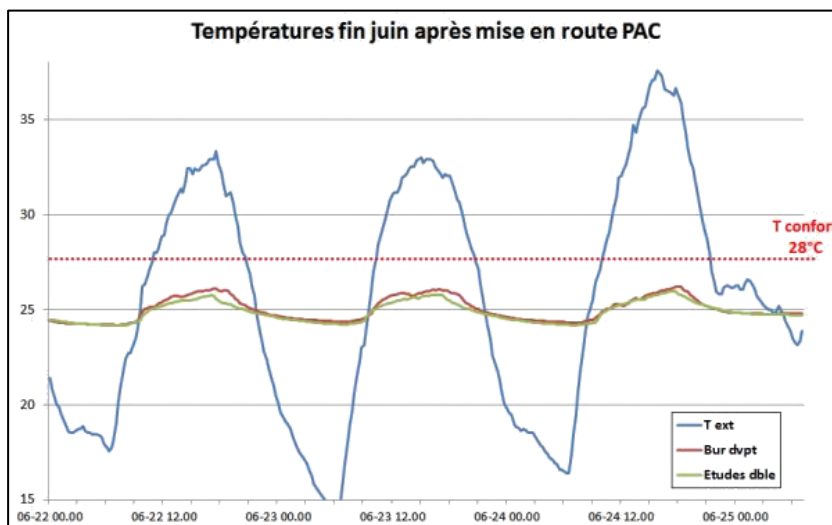


Figure 18 : Températures mesurées mi-juin 2016 avec rafraîchissement actif

Une fois la PAC mise en route mi-juin, la consigne de 26°C permet d'obtenir un confort satisfaisant, ne dépassant pas 27°C.

10. Evaluation selon le référentiel énergie-carbone

Lancée après la livraison du bâtiment fin 2016, l'expérimentation énergie-carbone a pour objectif de préparer une future réglementation énergétique en incluant :

- l'établissement d'un bilan énergétique consommations / production, indicateur « bilan BEPOS », qui mène à un niveau de performance « énergie »,
- une évaluation des impacts environnementaux du bâtiment sur tout son cycle de vie, qui conduit à un niveau de performance « carbone ».

L'évaluation du bâtiment IZUBA a été menée selon le référentiel de l'expérimentation.

Energie					
	Bilan _{BEPOS}	Bilan _{BEPOS max}			
Niveau	4	1	2	3	4
kWh _{EP} /m ² _{SRT}	-23.60	183.20	162.90	109.40	0.00
Carbone					
Total					
	Eges	Eges _{max}			
Niveau	1	1	2		
kg eq. CO ₂ /m ² _{SDP}	1 136.13	1 590.37		1 036.37	
Produits de construction et équipements					
	Eges _{PCE}	Eges _{PCE max}			
Niveau	1	1	2		
kg eq. CO ₂ /m ² _{SDP}	1 050.33	1 080.37		930.37	

Figure 19 : Synthèse des résultats de l'évaluation énergie-carbone

La production photovoltaïque largement supérieure aux consommations tous usages confondus permet au bâtiment de valider un niveau énergie 4.

Le niveau carbone 1 est moins satisfaisant au vu des efforts consentis sur les choix constructifs. La faible disponibilité de données environnementales dans la base INIES au moment de l'évaluation explique une partie de ce résultat : de nombreux matériaux biosourcés ainsi que l'installation solaire photovoltaïque ne bénéficient pas de fiches FDES et sont évalués à partir de données par défaut pénalisantes.

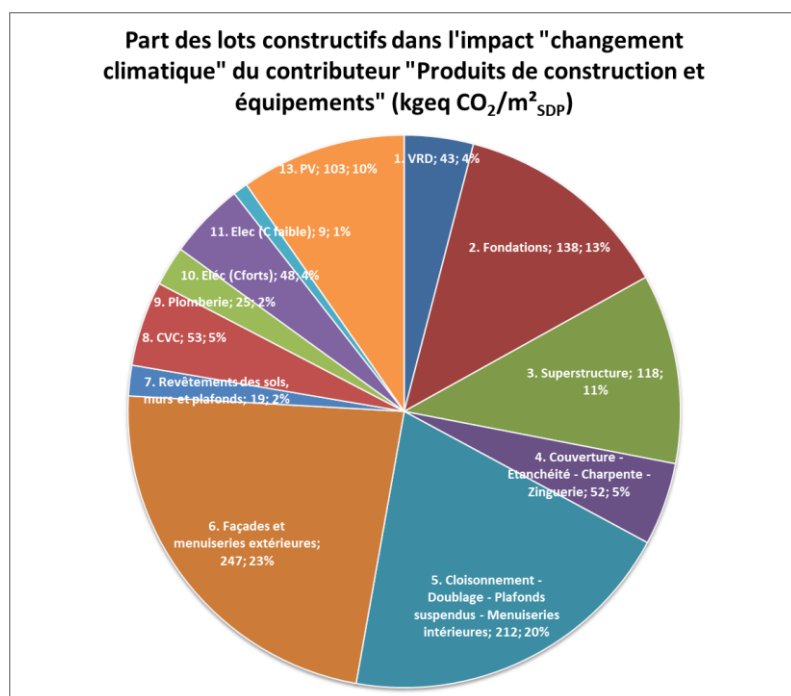


Figure 20 : Part des lots constructifs dans l'impact « changement climatique » du contributeur « Produits de Construction et Équipements »