

Catherine Charlot-Valdieu | Philippe Outrequin

LA MAISON

PASSIVE



# BÂTIMENTS PASSIFS TERTIAIRES

## CONCEVOIR, CONSTRUIRE ET RÉHABILITER

Préface d'Étienne Vekemans



EDITIONS

**LE MONITEUR**

À nos sept petits-enfants,  
Felix, Isabelle, Jonathan, Oisin, Elise, Lochlan et Théo  
et à ceux encore à naître,  
en leur souhaitant de vivre longtemps et heureux  
dans des bâtiments comme ceux que nous décrivons dans ce livre.

## Remerciements

Nous remercions vivement et très sincèrement :

- **Dieter Herz** et **Raphaël Vibert** d'Herz & Lang qui nous ont aidés à identifier des projets de bâtiments tertiaires en Allemagne et en Autriche, à prendre des contacts, à organiser des visites et des entretiens avec des personnes ressources et, enfin, à collecter des documents sur les projets.
- tous les maîtres d'ouvrage, architectes et responsables de bureaux d'études thermiques, photographes... qui nous ont envoyé des documents et des photos et qui ont accepté de relire et parfois de compléter la présentation de leur(s) projet(s), et notamment l'architecte **Julien Rivat**, **Clément Castel** et **Alexandre Pécourt** d'Energelio...
- l'équipe des Éditions du Moniteur qui a uni ses efforts pour transformer notre manuscrit en livre attractif et surtout utile aux différents acteurs de l'acte de bâtir comme aux usagers, et notamment **Carole Trochu**, **Jean-Loup Durand** et **Alain Bouteville**.

## Éditions du Moniteur

Directrice des éditions : Claire de Gramont

Directeur éditorial : Thierry Kremer

Éditrices : Claire Lefèvre et Carole Trochu

Édition et coordination des illustrations : Alain Bouteville

Réalisation de la couverture : WIP (Clément Pinçon)

Mise en page : La papaye verte

Réalisation des illustrations : Ursula Bouteville, STDI (Kathy Lesueur, Julie Kroschwald)

Relecture : Jean-Loup Durand

Fabrication : Anne-Lise Lapoire

© Groupe Moniteur (Éditions du Moniteur), Antony, 2018

Tous droits réservés

ISBN : 978-2-281-14148-1

www.editionsdumoniteur.com



*Nous alertons nos lecteurs sur la menace que représente, pour l'avenir de l'écrit, le développement massif du « photocopillage ». Le Code de la propriété intellectuelle interdit expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit.*

*Or, cette pratique s'est développée dans de nombreux cabinets, entreprises, administrations, organisations professionnelles et établissements d'enseignement, provoquant une baisse des achats de livres, de revues et de magazines.*

*En tant qu'éditeur, nous vous mettons en garde pour que cessent de telles pratiques.*

Aux termes du Code de la propriété intellectuelle, toute reproduction ou représentation, intégrale ou partielle, de la présente publication, faite par quelque procédé que ce soit (reprographie, microfilmage, scannérisation, numérisation...) sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite et constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Toutefois, l'autorisation d'effectuer des reproductions par reprographie peut être obtenue auprès du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris, tél. : 01 44 07 47 70, fax : 01 44 07 10 50.

# Préface

Si l'on devait résumer l'esprit du passif, il pourrait tenir dans ces quelques mots : avant-gardisme, économies d'énergie, confort, résultats, mais aussi satisfaction des occupants (ou des « habitants », comme l'on disait il y a quelque temps encore). Comme d'autres standards, le passif évolue pourtant. Dès lors, le présent ouvrage n'a pas pour objectif d'évoquer ces maisons passives où il fait bon vivre, ou encore ces logements collectifs où l'on se sent bien, mais cherche plutôt à explorer un nouveau terrain de jeu : le tertiaire. Car c'est là que la croissance du passif est la plus forte. Depuis 2014, les constructions passives s'intéressent désormais moins aux maisons qu'à des bureaux où l'on travaille sereinement, à l'abri du froid et du bruit ; à des écoles où l'on respire un air sain, constamment filtré ; à des hôtels où l'on vient, pour une nuit, faire l'expérience d'un sommeil sans nuages.

Imaginez : vous êtes responsable de la construction du siège de votre entreprise, ou des bureaux de votre administration. Ne souhaitez-vous pas, pour vos collaborateurs, un environnement confortable, silencieux, propice à la concentration ? Plus prosaïquement, n'êtes-vous pas intéressé par une réduction de 90 % de votre facture de chauffage ? Après tout, c'est ce chauffage qui consomme le plus d'énergie, et donc d'euros !

Car l'autre atout du tertiaire passif est en effet d'être rentable – très vite, si ce n'est immédiatement. L'idée reçue selon laquelle le passif est inabordable a toutefois la peau dure. Pourtant, à partir de 1 000 m<sup>2</sup>, le passif ne génère strictement aucun surcoût. En revanche, il permet de faire des économies drastiques et immédiates, ce qui le rend finalement moins dispendieux qu'un bâtiment traditionnel. Pour les bâtiments plus petits, il faut patienter quelques années (entre 5 et 10 ans), pour rentrer dans ses frais ; après quoi l'on épargne de l'argent chaque année. En ces temps d'insécurité financière, de variations constantes des tarifs de l'énergie, voilà donc un atout difficile à écarter...

Certains l'ont bien compris : du commerçant qui investit dans un local passif, à la compagnie d'assurance qui construit

ses bureaux, en passant par les administrations qui développent leurs infrastructures, les grands maîtres d'ouvrage voient toujours plus l'intérêt qu'ils peuvent trouver dans le passif.

Les collectivités locales accompagnent et prolongent le mouvement : à Rouen, la métropole a d'abord construit une pépinière, puis son siège, et bientôt un crematorium, tous labellisés passif ; en périphérie de Nantes, à Carquefou, un écoquartier entier est sorti de terre sous l'impulsion des pouvoirs publics ; à Rennes, le passif est désormais inscrit dans le plan local de l'habitat.

À l'étranger, la dynamique est aussi enclenchée : Bruxelles, Luxembourg et plusieurs länder allemands ont déjà fait du passif leur standard officiel. À New York et à Dublin, des quotas de chantiers passifs ont été mis en place pour les années à venir. Après tout, le passif n'est-il pas la réponse idéale à la directive européenne *Nearly Zero Energy Building* (NZEB), qui exige que les bâtiments du Vieux Continent soient tous « à énergie quasi nulle » à horizon 2020 ?

Plus près de nous, le passif n'est-il pas l'objectif fixé pour le secteur du bâtiment, dès le Grenelle de l'environnement ? Plus largement, le passif n'est-il pas la solution la plus tangible à la transition énergétique tant attendue ?

Vous découvrirez ci-après des exemples de réalisations françaises, mais aussi belges, anglaises et allemandes... qui ont toutes en commun les caractéristiques passives évoquées ci-dessus. On remarquera également qu'en plus du passif, ces bâtiments recherchent la neutralité carbone. La preuve que les deux sont complémentaires pour construire le modèle de développement de demain d'une certaine « neutralité carbone », à laquelle leur faible consommation énergétique les prédispose.

Bonne découverte !

Étienne Vekemans  
Président de La Maison Passive

# Sommaire

<b>Avant-propos</b>	7	Le label « Bâtiment Passif classique »	33
<b>Liste des sigles et abréviations</b>	9	Le label « EnerPHit » en rénovation	35
<b>Unités et symboles</b>	11	L'intégration des énergies renouvelables : labels Plus et Premium	36
		Le nouveau label BaSE	42
		Le Passif dans les cas particuliers	42
<b>PARTIE I L'ARCHITECTURE PASSIVE À L'AUNE DE LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE</b>		5. Un développement en pleine croissance à travers le monde	47
1. Qu'appelle-t-on « passif » ?	15	Panorama général	47
Un concept d'ingénieur	15	Le passif en France	50
Des origines françaises : l'approche bioclimatique	16		
La formalisation d'une démarche en Allemagne : de l'approche thermique à l'approche énergétique intégrant l'occupant	17		
Le développement du passif en France	18		
2. Une démarche pour le confort et la santé des usagers	21	<b>PARTIE II UNE RÉALITÉ PASSIVE POUR LE TERTIAIRE</b>	
Une démarche scientifique et pragmatique de développement durable	21	6. Les enjeux énergétiques du secteur tertiaire en France	59
Une démarche de résultats	22	Le poids économique de l'énergie dans le secteur tertiaire	59
Des exigences supérieures à celles de la RT 2012	23	La consommation d'énergie et son poids dans les différentes branches du secteur tertiaire	61
3. Les outils du passif	27	Analyse de la facture énergétique du secteur tertiaire marchand	63
Le PHPP : un moteur de calcul transparent et fiable pour l'aide à la décision et à la conception	27	Consommation d'énergie du secteur non marchand (État, collectivités territoriales)	66
La STD : un outil fiable et complémentaire du PHPP	28	Le traitement de l'énergie dans les décisions des entreprises du secteur tertiaire	67
Les produits certifiés	30		
La formation et l'information	31	7. Les choix organisationnels et techniques de la démarche passive	69
4. Des labels pour accompagner et certifier	33	Un partenariat incontournable en phase conception	69
Pourquoi faire labelliser un bâtiment ?	33	Les principales problématiques techniques	71
		La nécessaire adhésion de tous à la démarche en phase de réalisation	93

## **PARTIE III DES RÉALISATIONS EXEMPLAIRES POUR LE TERTIAIRE**

8. Les bâtiments de bureaux	<b>101</b>		
8.1. Construction d'un bâtiment emblématique dans un écoquartier sur une friche industrialo-portuaire	<b>104</b>		
8.2. Construction de deux immeubles de bureaux Passifs et BREEAM Excellence, vitrine de deux investisseurs	<b>116</b>		
8.3. Construction de bâtiments exemplaires pour le siège d'un groupe du bâtiment	<b>124</b>		
8.4. Transformation d'un immeuble industriel classé en bureaux	<b>134</b>		
8.5. Transformation d'une gendarmerie en bureaux et office du tourisme	<b>148</b>		
8.6. Construction d'une pépinière d'entreprises spécialisées dans l'écoconstruction pour valoriser les savoir-faire locaux	<b>158</b>		
8.7. Construction d'un centre de formation exemplaire témoin d'un engagement pour le développement durable	<b>168</b>		
8.8. Construction d'un bâtiment communal regroupant plusieurs services à la population	<b>178</b>		
8.9. Démolition et reconstruction par une entreprise à but non lucratif de bâtiments de bureaux dans un centre historique	<b>186</b>		
9. Commerces et supermarchés	<b>193</b>		
9.1. Le choix du passif par une chaîne de supermarchés bio	<b>194</b>		
9.2. Construction par un investisseur d'un immeuble de bureaux avec un supermarché bio et une caisse d'assurance santé	<b>198</b>		
9.3. Construction de quatre bâtiments dont deux de bureaux loués à un centre médical, une pharmacie et un supermarché bio	<b>208</b>		
9.4. Reconstruction à très bas coût d'un magasin avec atelier après un incendie	<b>224</b>		
10. Centres techniques	<b>231</b>		
10.1. Construction d'un centre technique municipal dans des délais très courts et sans surcoût	<b>232</b>		
10.2. Construction d'une caserne de pompiers emblématique pour la revitalisation et l'image d'un quartier	<b>240</b>		
11. Établissements d'enseignement	<b>245</b>		
11.1. Construction d'une crèche en ossature bois sur un site contraint, à proximité d'un bâtiment classé	<b>252</b>		
		11.2. Des éléments préfabriqués pour la construction de la première école Passive en France	<b>264</b>
		11.3. Construction d'une école comme emblème d'une revitalisation du centre-ville	<b>272</b>
		11.4. Construction d'un lycée en partenariat public-privé	<b>282</b>
		11.5. Construction d'un grand centre universitaire de médecine	<b>296</b>
		12. Des bâtiments d'hébergement	<b>305</b>
		12.1. Construction d'une maison d'hôte luxueuse à plus de 2 000 m d'altitude	<b>306</b>
		12.2. Construction d'un hôtel de 84 chambres : le premier hôtel Passif en France	<b>314</b>
		12.3. Transformation d'une friche industrielle en un hôtel trois étoiles par des investisseurs	<b>322</b>
		12.4. Une chaîne d'hôtels intégrés dans l'environnement et le tissu économique local	<b>330</b>
		13. Des équipements culturels, sportifs et de loisirs	<b>339</b>
		13.1. Construction d'un musée en centre-ville historique dans le cadre d'un partenariat public-privé (PPP)	<b>342</b>
		13.2. Les piscines publiques et les centres aquatiques	<b>354</b>
		Construction d'un centre aquatique d'entraînement et de loisirs comprenant des bassins intérieurs et extérieurs	<b>357</b>
		Élaboration du référentiel de certification Passivhaus des piscines publiques en accompagnement de la conception d'une piscine	<b>365</b>
		Un nouveau complexe aquatique passif souhaité par les élus d'une municipalité britannique	<b>372</b>
		14. Des établissements sanitaires et sociaux	<b>375</b>
		14.1. Construction d'une unité hospitalière pour adolescents à coût maîtrisé	<b>378</b>
		14.2. Construction d'une maison de retraite médicalisée par une entreprise à but non lucratif	<b>390</b>
		14.3. Construction d'une prison et d'un palais de justice : la mutualisation des équipements	<b>400</b>
		Le palais de justice	<b>403</b>
		La prison	<b>407</b>
		La mutualisation des équipements thermiques et énergétiques	<b>409</b>
		14.4. Transformation d'un bâtiment du XIX <sup>e</sup> siècle en un centre social de quartier	<b>412</b>

## **PARTIE IV QUELLES PERSPECTIVES POUR LE PASSIF EN FRANCE ?**

I 5. L'intérêt du label Bâtiment Passif (Passivhaus)	429		
Un marché concurrentiel qui attire les grands groupes du BTP	429		
Des labels soutenus en France par les pouvoirs publics	429		
La spécificité du label Bâtiment Passif (Passivhaus)	430		
I 6. Une stratégie gagnant/gagnant et une démarche de développement durable	431		
Le passif pour tous les types de climat	431		
Le passif pour tous les types de bâtiments neufs	431		
limiter les conflits juridiques	431		
Baisser ou limiter la hausse des dépenses de fonctionnement des collectivités	431		
Répondre à la responsabilité sociale et sociétale des acteurs publics et éviter la précarité énergétique	431		
Respecter nos responsabilités environnementales tout en maximisant le confort au meilleur coût	432		
Anticiper la hausse des prix de l'énergie et de la taxe carbone	433		
		Répondre aux besoins de rentabilité et de pérennité du maître d'ouvrage dans la construction	434
		I 7. Des évolutions législatives et réglementaires favorables au passif	439
		L'évolution de la réglementation thermique	439
		Les objectifs de la loi relative à la transition énergétique pour le tertiaire	440
		Le décret sur la rénovation énergétique du parc tertiaire	441
		Deux décrets relatifs à l'analyse en coût global dans les marchés publics	441
		L'exigence d'exemplarité énergétique des établissements publics et des collectivités	442
		I 8. Une stratégie responsable qui prend de l'ampleur en France comme partout dans le monde	451
		Une nécessaire impulsion	451
		Une dynamique enclenchée	452
		Une stratégie qui convainc au-delà de l'Europe, des États-Unis à la Chine	454
		Du bâtiment au quartier : déjà les premiers retours d'expérience	455
		Vers une ville passive	457
		<b>Bibliographie</b>	460

# Avant-propos

« Il faut faire aujourd'hui ce que tout le monde fera demain. »

Jean Cocteau

La démarche qui a conduit aux bâtiments et quartiers passifs ressemble à celle qui a guidé nos travaux : une démarche scientifique et pragmatique qui s'appuie sur l'analyse transversale (physique du bâtiment, thermique, économie...) et sur l'élaboration d'outils opérationnels et pragmatiques pour répondre à des objectifs (environnement, contraintes économiques, santé, qualité d'usage et confort, etc.).

La spécificité du bâtiment passif est la prise en compte de la physique du bâtiment bien davantage que dans toutes les réglementations thermiques. Dans celles-ci, les équipements sont là pour pallier les risques, les incertitudes ou les problèmes, alors que le passif vise à utiliser l'ensemble des éléments « naturels » de la construction : l'ensoleillement, les ombrages, l'air, le rayonnement, la diffusion de la température, de l'eau, l'acoustique, la chaleur sensible ou latente apportée par les occupants, leurs outils (notamment informatiques) et leur mode d'utilisation du bâtiment, afin de se passer à la fois de chauffage et de climatisation.

L'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques du Parlement français a écrit en 2014 que « le label de la Maison Passive (Bâtiment Passif Passivhaus) s'impose comme un standard de référence en Europe. [...] Il pourrait être dès lors prudent de reconnaître ce label comme une modalité de la réglementation thermique française : le passif s'impose comme le standard de demain. »

Construire ou réhabiliter au standard passif est en effet l'enjeu de demain car c'est :

- s'assurer de la performance du bâti (qualité architecturale et sanitaire, qualité d'usage et confort, performances thermiques...) grâce à une ingénierie de grande qualité (et à des outils fiables) ;
- limiter les besoins de chauffage et de climatisation (la performance de l'enveloppe du bâtiment permettant de se passer de l'un comme de l'autre) et donc les charges (améliorant ainsi la compétitivité des entreprises, le « reste à vivre » des ménages ou diminuant les coûts de fonctionnement des collectivités ou de l'État) ;
- anticiper les hausses de prix de l'énergie ;
- limiter les besoins de réhabilitation ultérieurs ;

- s'assurer d'une gestion locative plus rentable (la qualité d'usage et le confort associés à de faibles charges étant des atouts compétitifs) et d'une valeur de revente plus élevée ;
- poursuivre les objectifs nationaux de développement des énergies renouvelables (géothermie, solaire pour l'eau chaude sanitaire, photovoltaïque...) ;
- œuvrer pour la réduction de la précarité énergétique (celle-ci étant impossible dans un bâtiment passif) ;
- sans surcoût dans le tertiaire neuf, dès lors que le marché se développe (ainsi que les compétences des entreprises).

Construire et réhabiliter en passif nécessite cependant une montée en compétences de l'ensemble des acteurs.

Cet ouvrage est destiné à tous les acteurs du bâtiment. Il a pour objectif de :

- convaincre les décideurs ;
- inciter les collectivités locales à inscrire le passif dans leurs documents d'urbanisme (comme la ville de Rennes dans son PLH) ;
- inciter et aider les maîtres d'ouvrage, tant publics (collectivités locales et territoriales, bailleurs sociaux, SEM, SPL, aménageurs) que privés (promoteurs, investisseurs, entreprises...) à prescrire le standard passif dans leurs projets :
  - de bâtiments (bureaux, bâtiment administratif, centre technique, piscine, hôpital, musée, opéra, prison, école, collège, lycée, université, hôtel, commerces...),
  - de lotissement et de quartier (ZAC, écoquartier<sup>2</sup>, etc.) ou de développement urbain ;
- inciter les services de l'État (ANRU, DREAL, DDT...) à intégrer le standard passif dans leurs analyses, leurs critères d'écoconditionnalité et leurs recommandations ;
- convaincre les élus de l'intérêt du passif, pour eux en tant qu'utilisateurs et pour les finances publiques ;
- aider les équipes de maîtrise d'œuvre (architectes, ingénieurs...) en montrant des exemples de ce qu'il est possible de concevoir et de réaliser ;

- améliorer le savoir-faire et donc la compétitivité des entreprises françaises :
- faire comprendre aux entreprises du secteur du bâtiment l'importance de la mise en œuvre et de la pose comme l'entretien-maintenance pour la qualité du bâtiment (performances, qualité d'usage, valeur patrimoniale),
- inciter les industriels à développer des produits performants qui contribuent à la fois à la qualité des bâtiments et à la réduction du déficit de la balance commerciale.

## À PROPOS DES AUTEURS

Travaillant depuis plus de 20 ans sur l'élaboration d'outils concernant les bâtiments ou les projets urbains au sein de démarches transversales (avec des partenaires de formation diverses : architectes, ingénieurs, sociologues... et de différentes structures : collectivités locales, bailleurs sociaux, universités, fournisseurs d'énergie...) et abordant ainsi, à la fois, les enjeux et les problématiques techniques, environnementales, sociales et économiques, les auteurs ont été amenés à conduire des recherches-actions sur :

- l'intégration de préoccupations environnementales et de développement durable dans les documents d'urbanisme qui définissent le cadre réglementaire et les objectifs des projets<sup>3</sup> ;
- l'élaboration de démarches de développement durable structurées sur des objectifs, notamment à l'échelle de ZAC ou de quartier, telle que la démarche HQE<sup>2</sup>R et ses différents outils opérationnels dont le référentiel INDI pour

concevoir et mettre en œuvre des projets d'écoquartier (dans le neuf comme dans la rénovation urbaine)<sup>4</sup> ;

- l'élaboration de stratégies territoriales ou patrimoniales de réhabilitation énergétique à partir de l'optimisation des programmes de réhabilitation, en cherchant un compromis entre les objectifs environnementaux (réduction des consommations d'énergie), écologiques (réduction des émissions de gaz à effet de serre) et les contraintes économiques<sup>5</sup>.

– l'analyse en coût global (appelé aujourd'hui coût du cycle de vie) de bâtiments et de projets d'aménagement<sup>6</sup> (avec l'élaboration de différents modèles tels que CoParCo, SEC, OPERA, CG<sup>2</sup>, BURREN, CCVA, etc.) : dans la mesure où les contraintes économiques sont de plus en plus prégnantes. Cette analyse permet de prendre en compte à la fois la dimension environnementale avec la réduction des émissions de gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) et des consommations d'énergie, en cohérence avec la loi sur la transition énergétique, la dimension sociale avec la réduction des charges, et la dimension économique avec la recherche d'un bon équilibre entre les investissements d'efficacité énergétique d'une part et les économies d'énergie d'autre part, prenant également en compte les coûts de maintenance (et la durée de vie des équipements) ;

- l'évaluation de projets exemplaires (construction, réhabilitation, écoquartier...) et notamment de bâtiments à énergie positive (Bepos) et de bâtiments passifs : publication de *Nouvelles architectures écologiques* (Éditions du Moniteur, 2016) sur le secteur résidentiel puis ce livre sur le tertiaire (2017).

## NOTES

1 Des pays (Luxembourg) et des régions (Bruxelles-Capitale) ont d'ores et déjà défini le passif comme leur standard réglementaire de 2020 ; de nombreuses villes (New York, Munich, Hanovre, etc.) ont opté pour le passif.

2 Tous les projets d'écoquartier, notamment ceux pour lesquels une labellisation ÉcoQuartier est recherchée, devraient comporter des bâtiments passifs.

3 Voir notamment les nombreuses publications dans les Éditions du CSTB sur l'intégration de préoccupations environnementales et de développement durable dans le PLU comme sur l'articulation entre le PLU et l'Agenda 21 Local.

4 Voir notamment :

– *Analyse de projets de quartier durable en Europe*, Éditions La Calade, 2004.

– *Développement durable et renouvellement urbain : des outils opérationnels pour améliorer la qualité de vie dans nos quartiers*, Éditions L'Harmattan, 2006.

– *Écoquartier mode d'emploi*, Éditions Eyrolles, 2009.

– *L'urbanisme durable*, Éditions du Moniteur, 2009, réédition 2011.

– *Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier*, Éditions du Moniteur, 2012 (le millésime 2012 du référentiel INDI est offert avec l'ouvrage).

– *Conception, réalisation et évaluation d'un quartier bas carbone, L'exemple d'Egedal au Danemark*, Éditions du Moniteur, 2014.

5 Voir *La réhabilitation énergétique des logements*, Éditions du Moniteur, 2012, ouvrage dans lequel un plan d'actions est proposé pour chacun des acteurs concernés : collectivité locale, bailleur social, copropriété, etc.

6 Voir *Coût global des bâtiments et des projets d'aménagement, Mode d'emploi*, Éditions du Moniteur, 2013.



## NOTES

1 À la différence du moteur de calcul réglementaire de la RT 2012 qui n'est qu'un outil de calcul réglementaire : non seulement c'est une boîte noire non interactive mais, de plus, les estimations ne sont pas fiables, comme tous les experts s'accordent aujourd'hui à le reconnaître.

2 Cet outil est disponible en français sur le site de La Maison Passive, qui propose également des formations pour en maîtriser le fonctionnement.

3 Pour plus d'information sur la ville d'Heidelberg et son grand quartier passif, voir *Nouvelles architectures écologiques*, Éd. du Moniteur, 2016, p. 360 et suivantes.

4 La version du PHPP utilisée depuis janvier 2017 est la version 9.6.

5 Habitat Naturel, hiver 2014, hors-série n° 14, page 16.

6 Ces exemples proviennent d'optimisations effectuées par l'agence Herz & Lang.

7 Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (Société allemande de construction durable).

8 Integrated Environmental Solutions Virtual Environment.

9 Pour des informations sur les produits certifiés passifs disponibles en France, La Maison Passive France peut être contactée (e-mail : certification@lamaisonpassive.fr).

10 Voir la présentation du Cd2e et du projet de recherche Réhafutur sur les isolants biosourcés dans *Nouvelles architectures écologiques*, *op. cit.*

11 CLCV (Consommation logement cadre de vie), la plus importante association loi 1901 de consommateurs en France.



# 5 Un développement en pleine croissance à travers le monde

## ■ PANORAMA GÉNÉRAL

### Un développement différent selon les pays

Apparus il y a maintenant 25 ans, les bâtiments passifs sont aujourd'hui bien établis dans 50 pays à travers le monde. En Europe, spécialement, plus de 55 000 bâtiments (maisons, immeubles, bâtiments tertiaires) passifs totalisent plus de 60 millions de mètres carrés.

Plus de 35 villes ou régions européennes (soit 42 millions d'habitants) ont signé des déclarations les engageant à construire au standard passif sur leur territoire<sup>1</sup>. D'autres villes importantes comme New York en 2017 ont depuis opté également pour le passif.

L'analyse des orientations prises par les États membres de l'Union européenne montre un rapprochement évident entre la définition du *Near Zero Energy Building* (NZEB) et le standard du bâtiment passif. Cependant, les réglementations évoluent parfois moins vite que les objectifs et les résultats concrets plus lentement que les réglementations.

Selon une étude européenne menée par Gunter Lang, responsable du Passivhaus autrichien, le standard Passif d'un logement neuf correspond à une consommation d'énergie primaire totale estimée à 60 kWhp/(m<sup>2</sup>.an). Seul le Danemark atteindrait ce seuil en 2020. Une douzaine de pays, dont la France, ont des objectifs réglementaires (RT) se situant entre 75 et 95 kWh/m<sup>2</sup>.

### La Belgique

Le passif est obligatoire en région Bruxelles Capitale depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015<sup>2</sup>.

En Belgique, les critères pour obtenir le certificat « Bâtiment Passif » d'un bâtiment tertiaire (école, bureaux...) sont les suivants<sup>3</sup> :

- le besoin net en énergie de chauffage et de refroidissement, calculé avec le PHPP, doit être  $\leq 15$  kWh/(m<sup>2</sup>.an) ;
- la consommation en énergie primaire doit être  $\leq 90 - 2,5 \times \text{compacité}^4$  (kWh/m<sup>2</sup>.an) pour le chauffage, le refroidissement, les auxiliaires et l'éclairage (elle ne comprend donc pas les consommations liées à l'eau chaude sanitaire ou aux équipements) ;

– concernant l'étanchéité à l'air, le taux de renouvellement d'air mesuré à une différence de  $n_{50}$  doit être  $\leq 0,6$  h-l conformément à la norme NBN EN 13829. Cette valeur doit être mesurée avec un test d'infiltrométrie<sup>5</sup> ;

– enfin, concernant la surchauffe, le nombre d'heures au-delà de 25 °C ne peut excéder 5 % du temps de travail. Ce critère doit être vérifié sur la base d'une simulation dynamique.

En Belgique, le logiciel BeGlobal<sup>6</sup> – développé par la Plateforme Maison Passive (PMP), en partenariat avec des industriels tels qu'Isover et Knauf – a été intégré au PHPP afin de prendre en compte l'analyse du cycle de vie (ACV).

En 7 ans, depuis la construction du premier bâtiment passif, Bruxelles a vu construire plus de 1 000 bâtiments passifs représentant une surface de 1,28 million de mètres carrés.

Pour l'ensemble de la Wallonie et de la région Bruxelles-Capitale, le nombre d'opérations certifiées Passives délivrées par la PMP s'élevait, à la date du 31 mars 2017, à 555 logements collectifs (46 immeubles), 331 maisons unifamiliales et 45 bâtiments tertiaires (32 bâtiments de bureaux, 2 établissements d'enseignement, 4 crèches, 6 hébergements collectifs et 1 équipement sportif).

### Le Luxembourg

Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2017, le passif est devenu le standard obligatoire pour toute nouvelle construction en territoire luxembourgeois. Il s'agit ainsi du premier pays européen à mettre en œuvre ce standard, 3 ans avant la prise d'effet de la directive européenne NZEB<sup>7</sup>.

Selon le président de la Fédération des artisans (FDA) du Luxembourg, les entreprises luxembourgeoises de la construction sont prêtes à mettre en œuvre ce standard, ce qui constitue un avantage important au niveau concurrentiel par rapport aux pays voisins<sup>8</sup>.

### L'Irlande<sup>9</sup>

Le premier bâtiment passif irlandais (qui fut aussi le premier bâtiment passif des pays anglophones) fut la résidence de l'architecte Tomas O'Leary dans le comté de Wicklow en 2004. L'association PHI Ireland (PHI IE) fut créée en 2010 par un groupe d'experts passionnés par le passif afin de

promouvoir le standard du Passivhaus, lequel s'est peu à peu développé, notamment autour de Cork et de Waterford. De plus en plus de maisons furent construites au standard passif, puis des bâtiments commerciaux (notamment des supermarchés) et des ouvrages universitaires.

45 bâtiments totalisant 20 000 m<sup>2</sup> sont aujourd'hui certifiés Passivhaus en Irlande.

249 professionnels ont été formés CEPH, tandis que des experts irlandais ont également formé des professionnels en Chine, en Australie et aux États-Unis. Des produits certifiés passifs irlandais sont aussi exportés en Grande-Bretagne et aux États-Unis.

Enfin, le standard passif a été introduit dans les prescriptions de l'équivalent du plan local d'urbanisme (PLU) de la ville de Dun Laoghaire en 2015. Ce développement est considéré comme porteur d'avenir dans un pays qui connaît une forte précarité énergétique et où l'importance des importations d'énergie grève l'équilibre budgétaire national.

#### La Grande-Bretagne

En 2006, aucun projet certifié Passivhaus n'existait en Grande-Bretagne. Dix ans après, en 2016, la Grande-Bretagne en comptait plus de 500, et 1 000 autres bâtiments étaient en cours de certification.

En 2017, d'importants programmes de logements certifiés Passifs voient le jour, dont 300 logements dans un écoquartier de Londres et 100 logements à Norwich.

En Grande-Bretagne, la réglementation thermique met l'accent sur la neutralité carbone et les subventions ne sont accordées que pour les énergies renouvelables. Cependant, si le standard passif est encore relativement peu développé, la conférence *Passive House* qui s'est tenue à Londres en octobre 2016 a réuni 12 écoles d'architecture et plus de 300 visiteurs.

Si les concepteurs britanniques (architectes et ingénieurs thermiciens) sont aussi à l'origine du standard passif, les entreprises de construction ont un rôle de plus en plus important dans le développement du standard passif.

Enfin, un bureau d'études français, Energelio, a plusieurs projets en cours avec l'architecte britannique Justin Bere, très impliqué dans le passif<sup>10</sup>.

#### L'Autriche

L'Autriche compte environ 18 000 logements certifiés, ainsi que de très nombreux bâtiments municipaux, notamment dans les länders du Vorarlberg, du Tyrol autrichien et à Vienne.

#### L'Allemagne

Quant à l'Allemagne, pays d'origine de la démarche, ses bâtiments passifs représentent plus de la moitié des ouvrages de ce type construits sur la planète depuis 25 ans. Il existe en effet aujourd'hui 65 000 logements passifs construits dans le monde, dont plus de 30 000 en Allemagne ; environ 2 à 5 % sont certifiés selon les critères du Passivhaus Institut. Selon le bureau Herz & Lang, la construction passive représente aujourd'hui près de 10 % de la construction neuve en Allemagne.

La démarche Passivhaus a pris de l'ampleur en Allemagne à partir de 1998, avec la finalisation des maisons en bande Passivhaus construites à l'occasion de l'Expo 2000 dans le nouveau quartier Kronsberg d'Hanovre<sup>11</sup>. À la même époque, la ville d'Hanovre et le principal fournisseur d'énergie – la société municipale de production Enercity Stadtwerke Hannover AG – ont constitué un fonds régional pour la protection du climat, nommé proKlima. Ce fonds permettait chaque année de financer plus de 3 millions d'euros de subventions, consultations et assurance qualité pour les nouveaux bâtiments certifiés Passivhaus. Il encourageait également la performance énergétique par l'utilisation d'énergies renouvelables. Ce fonds fut alimenté par la mise en place d'une taxe de 0,05 centime par kilowatt-heure pour les utilisateurs de gaz d'Hanovre et des villes avoisinantes. Enercity Stadtwerke y transférait en outre une partie de ses profits. Localement, l'effet sur l'économie fut remarquable : pour chaque euro dépensé en subventions, un retour estimé à 12,70 € revenait à la collectivité.

En 2007, la municipalité de Francfort-sur-le-Main a promulgué le *Passive House Act*, qui stipule que tous les bâtiments construits pour la Ville ou par la Ville devront respecter le standard Passivhaus. La ville de Francfort contient plus de 100 000 m<sup>2</sup> de surface au sol de bâtiments certifiés Passivhaus<sup>12</sup>.

Selon un arrêté du Parlement de Bavière de 2011, tous les bâtiments administratifs neufs doivent être passifs.

Quant au quartier Bahnstadt de la ville d'Heidelberg, il demeure le plus grand quartier passif du monde, avec 116 hectares, 7 000 emplois et une population aujourd'hui de 5 500 habitants<sup>13</sup>.

## LE SECTEUR DU BÂTIMENT ET LA RÉGLEMENTATION THERMIQUE EN ALLEMAGNE

Le secteur de la réhabilitation – et plus particulièrement celui de la rénovation énergétique – est aujourd'hui le plus porteur en Allemagne, avec 70 % du marché, dans un contexte où la population décline et où les prix de l'immobilier augmentent peu (la tendance des dernières années est cependant à la hausse). La plupart des architectes sont des ingénieurs, ce qui facilite l'approche globale des projets et la prise en compte, dès la conception, des problématiques tant techniques qu'environnementales<sup>14</sup>. L'architecte-ingénieur est considéré comme le garant du respect des règles et des normes de construction tout au long du projet.

Concernant les professionnels du bâtiment, la qualification Meisterbrief, délivrée par les chambres de métiers, est indispensable pour créer sa propre entreprise ; elle peut toutefois se perdre en l'absence de formation continue – notamment sur les nouvelles réglementations.

Le bâtiment allemand bénéficie aussi de la qualité du système d'apprentissage, financé et piloté par les entreprises, avec des programmes adaptés à leurs besoins et aux évolutions du marché. L'apprentissage est ainsi un choix à la fois délibéré et incontournable pour de nombreux

collégiens allemands, qui bénéficient très tôt d'une orientation en ce sens, et dont seul un petit nombre est autorisé à poursuivre sa scolarité en filière longue<sup>15</sup>.

Quant à la mise en œuvre des travaux, elle est encadrée par un système de règles techniques dénommé VOB<sup>16</sup> (cahier des charges générales pour la réalisation des travaux de construction), dans les marchés publics comme privés. Exhaustives et précises, ces règles sont applicables sans dérogation possible.

Enfin, l'obligation pour les marchés publics de diviser les travaux en petits lots permet aux PME régionales d'être en concurrence sur un pied d'égalité avec les grandes entreprises nationales (beaucoup plus petites que les grands groupes français d'envergure internationale). Elles peuvent, le cas échéant, s'organiser en consortiums pour répondre à un marché, cette mise en place étant facilitée par l'organisation corporative des métiers.

Le Code de la construction allemand – le Musterbauordnung (MBO) – est défini au niveau fédéral et doit être adopté et adapté au niveau de chaque land.

Deux textes régissent l'efficacité énergétique :

– la loi sur la chaleur d'origine renouvelable (EEWärmeG, 2014), qui prévoit que les

maîtres d'ouvrage doivent couvrir les besoins en chaleur de leurs constructions<sup>17</sup> avec au moins 15 % d'énergie solaire, ou 30 % en biomasse gazeuse, ou 50 % en biomasse liquide ou solide, ou 50 % en énergie géothermale ou utilisant la chaleur ambiante. Les autres alternatives sont l'isolation thermique et les réseaux de chauffage urbain avec cogénération ;

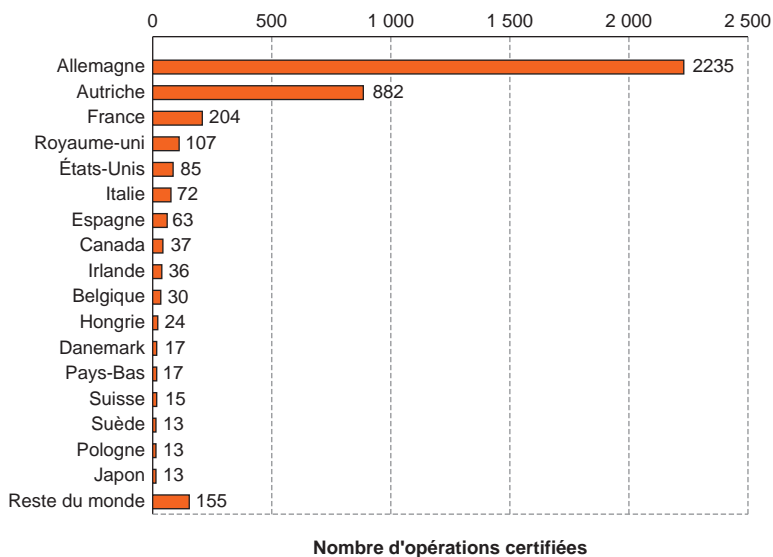
– la loi EnEV ab 2016 (remplaçant la loi EnEV 2009 puis la loi EnEV 2014), qui donne des limites aux coefficients de déperdition thermique moyens des constructions neuves, avec un besoin d'énergie primaire du bâtiment devant être inférieur au besoin d'énergie primaire d'un bâtiment de référence de même géométrie.

L'amélioration de la performance énergétique devait être de 12,5 % tous les 2 ans entre 2009 et 2014 et de 25 % entre 2014 et 2016 et celle de la qualité thermique de l'enveloppe devait être de 10 % tous les 2 ans, afin d'atteindre graduellement le niveau du NZEB défini pour l'Allemagne.

Enfin, l'une des mesures phares de la politique énergétique allemande est le programme de financement (subvention) de la KfW<sup>18</sup>. Par ailleurs, la valeur pour 2020 correspondant au standard KfW Effizienz Haus 40 équivaut à une consommation d'énergie pour le chauffage  $\leq 25$  kWh/(m<sup>2</sup>.an).

### Le nombre de bâtiments certifiés Passivhaus dans le monde

Sans être exhaustive<sup>19</sup>, la base de données Passivhaus du PHI comprend 4 019 bâtiments certifiés. 55,6 % des bâtiments certifiés de cette base sont allemands et 22 % sont autrichiens. La France vient en troisième position avec 5,1 % de bâtiments certifiés<sup>20</sup> (pour 204 bâtiments).



Nombre d'opérations certifiées Passivhaus dans le monde  
(source : PHI, 2017)

### Le secteur tertiaire

Les opérations du secteur tertiaire représentent un pourcentage élevé des certifications Passivhaus en termes de surface, mais seulement 15 % du nombre d'opérations. L'Allemagne représente près de la moitié des opérations tertiaires recensées et la France un peu moins de 7 %.

Les 602 opérations tertiaires recensées sont majoritairement des établissements d'enseignement (de la maternelle à l'université) et des bureaux de l'administration publique. Ces deux types de bâtiments représentent respectivement 33,9 % et 30,6 % des opérations certifiées. Il en est de même en France où ces deux types de bâtiments représentent 24 et 46 % des opérations certifiées.

### Bâtiments tertiaires certifiés Passivhaus dans le monde

(source : d'après la base de données Passivhaus mise à jour par le PHI, mai 2017)

	Allemagne	Autriche	France	Autres pays	Total
Bureaux publics	84	52	19	29	184
Bureaux privés	22	6	5	3	36
Mixte bureaux-logements	41	13	0	10	64
Établissements d'hébergement (hôtels, gîtes)	7	8	2	8	25
Maisons de retraite et de santé	12	5	2	6	25
Résidences étudiantes <sup>21</sup>	2	12	3	3	20
Crèches ou maternelles	51	20	3	10	84
Établissements scolaires	52	32	7	29	120
Équipements publics de sport et de culture	27	8	0	9	44
<b>Total secteur tertiaire</b>	<b>298</b>	<b>156</b>	<b>41</b>	<b>107</b>	<b>602</b>

La rénovation passive concerne 15 % des projets passifs réalisés avec la certification Passivhaus (604 projets dans la base de données sur un total de 4 025 opérations), mais seulement 7 % pour le secteur tertiaire.

### L'origine de la demande du standard passif

En Allemagne et en Autriche, la demande du standard passif (labellisé ou pas) provient à 90 % des maîtres d'ouvrage (l'expert en passif intervenant alors en AMO de la maîtrise d'ouvrage). En France, en revanche, ce sont les maîtres d'œuvre qui proposent et tentent de convaincre les maîtres d'ouvrage d'opter pour le passif, souvent en acceptant les risques comme les surcoûts, voire en endossant le rôle de promoteur<sup>22</sup>. En effet, les maîtres d'ouvrage ne consentent parfois à accepter le standard passif qu'à la condition qu'il n'y ait pas de surcoût.

Ceci est très perceptible à la lecture des études de cas présentées dans cet ouvrage.

Lorsque des architectes font appel à un expert du passif (ce qui représente 10 % des cas en Allemagne, mais la grande majorité des cas en France), ils ne le font souvent qu'une fois leur projet retenu à l'issue du concours de maîtrise d'œuvre, en vue de compléter leur équipe. Il est alors beaucoup plus

difficile de rendre le bâtiment passif, d'autant que ceci doit être fait dans un laps de temps souvent très contraint.

En Allemagne, les experts du passif participent parfois au jury de sélection des projets (pour 5 % des projets d'Herz & Lang, par exemple) et quelques partenariats public-privé (PPP) commencent désormais à être signés pour des projets passifs (c'est le cas d'un lycée à Buchloe et d'un musée à Ravensburg, par exemple)<sup>23</sup>.

### ■ LE PASSIF EN FRANCE

À ce jour, en France, plus de 100 000 m<sup>2</sup> de bâtiments, dont 46 000 m<sup>2</sup> de bâtiments tertiaires, sont labellisés Bâtiment Passif (Passivhaus) par La Maison Passive. Mais tous les bâtiments passifs ne sont pas labellisés.

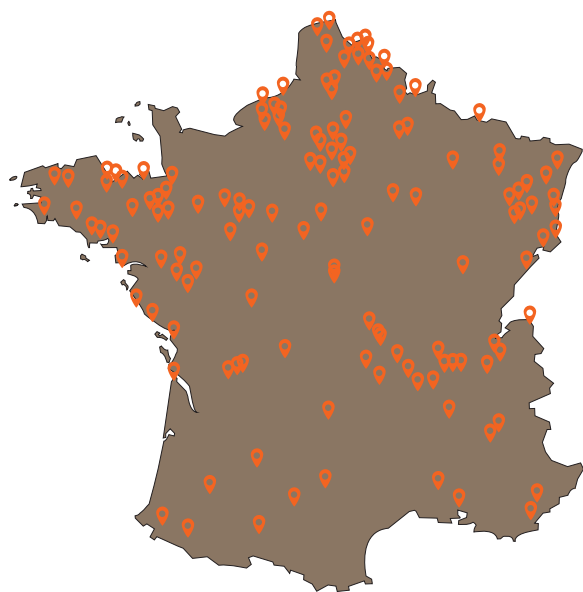
### La maison individuelle, premier terrain d'expérimentation

En 2007, les premières maisons certifiées Passives en France (à Formerie, en Picardie) étaient deux maisons mitoyennes. Leur mise en œuvre relevait du casse-tête, car il était compliqué d'obtenir l'épaisseur nécessaire au niveau de l'isolation sans bénéficier des capacités des matériaux actuels.

La même année, une autre maison Passive est sortie de terre dans le Nord. En 2008, elles étaient 3, puis 6 en 2009, prouvant ainsi que la dynamique était bien lancée. En 2011, la première rénovation lourde au standard Passif a été effectuée sur un pavillon de la région parisienne.

En 2013, la surface construite des bâtiments tertiaires et résidentiels collectifs Passifs dépassait celle des maisons individuelles.

En 2017, 10 ans après la construction du premier édifice certifié Passif en France, plus de 200 bâtiments résidentiels sont désormais certifiés Bâtiment Passif (Passivhaus) sur le territoire, et l'on estime à 2 000 le nombre de logements passifs dans le pays.



**Les bâtiments labellisés par La Maison Passive en France** (source : La Maison Passive)

### L'évolution des matériaux et des compétences

La mise en œuvre des premiers bâtiments passifs en France s'est avérée compliquée, en raison principalement du manque local de matériaux idoines, qui devaient être acheminés depuis l'étranger. Depuis, l'offre s'est considérablement étoffée, les fabricants ayant perçu les prémices du marché passif et ayant investi dans ce domaine. En plus de proposer des composants *made in France*, ces artisans et fabricants proposent régulièrement des composants innovants permettant de construire un bâtiment passif efficace et à moindre coût.

En parallèle, les professionnels sont montés en compétence grâce à l'expérience acquise sur le terrain et aux formations sur la construction passive proposées par La Maison

Passive. Des bases de la conception passive aux caractéristiques des usages spécifiques des bâtiments tertiaires, les professionnels ont sauté le pas pour acquérir des compétences encore rares sur le marché, et surtout pour prendre part à la conception de projets ambitieux. En 2017, près de 1 300 professionnels ont ainsi suivi la formation de concepteur européen Bâtiment Passif (CEPH).

### Dépasser les idées reçues

Le terme « passif » dans la langue française est connoté de façon négative. Pourtant, aucun terme n'aurait pu aussi bien le remplacer face à l'attitude passive du bâtiment, qui emmagasine la chaleur provenant des fenêtres et de l'activité des occupants pour la redistribuer de façon homogène dans tout le bâtiment. Pour que le bâtiment passif cesse d'effrayer et trouve son public, il aura fallu pourtant dépasser quelques préjugés, dans la mesure où les bâtiments passifs étaient parfois perçus comme des « bâtiments-thermos », ou encore comme des lieux clos dans lesquels il est impossible d'ouvrir les fenêtres.

Des journées portes ouvertes sont organisées par La Maison Passive, de préférence en hiver, pour que chacun puisse faire l'expérience du confort passif le temps d'une visite. De plus, l'architecture et la haute performance énergétique de ces bâtiments en font des sujets idéaux pour des reportages, tant dans la presse qu'à la télévision, achevant ainsi de défaire l'image d'un bâtiment sombre, clos et difficile à vivre.

### De nouveaux territoires

L'implantation de la construction passive reste encore inégale en France. Si toutes les régions ont au moins un ou deux bâtiments passifs, certaines font figure de tête de pont. C'est le cas de la région Hauts-de-France qui, par sa proximité avec la Belgique – où la construction passive est obligatoire depuis 2015 –, dispose d'un grand nombre de bâtiments passifs et a accueilli les premiers bureaux Passifs du pays.

D'autres foyers ont émergé au fil des ans, comme en Auvergne-Rhône-Alpes, où le confort offert par les bâtiments passifs est le bienvenu durant la saison froide. C'est également le cas de la Bretagne, qui transforme l'essai du passif en véritable dynamique locale. En effet, la ville de Rennes a adopté dans son plan local de l'habitat, en 2016, l'obligation de construire un bâtiment Passif<sup>24</sup> pour toute nouvelle opération d'aménagement lorsque l'opération compte plus d'un bâtiment.

Si le bâtiment passif est, traditionnellement, un bâtiment retenant la chaleur, il se révèle également très efficace pour retenir la fraîcheur sous les climats plus doux. Cet avantage,

encore trop méconnu, explique peut-être pourquoi ce type de construction est encore rare dans le sud de la France.

#### **Les bailleurs sociaux : un gisement pour la construction passive**

Près d'une cinquantaine de résidences collectives de logements sociaux ont été certifiées Passives durant les 10 dernières années.

Bien qu'il y ait eu très peu d'incitations des pouvoirs publics en ce sens (tant pour la construction neuve que pour la réhabilitation), certains bailleurs ont testé et adopté le passif, comme la société anonyme d'HLM Le Toit Vosgien depuis 2008 (en neuf comme en réhabilitation), Néotoa à Rennes<sup>25</sup> et, plus récemment, Vilogia, qui fait construire et labelliser six projets simultanément. D'autres bailleurs sociaux ont également découvert puis adopté le standard passif ; c'est le cas du bailleur nordiste Notre Logis, qui a fait construire et certifier une première opération collective puis, convaincu par le confort offert par un bâtiment passif, a fait bâtir son siège social en passif<sup>26</sup>.

Partout en France, les collectifs Passifs essaient : deux collectifs entièrement isolés par la paille à Saint-Dié-des-Vosges ; un R + 9 à Toulouse ; un îlot combinant des logements collectifs et une agence Pôle Emploi à Savigny-le-Temple ; un collectif de 7 étages entièrement réalisé en bois à Montreuil...

Les bailleurs français ne sont désormais plus frileux et des opérations de plus grande envergure se développent,

comme à Carquefou, près de Nantes, où tout un écoquartier<sup>27</sup> Passif sort actuellement de terre (voir chapitre 17). À terme, 12 collectifs totalisant 600 logements seront certifiés « Bâtiment Passif Plus ».

Charges réduites, maintenance moindre et locataires heureux : le passif devrait s'imposer pour les bailleurs sociaux soucieux de réduire les charges de leurs locataires tout en leur assurant confort et qualité d'usage.

#### **Des bâtiments tertiaires de plus en plus divers et nombreux**

Des maîtres d'œuvre ont su convaincre des maîtres d'ouvrage privés (le groupe Adéo, des mutuelles comme La Mondiale et la Matmut...) comme publics (des collectivités construisant des écoles, notamment). Le nombre de bâtiments tertiaires s'accroît ainsi peu à peu.

Cependant, la maîtrise d'œuvre reste le plus souvent à l'origine du caractère passif des bâtiments, le Bepos et la démarche HQE étant les seuls à figurer dans les cahiers des charges, à quelques exceptions près (comme pour certains projets récents de la société Loire-Atlantique Développement-SELA et, plus récemment, de Métropole Rouen-Normandie<sup>28</sup>).

En conclusion, comme le disait Jean Cocteau, « *Il faut faire aujourd'hui ce que tout le monde fera demain* ».



**Bâtiments tertiaires certifiés « Bâtiment Passif (Passivhaus) » au 1<sup>er</sup> avril 2017** (source : d'après La Maison Passive)  
Ceux dont la date de certification est suivie d'un astérisque sont en cours de certification à la date de publication de l'ouvrage.

	Nom du projet	Lieu de construction	Maître d'ouvrage	Architecte	BET thermique	Surface (m <sup>2</sup> )	Date de certification
<i>Bureaux</i>							
<b>Fiche 8.3</b>	Bureaux Adeo	Ronchin (59)	Adeo	Blaq Architecture	Energelio	3 760	2011
	Siège AG2R La Mondiale	Mons-en-Barœul (59)	AG2R La Mondiale (Véronique Poncin)	Frédéric Moguez	Marc Toutin	2 784	2011
<b>Fiche 8.4</b>	Bureaux Manufrance	Saint-Étienne (42)	Atelier d'architecture Rivat		Heliasol	442	2012
	Pôle Emploi Savigny-le-Temple	Savigny-le-Temple (77)	Coop'immo – SCCV La Grange du Bois	Françoise-Hélène Jourda	Inex	801	2012
	SDEM du Morbihan <sup>29</sup>	Vannes (56)	SDEM Morbihan	Atelier Arcau	Cap Terre (Rennes)	2 734	2012
	Bureaux BET Échos	Déville-lès-Rouen (76)	BET Échos (Sylvain Teissier)	Aliquante (Laurent Protois)	Échos	331	2012
	BV Promo	Lieusaint (77)	BV Promo	Vision Éco Habitats		637	2013
	Gautier Créations	Lamballe (22)	Gautier Créations	Ouest Alliance Architecture	Fluditec	120	2013
	Siège social Germat-Cussenot	Remiremont (88)	Germat Cussenot Scop	Éric Pierrot Architecture	SAS ETR	468	2013
	Siège de Klopfer Construction	Jepsheim (67)	Klopfer Construction		Ecotherm	352	2013
<b>Fiche 8.5</b>	C.C. du Cœur des Bauges	Le Châtellard (74)	C.C. du Cœur des Bauges	Atelier du Vieux Bourg	AD Équation	555	2013
	Mizu <sup>30</sup>	Amanlis (35)	Mizu (Thomas Primault)	Hinoki		12	2014
	Agence d'architecture Barthe	Vienne (38)	Agence d'architecture Barthe		Abiréose	285	2014
	SCOP scierie & palettes du littoral	Saint-Omer (62)	Scop Scierie et palettes du Littoral		Alexandre Wignacourt	136	2014
	Siège social Notre Logis (aile est) <sup>31</sup>	Halluin (59)	Notre Logis (bailleur social)	Tekhnê	ITF	1 070	2014
	Siège social Notre Logis (aile ouest)					563	2014
<b>Fiche 8.7</b>	CNFPT Auvergne A	Clermont-Ferrand (63)	CNFPT Auvergne	Atelier 4	Betalm et ODD	957	2015
	CNFPT Auvergne B					1 245	2015
	Siège de 3E Concept	Hallennes-lez-Haubourdin (59)	Carré Constructeur	Atelier Bertrand Wibaux	Diagobat	783	2015
<b>Fiche 8.1</b>	Hangar I08	Rouen	Métropole Rouen-Normandie	Jacques Ferrier	Sogeti Ingénierie	8 800	2017*
	Syndicat mixte Sud Indre Développement <sup>32</sup>	Sorigny (37)	Syndicat mixte Sud Indre Développement	Cabinet d'architectes Chevalier-Guillemot		1 780	2017*
	Bureaux Paul Petit (CG 42) <sup>33</sup>	Saint Etienne (63)	Conseil départemental du Puy-de-Dôme	Atelier Rivat	Heliasol	4 319	2017*
	Woodtime	Bondues (59)	Woodtime	Escudé et Fermaut Architectes	Symoe	2 387	2017*
	ErDF	Gérardmer (88)	ERDF Unité réseau électricité Lorraine	Accord & archi	Lorr-EnR	250	2017*
	Montroyal	Reims (51)	Montroyal Immobilier	Pingat Architectes et Ingénieurs	Green (groupe Pingat)	4 032	2017*
	ALSH Rieux	Rieux (56)	Commune de Rieux	KASO	Équipe Ingénierie	405	2017*
<i>Bureaux et ateliers</i>							
<b>Fiche 8.6</b>	Seine Écopolis	Saint-Étienne-de-Rouvray (76)	Rouen Normandie Créations	Bureau I12 et O <sub>2</sub> Architecture	Elithis et Albedo	1 735	2014
<b>Fiche 10.1</b>	Centre technique municipal	La Roche-sur-Yon (54)	Ville de La Roche-sur-Yon	Kaso Architecte	Équipe Ingénierie	1 270	2017*
<i>Centres de santé</i>							
	La Hulotais	Saint-Malo (35)	Association des Urémiques de Bretagne	Paumier architectes associés	Energelio	559	2013
	Maison de soins	Coray (29)	Ville de Coray	Jean-Charles Castric	Batitherm Conseils	313	2016
	EHPAD Dronsart <sup>34</sup>	Bouchain (59)	EHPAD Dronsart	Philippe Caucheteux	Energelio	5 036	2016
<b>Fiche 14.1</b>	Louis Mourier	Colombes (92)	APHP	2/3/4/ Architecture (Jean Mas et François Roux)	Sunsquare	970	2017*

	Nom du projet	Lieu de construction	Maître d'ouvrage	Architecte	BET thermique	Surface (m <sup>2</sup> )	Date de certification
<i>Universités, bâtiments d'enseignement supérieur</i>							
	IUT (Pôle thermique Energie)	Montluçon (03)	Université Blaise Pascal	Bruhat et Bouchaudy Architectes	Algothem Ingenierie	134	2017*
<i>Collèges</i>							
	Collège Georges Chepfer	Villiers-lès-Nancy (54)	Conseil général de Meurthe-et-Moselle	Plan Libre (Nicolas Vauthier et Marie Cathala)	Plan 9	2 830	2017*
	Collège de Prauthoy (externat)	Prauthoy (52)	Département Haute Marne	Plan Libre	Plan 9	4 044	2017*
<i>Écoles</i>							
<b>Fiche I1.2</b>	École d'Ancenis	Ancenis (44)	Ville d'Ancenis	Xavier Ménard	Energelio	1 864	2011
<b>Fiche I1.3</b>	École de Carvin	Carvin (62)	Ville de Carvin	Trace Architectes	Energelio	1 851	2012
	École de Tavaux-et-Ponséricourt	Tavaux-et-Ponséricourt (02)	Syndicat scolaire Val de Serre (02)	Atelier d'architecture Gigot	Energelio	651	2012
	École de Cutry <sup>35</sup>	Cutry (54)	Commune de Cutry	Atelier d-Form	Terranergie	1 162	2012
	École Joseph Brenier	Saint-Priest (69)	Ville de Saint-Priest	Totem Architecture, Atelier Carte Blanche	Matte et Enerpol (Julien Vye)	3 100	2012
	École Marie Navart	Templeuve (59)	Ville de Templeuve	Escudié Fermat Architecture	Symoé	1 668	2013
	Maison des Lycéens	Saint-Étienne (42)	Lycée Le Marais Sainte-Thérèse	Atelier d'architecture Rivat	Heliadol	74	2014
	École maternelle Auriol	Paris	Semapa	LA Architecture (Corentin Desmichelle)	AI Environnement	1 385	2017*
	École Marquette	Marquette	Commune de Marquette-lez-Lille (59)	Sylvain Gruson / SCP Otton Sanchez	BERIM/Agj 2d	1 143	2017*
<i>Crèches</i>							
	Maison de la Petite Enfance	Cormenon (41)	Communauté de communes des Collines du Perche	Atelier Desmichelle Architecture	AI Environnement	248	2013
	Le Cerf-Volant	Saint-Brieuc (22)	Mairie de Saint-Brieuc	Lionel Dunet	Averti	520	2013
<b>Fiche I1.1</b>	Le Moulin de Beauté	Nogent-sur-Marne (94)	Ville de Nogent-sur-Marne	Altana Architectures	Amoès	671	2014
<i>Gîtes</i>							
	Gîte Urbain	Chanteloup-les-Vignes (78)	Privé (propriétaires)	Hermann Kaufmann	Vaillant architecte	156	2009
	La Champolynoise	Champoly (42)	Privé (propriétaires)	M. et Mme Chabry	M. Chabry/ Lignatech	86	2015
	Saint-Michel-de-Chaillol	Saint-Michel-de-Chaillol (05)	Privé (propriétaires)	François-Xavier Ribot	Fil d'Air	326	2015
<i>Hôtels</i>							
<b>Fiche I2.1</b>	La Datcha	Val Thorens (73)	Oleg Tinkov	Kim Trong	EnercoBat	1 500	2017
<b>Fiche I2.2</b>	Hôtel Pressensé	Le Havre (76)	Fimare	Paumier architectes associés	Energelio et TSP thermique	1 892	2017
<i>Club house</i>							
	Club house	Lantic (22)	Golf des Ajoncs d'Or	Bruno Le Pourveer	Hinoki	329	2015
<i>Surface de vente</i>							
<b>Fiche 9.4</b>	Cholet Moto	Cholet (49)	Patrick Brossard	Inso Agence d'architecture	Équipe Ingénierie	749	2013

## NOTES

- 1 Lang (Gunter), communication à la conférence EUSEW (*European Sustainable Energy Week*), 2015.
- 2 Voir la stratégie mise en place par la région dans notre ouvrage *Nouvelles architectures écologiques*, *op. cit.*
- 3 Plate-forme Maison Passive, [www.maisonpassive.be](http://www.maisonpassive.be).
- 4 La compacité représente le rapport entre le volume protégé de l'unité (dimensions extérieures considérées) et la somme des surfaces de déperditions – à vérifier avec le PHPP.
- 5 Ou *blower door test*.
- 6 Voir [www.be-global.be](http://www.be-global.be).
- 7 Voir la Directive 2010/31/UE du Parlement européen et du Conseil du 19 mai 2010 sur la performance énergétique des bâtiments.
- 8 France Info, 13 mars 2017.
- 9 Selon Michela Ferrando, du PHI IE.
- 10 Plusieurs de ces projets sont mentionnés dans cet ouvrage (voir fiche 14.4, par exemple).
- 11 Voir notamment Charlot-Valdieu (Catherine) et Outrequin (Philippe), *Analyse de projets de quartier durable en Europe*, Éd. La Calade, 2004.
- 12 Voir par exemple « Définir le bâtiment (*Nearly Zero Energy*) NZEB, Les collectivités montrent la voie », PHI, projet européen PassREg, 2017.
- 13 Voir la présentation du quartier Bahnstadt d'Heidelberg dans *Nouvelles Architectures écologiques*, C. Charlot-Valdieu et Ph. Outrequin, Éditions du Moniteur, 2016.
- 14 Rappelons qu'en France l'un des objectifs de la démarche HQE initiée au début des années 1990 était de faire travailler ensemble les architectes et les ingénieurs...
- 15 De nombreuses passerelles permettant cependant aux meilleurs d'entre eux et à ceux qui le souhaitent de revenir en filière longue.
- 16 *Vergrabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen*.
- 17 Certains *länder* comme le Bade-Wurtemberg exigent cela aussi pour les rénovations.
- 18 *Kreditanstalt für Wiederaufbau* (Établissement de crédit pour la reconstruction).
- 19 La base de données du PHI ne recense pas les bâtiments certifiés selon des labels différents de ceux du PHI, comme le label Minergie ou les labels belges par exemple. En effet, suite à un consensus de nombreux professionnels belges, le standard Passif a été défini en tenant compte du contexte local.
- 20 Plus précisément, 189 bâtiments sont certifiés en date du 26 mai 2017, auxquels s'ajoutent quelques cas particuliers (extension de bâtiments passifs, par exemple, ou bâtiments BaSE).
- 21 Voir la présentation de la résidence étudiante du quartier passif d'Heidelberg en Allemagne (et le quartier passif lui-même) dans notre ouvrage *Nouvelles architectures écologiques*, *op. cit.*
- 22 Ainsi, dans le cadre d'une opération portant sur 13 maisons qu'aucun promoteur ne voulait ériger au standard Passif, le cabinet d'architecte Julien Rivat a convaincu la Ville de Saint-Étienne du bien-fondé de la construction passive en endossant le rôle de promoteur (voir fiche 8.4).
- 23 Voir fiche 11.4 pour le lycée de Buchloe et fiche 13.1 pour le musée de Ravensburg.
- 24 Rappelons que nous écrivons Passif avec un P majuscule pour les bâtiments certifiés et « passif » avec des guillemets pour les bâtiments déclarés « passifs » suite à une estimation avec le moteur de calcul réglementaire (RT 2005 ou RT 2012). Le bâtiment passif (sans majuscule ni guillemet) étant un bâtiment conçu suivant la démarche Passivhaus et dont les performances ont été estimées avec le PHPP mais qui n'est pas certifié.
- 25 Voir les opérations réalisées par le Toit Vosgien et Néotoo dans notre ouvrage *Nouvelles architectures écologiques*, *op. cit.* Voir aussi la note de synthèse conjointe de l'Union sociale pour l'habitat (USH) et de la Caisse des dépôts et consignations, « Bâtiments passifs, bâtiments à énergie positive », *Cahier Références* n° 2, mai 2015 ; ce cahier présente une vingtaine d'opérations de bailleurs sociaux Bepos ou passives. (Étude réalisée par La Calade).
- 26 Voir le tableau « Bâtiments Passifs » certifiés.
- 27 Il s'agit uniquement de bâtiments résidentiels ; ils ne peuvent pas constituer un quartier, si l'on se réfère à la définition d'un quartier comme un morceau de ville dans lequel on peut vivre et travailler.  
Voir également Charlot-Valdieu (Catherine) et Outrequin (Philippe), *Développement durable et renouvellement urbain*, Éd. L'Harmattan, 2006. Cet ouvrage présente notamment la démarche HQE<sup>2</sup>R pour la transformation durable d'un quartier démarche, et, des mêmes auteurs, *Écoquartier mode d'emploi*, Eyrolles, 2009 ou *Concevoir et évaluer un projet d'écoquartier*, Éd. du Moniteur, 2012.
- 28 Voir les fiches 8.1, 8.6 et 11.2.
- 29 Bâtiment présenté dans notre ouvrage *Nouvelles Architectures Ecologiques*, Éd. du Moniteur, *op. cit.*
- 30 Voir chapitre 7.
- 31 Voir introduction du chapitre 8.
- 32 Voir fin du chapitre 7.
- 33 Voir fiche 8.4.
- 34 Voir introduction du chapitre 4.
- 35 Voir fiche 8.4.

# 8.1 Construction d'un bâtiment emblématique dans un écoquartier sur une friche industrialo-portuaire

Construction du siège de la Métropole Rouen-Normandie sur les bords de la Seine, bâtiment emblématique et exemplaire d'un nouvel écoquartier construit sur une friche industrialo-portuaire à la fois Passif et Bepos.

<b>Surface de l'opération</b>	Surface de plancher : 7 800 m <sup>2</sup> Emprise au sol : 2 520 m <sup>2</sup>
<b>Localisation</b>	Rouen (Seine-Maritime)
<b>Livraison</b>	Juin 2017
<b>Maître d'ouvrage</b>	Métropole Rouen-Normandie
<b>Architecte</b>	Jacques Ferrier Architecture
<b>Programmiste et AMO Environnement</b>	Arkéopolis et Échos
<b>BET performances énergétiques et économiste</b>	Sogeti Ingénierie <sup>1</sup>
<b>Bureau d'études structure</b>	C & E
<b>Acousticien</b>	ACV
<b>Matériaux de façades</b>	Façade principale du bâtiment (ou première peau) : murs-rideaux en triple vitrage avec ossature bois et châssis ouvrants en aluminium ; stores extérieurs intégrés dans les bandeaux métalliques en façade sud pour minimiser l'impact des apports solaires Enveloppe active : panneaux photovoltaïques revêtus de films dichroïques en façade sud et panneaux en verre dichroïque de différentes teintes en façade nord ; ces éléments se déploient sur une ossature en charpente métallique qui recouvre le bâtiment
<b>Chauffage</b>	Pompes à chaleur sur sondes géothermiques
<b>ECS</b>	Ballons d'eaux chaudes à production instantanée
<b>Énergies renouvelables</b>	2 100 m <sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques
<b>Coût des travaux</b>	20 184 000 € HT
<b>Coût total</b>	25 000 000 € HT (4 519 137 € de subvention PIA/Écocité pour le regroupement des services) <sup>2</sup>
<b>Distinctions</b>	Label Bâtiment Passif (Passivhaus) en cours Label Bepos et Effinergie+

## Performances énergétiques

<b>Besoin de chaleur pour le chauffage</b>	15,25 kWh/(m <sup>2</sup> .an)
<b>Consommation d'énergie primaire tous usages</b>	114,2 kWh/(m <sup>2</sup> .an)
<b>Puissance de chauffe</b>	16 W/m <sup>2</sup>
<b>Étanchéité à l'air</b>	n50 = 0,6 vol/h



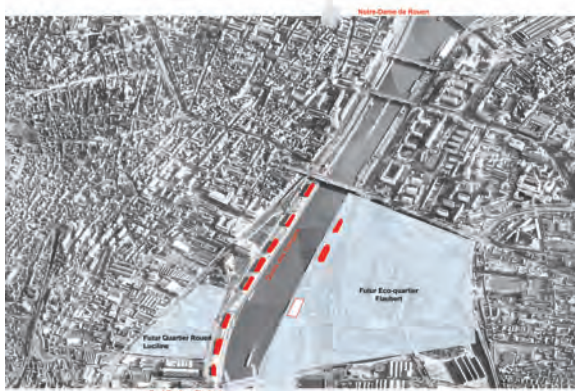
**Le siège de la Métropole Rouen Normandie conçu par Jacques Ferrier Architecture**  
(© Jacques Ferrier Architecture / photo Luc Boegly)

## CONTEXTE ET CAHIER DES CHARGES

Les élus avaient défini un double objectif pour ce projet : parvenir à la maîtrise des coûts et constituer un projet-vitrine. Métropole Rouen-Normandie<sup>3</sup> souhaitait regrouper une partie de ses services au sein d'un seul et unique bâtiment par souci d'économie et d'efficacité des services.

Par ailleurs, il est apparu nécessaire de réaliser un projet vitrine sur le périmètre de l'écoquartier Flaubert, implanté sur 90 ha en bord de Seine entre le centre-ville et le port, afin d'assurer le succès de son développement.

Aussi, Métropole Rouen-Normandie a voulu impulser une dynamique de transformation de ces espaces de friches constituant l'écoquartier Flaubert autour d'un projet phare, un bâtiment signal et porteur de standards écologiques diffusables à l'ensemble de l'écoquartier (cf. plans ci-après). Ce projet symbolise à la fois la nouvelle exigence environnementale (en allant au-delà des obligations réglementaires) et la nouvelle vocation urbaine du quartier, c'est-à-dire une entreprise de reconstruction de la ville sur elle-même à proximité de la Seine et du futur canal.



**Le bâtiment du Hangar 108 dans son environnement : un bâtiment signal à l'entrée de l'écoquartier Flaubert, face à de nombreux hangars du port fluvial qui seront conservés** (source : Jacques Ferrier Architecture)

Le caractère remarquable souhaité par la métropole se traduit d'abord dans l'exemplarité recherchée en matière de très haute performance environnementale du bâti, avec une empreinte écologique minimale, une performance énergétique avancée (avec la double labellisation Bâtiment Passif (Passivhaus) et Bepos), ainsi que l'intégration de technologies innovantes dans sa conception, sa construction et son exploitation répondant à un double objectif d'exemplarité et de maîtrise des coûts.

La collectivité avait déjà expérimenté la construction d'un Bâtiment Passif (cf. la pépinière Seine Écopolis, fiche 8.6) et était en capacité de rédiger un cahier des charges exigeant



**Une parcelle bordée à l'ouest par l'emprise du futur canal nord-sud de l'écoquartier, et à l'est par les hangars 106 et 107** (source : J. Osty, Attica, Egis et Burgeap, dans Cahier I-PG-Crea Mars, p. 15)

le label Bâtiment Passif, puisqu'elle avait obtenu la certification « concepteur européen de bâtiments passifs » (CEPH) maîtrise d'ouvrage.

Le projet avait également pour but de rationaliser les charges immobilières de la collectivité (notamment sur la durée d'amortissement du bâtiment), en limitant les charges locatives, les charges foncières, les dépenses énergétiques ainsi que les dépenses de fonctionnement. Deux bâtiments de la métropole (ex-Crea) ont été libérés pour être vendus (pour l'un) et mis en location (pour l'autre). Il sera également possible de mettre un terme à une location. Le nouvel immeuble doit en effet permettre le regroupement de 350 agents des différents services de la métropole (en complément du siège actuel, le Norwich, qui regroupe 210 agents) et permettre ainsi d'améliorer l'efficacité du travail entre les équipes.

Le déplacement physique des agents a entraîné une réflexion de la métropole pour favoriser l'accessibilité du site. L'immeuble de type ERP dispose de deux accès piétons accessibles aux personnes en situation de handicap. L'immeuble dispose aussi de 80 m<sup>2</sup> de stationnement vélos et de 20 bornes de recharge de vélos électriques.

Le stationnement des véhicules des agents est prévu sur le parking de la salle des Musiques actuelles (hangar 106) situé à moins de 200 m du projet (cf. plan masse). Celui-ci, propriété de la métropole, dispose de 207 places. Cette mutualisation est possible du fait des créneaux horaires différents des activités des deux bâtiments, le hangar 108 étant principalement utilisé en journée. Enfin, un transport en commun à haut niveau de service sera mis en circulation en 2018, complétant le réseau existant.

Ce projet a fait l'objet d'un concours de maîtrise d'œuvre (de décembre 2012 à septembre 2013) et le permis de construire a été délivré en mars 2014. Quant à la consultation et au choix des entreprises, ils ont été effectués de janvier à mai 2015.



**Perspective en arrivant à Rouen sur la Seine depuis Le Havre** (source : Jacques Ferrier Architecture)

## CONCEPTION ARCHITECTURALE ET ÉNERGÉTIQUE

La parcelle est bordée :

- au nord, par la Seine ;
- au sud, par la voie de desserte du hangar 106 longeant une voie ferrée aujourd'hui inutilisée ;
- à l'ouest, par l'emprise du futur canal nord-sud de l'écoquartier ;
- à l'est, par les hangars 106 et 107. L'espacement entre les hangars 106, 107 et 108 a été conservé afin de garder l'uniformité dans l'implantation des bâtiments le long de la Seine.

Le projet a été conçu comme un bâtiment inédit dont deux volumes s'élèvent vers le ciel. Il est clairement orienté, d'un côté dressant sa façade vers le vieux Rouen et sa cathédrale et, de l'autre, vers l'entrée de ville et le pont Gustave-Flaubert.

Le bâtiment met en évidence les accès à l'édifice, car il se veut accueillant pour le public.

Depuis la façade nord-ouest, le hall se détache, offrant une double hauteur remarquable. La transparence du vitrage signale aux piétons l'entrée principale du bâtiment. Du côté de la façade sud-est, le soulèvement marque, en plus de l'accès au parking pour véhicules légers (VL), l'accès de service au bâtiment ayant une liaison directe avec les zones supports.



**Le bâtiment face au nouveau pont Gustave Flaubert et à l'autoroute vers Dieppe**  
(crédit photo : Jacques Ferrier Architecture / photo Luc Boegly)



**L'accès au parking et l'accès de service au sud-est** (source : Jacques Ferrier Architecture)

### Vue depuis le bâtiment sur la Seine et le centre-ville de Rouen : cathédrale, préfecture...

(crédit photo : Jacques Ferrier Architecture / photo Luc Boegly)





**De nombreuses terrasses avec vues sur la Seine soulignant l'attention portée au confort d'usage** (crédit photo : Luc Boegly)

**Une première peau très efficace**

Le volume compact du bâtiment est parfaitement isolé, grâce à une isolation extérieure dans laquelle les ponts thermiques sont réduits à leur minimum. Chaque niveau se lit comme une façade vitrée composée d'une baie vitrée filante en triple vitrage avec ouvrant motorisé, une allège avec isolation ultra-performante et un habillage vitré en verre émaillé. Entre chaque étage, un joint creux en tôle d'aluminium pliée marque leur empilement.

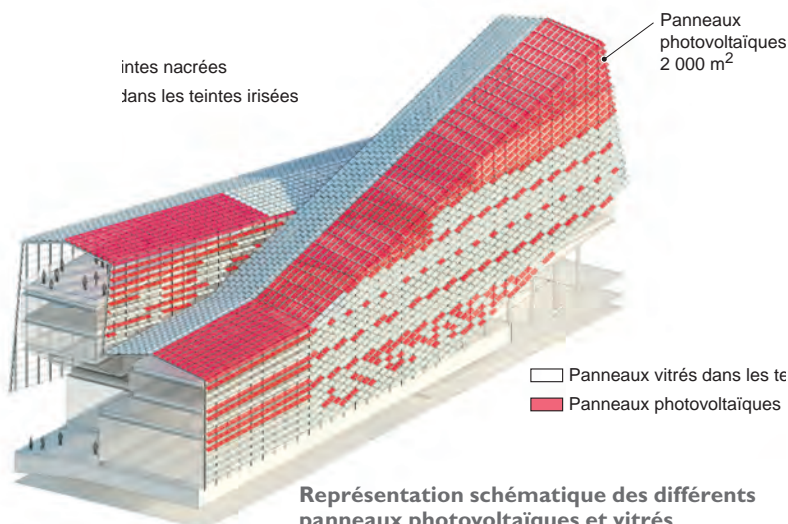
Les murs-rideaux sont en triple vitrage, avec ossature bois et châssis ouvrants en aluminium. Des stores extérieurs intégrés dans les bandeaux métalliques en façade sud permettent de minimiser l'impact des apports solaires.

**Une seconde peau extérieure filtrante**

La double peau protège les usagers des rayons solaires, de l'éblouissement et du vent, afin de créer un microclimat favorable à l'épanouissement et au confort de la vie des bureaux à l'intérieur. L'orientation des lames permet de maximiser l'ensoleillement dans les bureaux ; elles augmentent ainsi la proportion d'éclairage naturel dans la bande plus profonde des bureaux.

Cette double peau est constituée de différents panneaux modulaires (de taille 120 x 60 cm). Elle est constituée :

- en majeure partie nord, de panneaux vitrés dans des teintes nacrées ou claires ;
- en partie sud, de panneaux photovoltaïques revêtus de films dichroïques.



**Représentation schématique des différents panneaux photovoltaïques et vitrés**  
(source : Jacques Ferrier Architecture)



**Une double peau sur une structure en béton**  
(crédit photo : Philippe Outrequin)





**Une structure en béton revêtue d'une double peau : mur-rideau avec des lames de couleur ou panneaux photovoltaïques** (crédit photo : Philippe Outrequin)

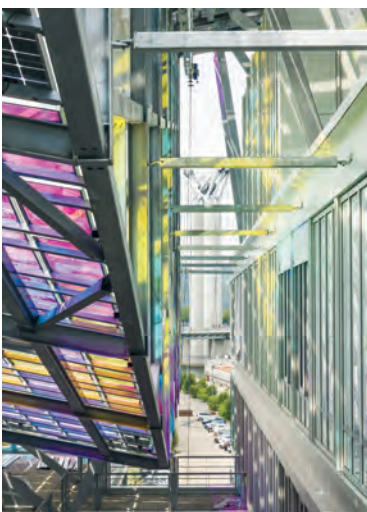
Ces panneaux sont placés de façon à laisser passer à chaque étage une « bande de vision et de lumière optimum » pour le confort des usagers et obtenir un excellent facteur de lumière de jour.

L'ensemble donne l'image d'une façade d'écailles de verre colorées. Irisant et diffractant la lumière solaire, elles parent l'immeuble de délicates touches de couleur qui se démultiplient avec les reflets du fleuve. Le verre utilisé est revêtu d'une couche d'oxydes métalliques qui, de l'extérieur, crée

un reflet iridescent coloré mais s'efface vu de l'intérieur, n'altérant pas la vision depuis les espaces de travail.

La double-peau joue un rôle dans la protection thermique passive des façades.

En toiture et en partie sud, les écailles de verre se mélangent aux panneaux photovoltaïques et contribuent de façon significative à l'autonomie énergétique du bâtiment. Ces panneaux solaires, d'un type récent, autorisent plusieurs nuances de couleur tout en ayant un rendement élevé.



**Une faille centrale accueille les noyaux de circulation verticale** (crédit photo : Luc Boegly)



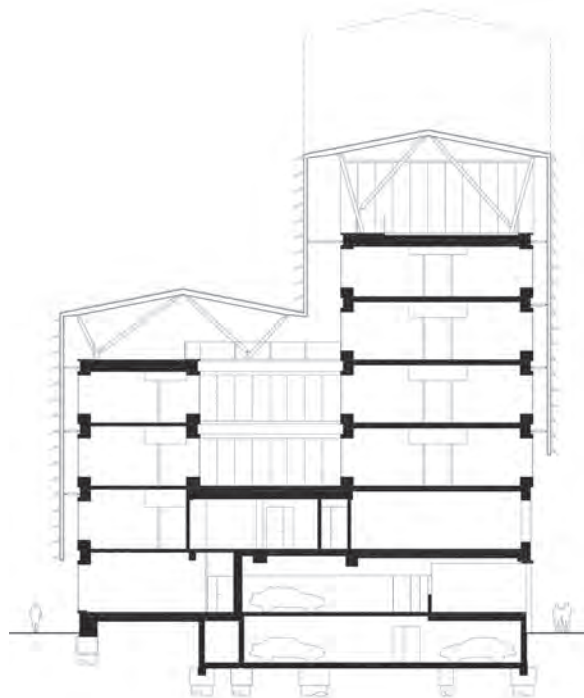
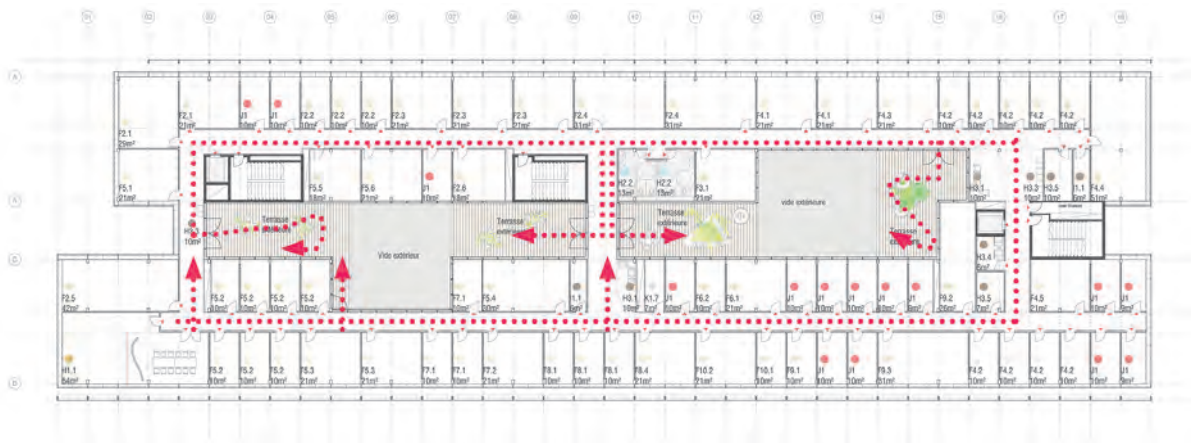
**Les écailles de verre se mêlent aux panneaux photovoltaïques** (crédit photo : Luc Boegly)



**Des espaces conçus selon leur usage**

Les espaces de travail sont directement organisés en fonction des usages. L'accueil au rez-de-chaussée de la partie ouest du siège donne un accès simple et direct aux étages, alors que le parking aisément accessible est situé en partie est. L'ensemble au niveau du quai est dédié aux activités recevant du public, aux salles de réunion et de réception, ainsi qu'aux services et activités de support.

Les concepteurs se sont efforcés de rechercher fluidité et confort pour les circulations horizontales afin d'éviter la sensation d'un alignement monotone de portes : largeur des espaces de circulation pour s'y croiser sans gêne, patios aménagés en terrasses pour se détendre, poursuivre une réunion de façon informelle, s'y retrouver...



**Plan d'un étage courant et coupe du bâtiment**  
(source : Jacques Ferrier Architecture)

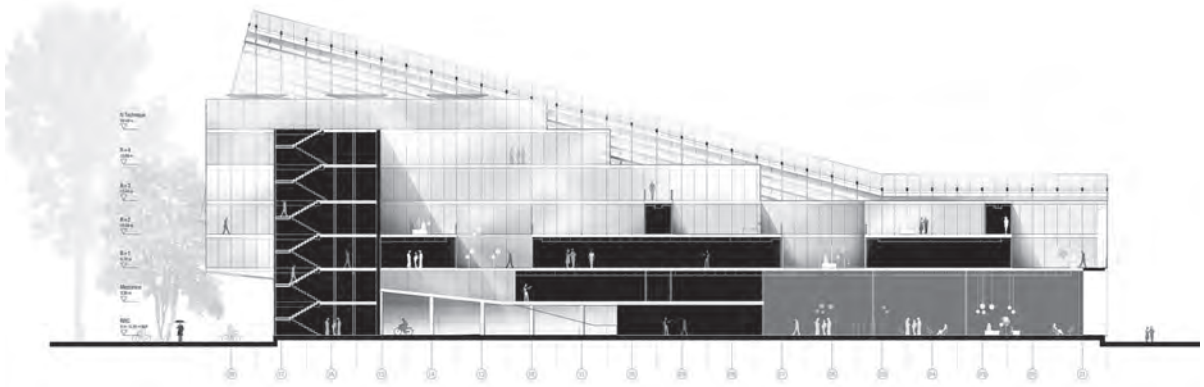


**Les plateaux bénéficient d'un excellent éclairage de toute part** (crédit photo : Luc Boegly)

Les bureaux sont répartis sur des plateaux bénéficiant d'un excellent éclairage de toute part. La distribution intérieure du bâtiment s'organise autour d'un volume, interrompu par une faille centrale, permettant la lisibilité du plan et favorisant l'apport de lumière. Cette faille s'élargit en patios selon les niveaux et offre aux espaces intérieurs une ouverture généreuse sur le ciel. La lumière naturelle abonde à l'intérieur des plateaux grâce au principe de façade retenue.



**Les espaces intérieurs bénéficient d'une ouverture généreuse sur l'extérieur** (crédit photo : Luc Boegly)



Coupe longitudinale de la faille nord-ouest (source : Jacques Ferrier Architecture)

Cette faille accueille les noyaux de circulation verticale et distribue les différents niveaux du bâtiment.

La forme singulière du plan génère une répartition simple et évolutive des espaces. Aux étages, les plateaux de bureaux sont des espaces flexibles. Leur cloisonnement et le calepinage de façade et des plafonds permettent d'absorber les éventuelles évolutions en fonction des besoins futurs. Les bureaux sont organisés de part et d'autre d'une circulation qui structure chaque plateau. Cette répartition des espaces de travail offre de multiples possibilités pour moduler chaque plateau.

La double hauteur concentrée en rez-de-chaussée permet de créer de grands espaces, de type salle de réunion ou salle de restauration, plus ou moins extensibles ou cloisonnables. Au dernier niveau, le belvédère est un lieu privilégié où peuvent s'organiser les réceptions et les événements. Il offre

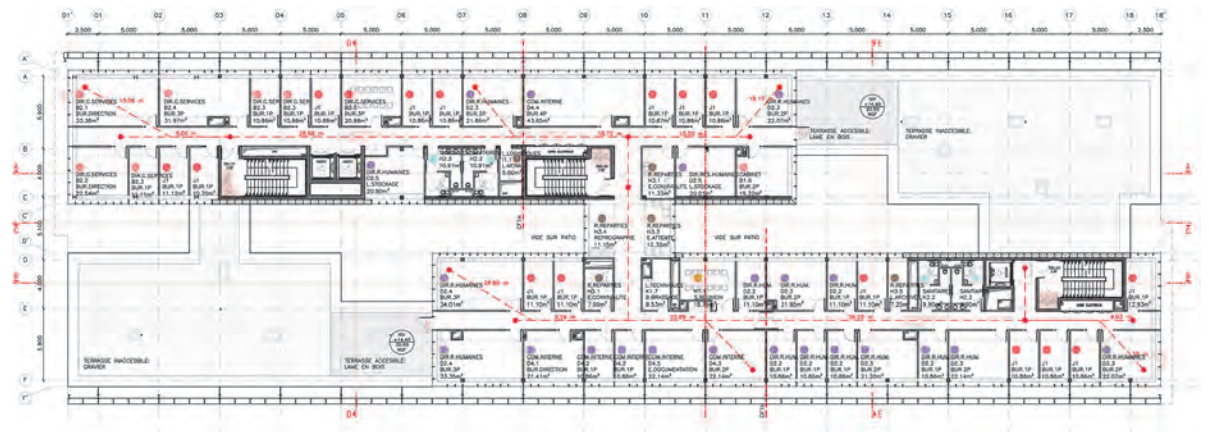
une vue exceptionnelle vers la Seine et sur la ville de Rouen, de Canteleu à Bonsecours, et sur le futur écoquartier Flaubert.

### Un bâtiment Passif et exemplaire en matière de qualité environnementale

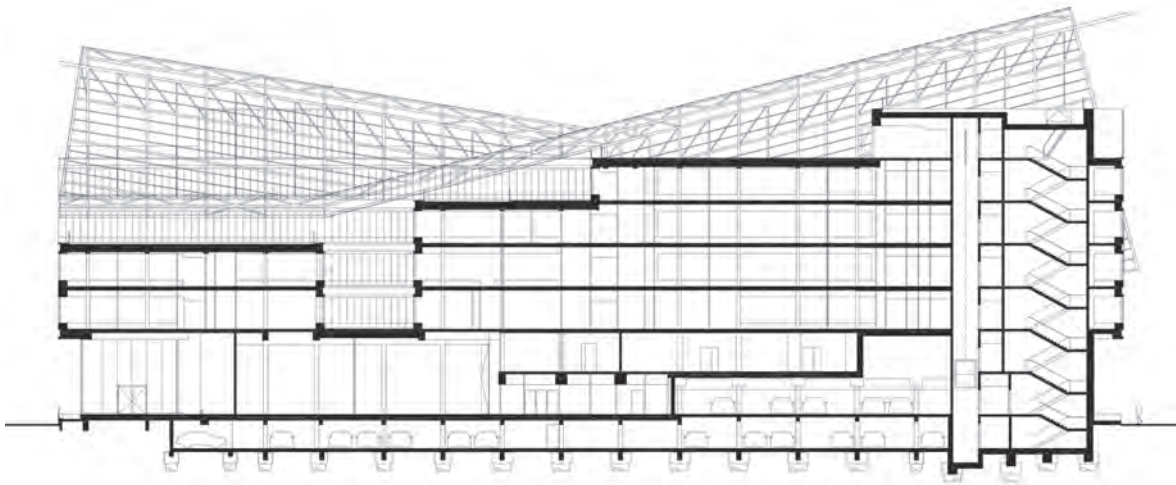
L'idée première de ce bâtiment était de réaliser un projet à très faible besoin énergétique, d'où l'exigence d'obtenir le label Bâtiment Passif (Passivhaus). Cependant, avec l'incorporation d'éléments de production d'énergies renouvelables, Métropole Rouen-Normandie a pu viser un bâtiment à énergie positive (Bepos).

Les règles du label Bâtiment Passif (Passivhaus) ont été précisées de la façon suivante :

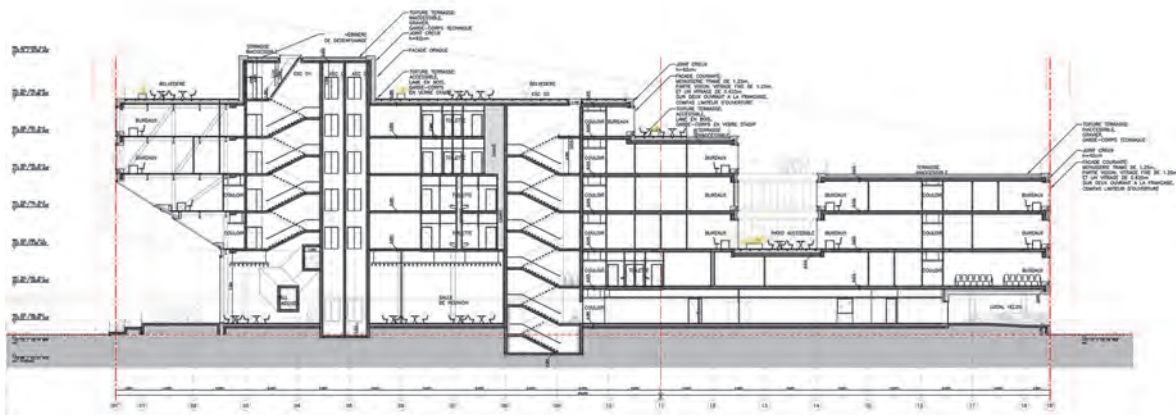
- il s'agit bien de besoins et non de consommations ;
- les besoins sont exprimés en énergie « finale » sans tenir compte des coefficients de conversion des énergies ;



Plan du dernier niveau de bureaux (source : Jacques Ferrier Architecture)



Échelle 1 : 500



**Coupes du bâtiment**  
(source : Jacques Ferrier Architecture)

- la température de chauffage est de 21 °C en occupation ;
- le calcul est effectué par mètre carré de surface chauffée – surface de référence énergétique (SRE) – en tenant compte des facteurs correctifs définis par le label (bureau et locaux associés comptés à 100 %, locaux de services et surfaces de circulation comptés à 60 %, escaliers encoignés, ascenseurs et gaines techniques hors SRE) ;
- une occupation des locaux de 7 h à 19 h ;
- une consommation d'eau chaude à 60 °C de 5 litres par jour et par personne.

Par rapport à un bâtiment respectant la RT 2012, l'exigence de performance énergétique au standard passif a notamment conduit aux modifications suivantes :

- menuiseries en triple vitrage au lieu d'un double vitrage avec argon (ayant un  $U_w$  de seulement 1,6 à 1,7) ;

- isolation des murs par l'extérieur avec 300 mm de laine de verre, au lieu de 200 mm ;
- isolation du terre-plein avec 200 mm de polystyrène expansé, au lieu de 120 mm ;
- isolation du plancher sur l'extérieur avec 200 mm de fibristyrène, au lieu de 150 mm ;
- isolation de la toiture-terrasse avec 240 mm de polyuréthane, au lieu de 160 mm ;
- étanchéité des réseaux ventilation et surisolation des gaines et réseaux hydrauliques ;
- traitement particulier des ponts thermiques ;
- mise en place de centrales double flux certifiées Passivhaus<sup>4</sup> ;
- mise en place de luminaires à LED en lieu et place de luminaires à lampe fluorescente ou fluocompacte.

**■ CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT**

Éléments d'enveloppe	Matériaux/ isolant	Épaisseur de l'isolant (mm)	Coefficient U paroi (W/m <sup>2</sup> .K)
Façades extérieures	ITE/laine de verre	300	0,12
Plancher bas sur terre-plein	Polystyrène expansé	200	0,15
Plancher sur extérieur	Fibrastyrène	200	0,17
Toiture – Terrasse	Polyuréthane	240	0,09
Menuiseries	Épines bois murs-rideaux, triples vitrages		0,90 à 0,95 en moyenne

Source : Sogeti Ingénierie

**■ QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE DU PROJET**

Outre un bâtiment Passif, un second objectif était, dans le cadre d'une démarche « haute qualité environnementale » (HQE), mais sans recherche de certification (ces éléments étant pour la plupart abordés dans le cadre de la démarche bâtiment passif), de privilégier les aspects suivants :

- une gestion optimale du confort thermique d'été : panneaux photovoltaïques faisant office de brise-soleil, stores extérieurs sur façade sud, limitation des facteurs solaires des vitrages en pignon, mise en œuvre d'une ventilation naturelle nocturne motorisée et d'une gestion technique du bâtiment (GTB) ;

- le confort visuel : réduction des besoins en éclairage artificiel (et mise en place de luminaires à LED en lieu et place de luminaires à lampe fluorescente ou fluo compacte), transmissions lumineuses des menuiseries et facteurs de réflexion des revêtements adaptés aux besoins, mise en place d'étagères de lumière ;
- le confort acoustique (traitement des plafonds/menuiseries intérieures et extérieures) ;
- la vigilance sur la qualité de l'air intérieur : mise en place de centrales double flux certifiées et préconisation dans le choix des produits de revêtements intérieurs (sol, mur, plafond) selon leurs caractéristiques sanitaires (COV, formaldéhyde) ;
- la gestion des eaux pluviales (récupération des eaux pluviales pour les sanitaires) ;
- l'optimisation de l'entretien du bâtiment : mise en place de nacelles pour l'entretien des vitrages et des panneaux photovoltaïques et mise en place d'un linoléum sur la majorité du bâtiment. Une approche en coût global a été exigée dans le programme technique, le concepteur devant préciser, pour chaque élément du bâtiment, la durée de vie, les contrôles à effectuer et leur fréquence, ainsi que l'entretien préventif et l'entretien curatif à effectuer ;
- un chantier à faible impact environnemental (mise en place d'une charte chantier) ;
- la mise en place d'une GTB et de l'instrumentation, conformément au cahier des charges d'évaluation des performances énergétiques des bâtiments du programme (financé par la Caisse des Dépôts) « Ville de demain ».



## ■ ÉQUIPEMENTS THERMIQUES

### Chauffage et refroidissement

Toujours dans la volonté de réaliser un bâtiment performant et exemplaire, la production de chauffage est réalisée par l'intermédiaire de 35 sondes géothermiques de 100 m de profondeur implantées sous le bâtiment. Ces sondes, raccordées à deux pompes à chaleur, permettent de produire la totalité des besoins de chaleur du bâtiment. L'émission est réalisée :

- par plancher chauffant dans la partie du bâtiment en double hauteur ;
- par panneaux rayonnants suspendus en plafond dans les autres locaux, afin de permettre une meilleure diffusion dans la pièce et pour ne pas encombrer le volume.

La régulation du chauffage est réalisée suivant 9 zones distinctes permettant une gestion au plus fin des besoins de chauffage.

Les installations fonctionnent en mode « thermo-fri-go-pompe », permettant ainsi de récupérer la chaleur dissipée par les pompes à chaleur pour chauffer des zones en besoin, lorsqu'un rafraîchissement est nécessaire dans d'autres zones. Par ailleurs, un fonctionnement en *geo-cooling*

est également possible sur les sondes géothermiques pour récupérer l'énergie du sol à moindre coût.

L'installation permet effectivement un rafraîchissement estival dans le cas où la ventilation nocturne, par l'intermédiaire de dispositifs motorisés (ouvrants et stores extérieurs), ne permettrait pas d'obtenir des températures confortables.

### Eau chaude sanitaire

Une étude comparative a permis de mettre en évidence que la mise en place de productions localisées était moins énergivore qu'une production généralisée au bâtiment. De ce fait, des ballons d'eau chaude à production instantanée ont été mis en place, dont les capacités sont adaptées aux besoins des différents points de puisage.

## ■ MANAGEMENT DU PROJET

Après la livraison de l'ouvrage (juin 2017), les performances énergétiques du bâtiment seront suivies pendant 3 ans, conformément au cahier des charges d'évaluation des performances énergétiques des bâtiments diffusé par le programme « Ville de demain ».

### LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE CETTE OPÉRATION

La métropole Rouen Normandie a souhaité se montrer exemplaire et pionnière dans les opérations d'aménagement impulsées sur le quartier Flaubert. Elle démontre ici son engagement volontariste dans une politique de développement durable (coût de fonctionnement, gestion énergétique exemplaire, bâtiment passif et à énergie positive...) et comme actrice incontournable de la transition énergétique et écologique. Son expérience dans les bâtiments passifs (avec la pépinière Seine Écopolis) l'a fait opter pour le standard passif. Le caractère remarquable du projet se traduit dans l'exemplarité recherchée en matière de très haute performance environnementale du bâti et d'intégration au sein du quartier, exprimant ainsi le caractère industrialo-portuaire du site et créant une interface de qualité ville-fleuve.

### REMERCIEMENTS ET SOURCES

**Frédéric Boyère**, responsable du service Travaux neufs et Entretien de Métropole Rouen-Normandie (voir le site [www.metropole-rouen-normandie.fr](http://www.metropole-rouen-normandie.fr)).

**Élisabeth Giro**t, responsable de la Communication et du Développement, **Jacques Ferrier**, **François Louis** et **Romain Maréchal**, Jacques Ferrier Architecture (24 rue Dareau, Paris 14<sup>e</sup>, [www.jacques-ferrier.com](http://www.jacques-ferrier.com)).

**Stéphane Wallet**, directeur délégué Bâtiment, et **Léon Taisne**, directeur de projet, à Sogeti Ingénierie (voir le site [www.sogeti-ingenierie.fr](http://www.sogeti-ingenierie.fr)).  
Crea, notice architecturale et fiche PIA « Ville de demain ».

### NOTES

1 Sogeti Ingénierie et son groupement ont reçu un trophée BIM d'argent dans la catégorie « Bâtiment de moins de 5 000 m<sup>2</sup> en neuf » pour le projet « Résidence Alizari – 30 logements label Bâtiment Passif (Passivhaus) à Malaunay, non loin de Rouen ».

2 En décembre 2014, le programme d'investissements d'avenir (PIA) « Ville de demain » retenait la fiche sur le groupement des services de Métropole Rouen Normandie afin d'en faire une vitrine pour l'écoquartier Flaubert,

cette « construction emblématique devant conférer à l'ensemble du projet d'écoquartier sa crédibilité ».

3 La communauté d'agglomération Rouen-Elbeuf-Austreberthe (Crea) est devenue Métropole Rouen-Normandie le 1<sup>er</sup> janvier 2015. Elle regroupe 71 communes totalisant 495 000 habitants.

4 La ventilation double flux étant incluse en base pour le respect de la RT 2012.

# ||.| Construction d'une crèche en ossature bois sur un site contraint, à proximité d'un bâtiment classé

Construction d'une crèche municipale en ossature bois de 60 berceaux. Le bâtiment joue avec la pente et les contraintes du terrain (zone inondable), en contrebas du Pavillon Baltard à Nogent-sur-Marne (Val-de-Marne).

<b>Surface de l'opération</b>	770 m <sup>2</sup> utiles
<b>Localisation</b>	4 avenue Charles V, Nogent-sur-Marne (Val-de-Marne)
<b>Livraison</b>	Septembre 2014
<b>Maître d'ouvrage</b>	Ville de Nogent-sur-Marne
<b>Architecte</b>	Joël Malardel, Altana Architectures, Bourg-la-Reine (Hauts-de-Seine)
<b>BET Thermique Fluides et CEPH</b>	François Bourmaud, Amoès, Asnières-sur-Seine (Hauts-de-Seine)
<b>Matériaux</b>	Ossature bois (sauf dalle basse et fondations) et laine minérale puis bardage bois
<b>Ventilation</b>	VMC double flux avec batteries chaudes
<b>Chauffage</b>	Chauffage par air, chaudière gaz 26 kW
<b>ECS</b>	Panneaux solaires thermiques et appoint chaudière gaz
<b>Type de marché</b>	Entreprise générale
<b>Coût de construction</b>	2 930 000 € HT (hors désamiantage et démolition)
<b>Distinction</b>	Label Bâtiment Passif (Passivhaus) le 20 novembre 2015

## Performances énergétiques

<b>Besoin de chaleur pour le chauffage</b>	14,5 kWh/(m <sup>2</sup> .an)
<b>Consommation d'énergie primaire tous usages</b>	119 kWh/(m <sup>2</sup> .an) (hors sèche-linge professionnel) ; 126 kWh/(m <sup>2</sup> .an) avec sèche-linge professionnel
<b>Puissance de chauffe</b>	11,9 W/m <sup>2</sup>
<b>Étanchéité à l'air</b>	n50 = 0,59 vol/h





**Une crèche au pied du Pavillon Baltard de Nogent-sur-Marne conçue par Altana Architectures**  
(crédit photo : Altana Architectures)

■ CONTEXTE ET CAHIER DES CHARGES

La crèche a été construite sur un terrain de 835 m<sup>2</sup>, de 30 % inférieur aux besoins réels d'un équipement de 770 m<sup>2</sup> utiles devant accueillir 60 enfants (accès, jardins...).

Situé au pied du Pavillon Baltard (qui abritait autrefois les Halles centrales de Paris), le projet était soumis à l'approbation de l'architecte des bâtiments de France (ABF). De plus, le plan local d'urbanisme (PLU) imposait un retrait de 4,5 m par rapport aux limites latérales, ou de 8 m en cas de vues.

Enfin, le plan de prévention des risques d'inondations (PPRI) a imposé la surélévation du rez-de-chaussée de 1 m par rapport à la rue ; le projet comporte ainsi des fondations profondes avec des micropieux à 21 m.

Néanmoins, ces contraintes se sont révélées être aussi des atouts. Ainsi :

- l'orientation du terrain plein sud a incité à insérer le projet dans la pente, les retraits permettant de créer une ruelle latérale de distribution, laquelle a permis d'extraire du volume de l'enveloppe les annexes non chauffées (local poussettes, local technique) ;
- la surélévation préserve l'intimité.

Le programme lancé par la ville de Nogent-sur-Marne visait la construction d'un bâtiment à ossature bois de niveau BBC pour la performance énergétique, la pose de panneaux photovoltaïques offrant la possibilité d'obtenir un bilan énergétique équilibré dans le futur.

Retenus à l'issue d'un appel à projets, l'architecte Joël Malardel (Altana Architectures) et le thermicien François Bourmaud (bureau d'études thermiques Amoès) ont proposé, lors de l'esquisse, de réaliser un bâtiment passif et de le faire labelliser. Ce pari a été accepté par la maîtrise d'ouvrage (collectivité).



**Le projet dans la continuité du Pavillon Baltard**

(source : Altana Architectures)

**COUPE DU TERRAIN 1/200e**



**Coupe du bâtiment soulignant la surélévation de 1 m avec des micropieux pour intégrer le risque d'inondation**

(source : Altana Architectures)

## CONCEPTION ARCHITECTURALE ET ÉNERGÉTIQUE

La première contrainte de ce projet a été celle du terrain : la pente a en effet amené les concepteurs à proposer un bâtiment sur trois niveaux permettant à la fois d'optimiser les apports solaires et de créer des espaces extérieurs pour les enfants. Les trois toitures en pente descendent graduellement vers l'avenue en contrebas, devenant un élément architectural essentiel.

Le faîçage maximal imposé par la réglementation urbaine et le niveau du plancher le plus bas imposé par les contraintes du PPRI prennent « en sandwich » le bâtiment. Les hauteurs sous plafonds sont donc très limitées et l'intégration des gaines de ventilation a constitué un vrai défi, avec par endroit un faux plafond en courbes permettant d'optimiser le plénum avec des hauteurs variables.



Un bâtiment en ossature bois au pied du Pavillon Baltard de Nogent-sur-Marne (crédit photo : SAS Briand)



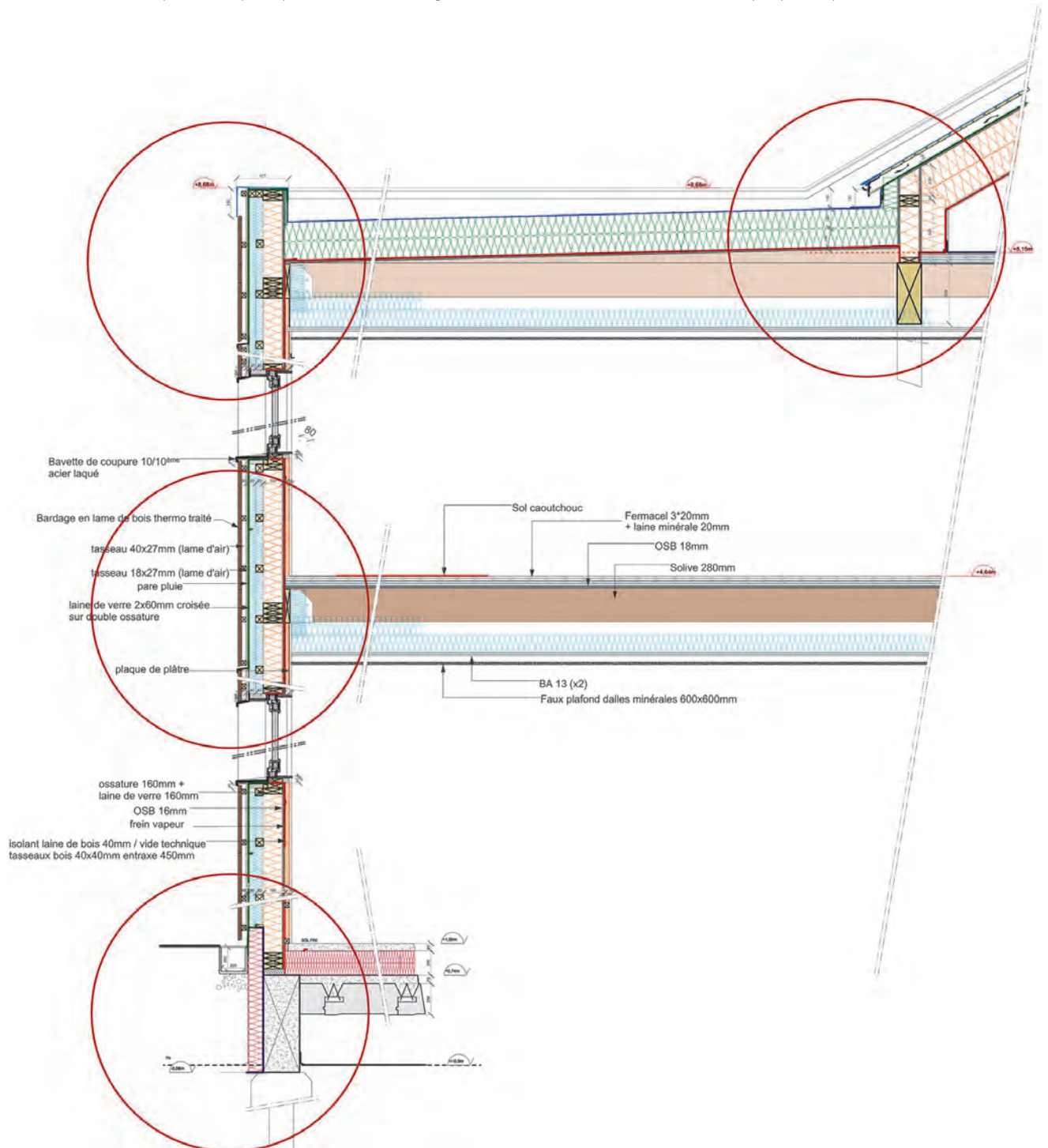
Plan du rez-de-chaussée (source : Altana Architectures)



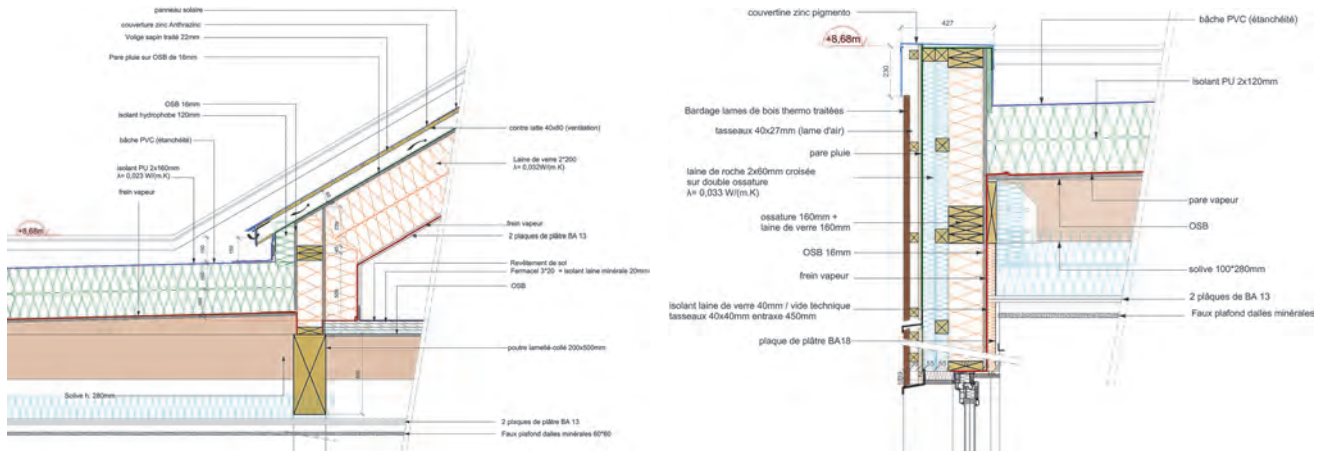
Le parti pris architectural (source : Altana Architectures)

Le bâtiment est en ossature bois de 160 mm d'épaisseur, doublée en extérieur de deux fois 55 mm de laine minérale croisée, puis d'un pare-pluie et d'un bardage ventilé.

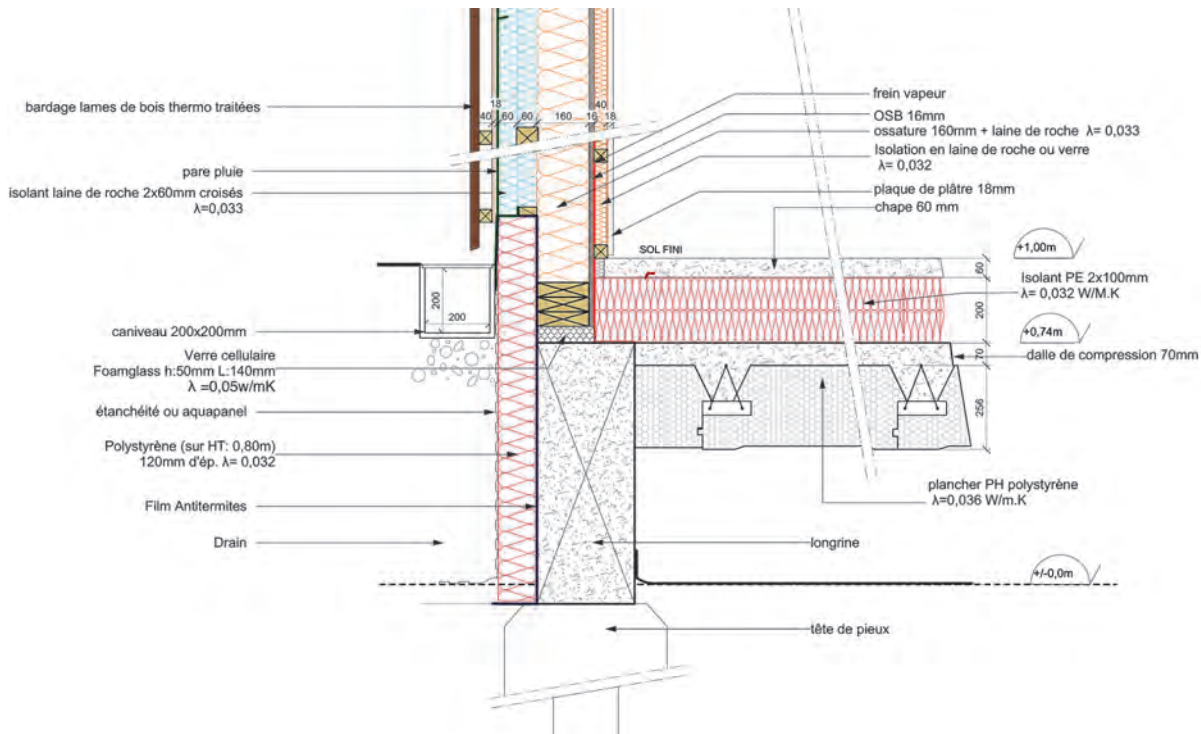
En intérieur, il comporte un frein-vapeur mis en place sur l'OSB, doublé d'un vide technique avec 40 mm de laine de verre et, en finition, d'une plaque de plâtre de 18 mm.



**Coupe sur mur ossature bois**  
(source : Altana Architectures)



Détails techniques : raccordement toiture-terrasse/comble puis plancher intermédiaire (source : Altana Architectures)



Détail du pied de mur (source : Altana Architectures)

Pour assurer la stabilité au feu exigée de 1 h, les ossatures bois ont été doublées et les isolants en laine minérale ont été choisis pour leur résistance au feu. La forme complexe du bâtiment amène un développé de murs de 15 % supérieur à celui d'un bâtiment « classique » et environ 60 ponts thermiques à traiter. À l'exception du niveau bas sur maçonnerie (poutrelles hourdis avec polystyrène et 200 mm d'isolant complémentaire sous chape), les planchers sont traditionnels, en bois avec chapes sèches (Fermacell).

La charpente est isolée par 400 mm de laine de verre. Là encore, le frein vapeur est positionné sur une surface rigide entre les deux couches de plaques de plâtre coupe-feu. Les menuiseries extérieures ont été positionnées selon l'orientation des façades, en termes de surface et de qualité. Ce sont des profils Rehau en fibre de carbone labellisés PHI. La rigidité de ces profils permet de minimiser les montants au profit du vitrage. Les vitrages sud et ouest sont protégés par des volets qui se relèvent en casquette et font alors office de brise-soleil. Ils participent également à l'esthétique générale du bâtiment (cf. photo).



**Un bâtiment en ossature bois : le chantier en décembre 2013 puis en mai 2014**  
 (crédit photo : SAS Briand, entreprise générale)



**La salle d'activité des grands au sud (à gauche) et la salle de jeux d'eau (à droite)**  
 (crédit photo : Altana Architectures)

### Étanchéité à l'air

L'enveloppe étanche à l'air avait été prévue tout autour du bâtiment du côté chaud. Malheureusement, lors de la mise en œuvre des planchers bois, l'entreprise avait oublié de mettre en place la membrane d'étanchéité en périphérie du

plancher, ce qui a obligé à modifier la position de la barrière étanche à l'air, laquelle est passée du côté intérieur et pour chaque pièce. L'une des conséquences a été la nécessité de traiter tous les percements des accroches (pour le lot CVC<sup>2</sup>) en plafond... (test final d'étanchéité :  $n_{50} = 0,59$  vol/h).

### CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Éléments d'enveloppe	Matériaux/isolant	Épaisseur de l'isolant (mm)	Coefficient $U$ paroi ( $W/(m^2.K)$ )
Façades extérieures	45 mm laine de verre $\lambda = 0,041$ + OSB + 160 mm laine de verre $\lambda = 0,033$ + 2 couches de 60 mm laine de verre $\lambda = 0,041$	325	0,122
Plancher bas et terre-plein	Chape + 200 mm XPS SL Artic de Efyos $\lambda = 0,029$ + 256 mm entrevous PSE de Knauf $\lambda = 0,053$	456	0,083
Toiture	Efigreen Duo $\lambda = 0,023$ + OSB + laine de verre $\lambda = 0,040$	390	0,074
Menuiseries	Menuiseries triple vitrage ( $U_g = 0,5$ W/K/m <sup>2</sup> ) avec cadre en fibre de verre/PVC ( $U_f = 0,68$ W/K/m <sup>2</sup> ) ou en aluminium ( $U_f = 0,98$ W/K/m <sup>2</sup> )		$U_w$ entre 0,79 et 1

Source : calcul PHPP, Amoès

### ÉQUIPEMENTS THERMIQUES

La production d'énergie est assurée par une chaufferie gaz (2 chaudières en cascade de 9 et 17 kW) permettant l'alimentation des batteries chaudes terminales (Spirec) et la fourniture d'eau chaude sanitaire.

Elle est complétée par une installation solaire thermique pour la production d'ECS et une installation photovoltaïque. Ces dernières sont toutes deux intégrées à la toiture.

L'émission de chaleur est faite grâce à la ventilation et aux batteries d'eau chaude terminales. Un radiateur est prévu dans la cage d'escalier pour compenser les déperditions statiques.

Enfin, la chaufferie alimente aussi des jeux d'eau pour les enfants (eau à 25 °C).

### Chauffage

Le chauffage d'une crèche exige la mise en place d'un zonage avec des zones homogènes de 100 à 125 m<sup>2</sup>, dont certaines sont à usage continu et d'autres à usage intermittent. Pour certaines zones, la batterie chaude suffit ; pour d'autres, il faut un émetteur d'appoint (par exemple un panneau rayonnant posé dans la salle de repos de la grande section et un radiateur vertical dans la cage d'escalier très déperditive).

Les batteries chaudes sont dimensionnées afin de souffler de l'air à une température comprise entre 25 et 33 °C (toujours inférieure à 35 °C pour assurer une bonne diffusion de l'air). Les débits d'air varient aussi selon les zones (de 90 à 300 m<sup>3</sup>/h). Le dimensionnement des batteries chaudes doit assurer une puissance d'émission suffisante (occupation et relance), des pertes de charge aérauliques et hydrauliques



Des panneaux solaires et photovoltaïques intégrés à la toiture  
(crédit photo : Altana Architectures)

raisonnables et un régime d'émission assez bas pour garantir la condensation dans la chaudière (retour < 40 °C).

Le chauffage est arrêté la nuit avec une consigne de chauffage de 17 °C, évitant ainsi les relances répétées des ventilateurs et une surconsommation d'électricité. Un système de régulation performant doit assurer la relance. Le système de régulation des chaudières a dû être complété par un thermostat indépendant asservi par une sonde d'ambiance intérieure pour assurer le ralenti en période d'inoccupation et la relance.

### Eau chaude sanitaire

Une crèche nécessite de nombreux points de puisage d'eau chaude multipliant les boucles et, par conséquent, les pertes thermiques. Le rendement final d'une installation peut être inférieur à 50 % (énergie utile/consommation). Sur les trois niveaux de la crèche, 32 points de puisage d'eau chaude ont été mis en place (et 49 points d'eau froide) correspondant à un besoin estimé à 730 litres d'eau chaude à 60 °C par jour.

La solution technique retenue est une production gaz et solaire centralisée et une distribution avec bouclage (après optimisation des longueurs de réseau).

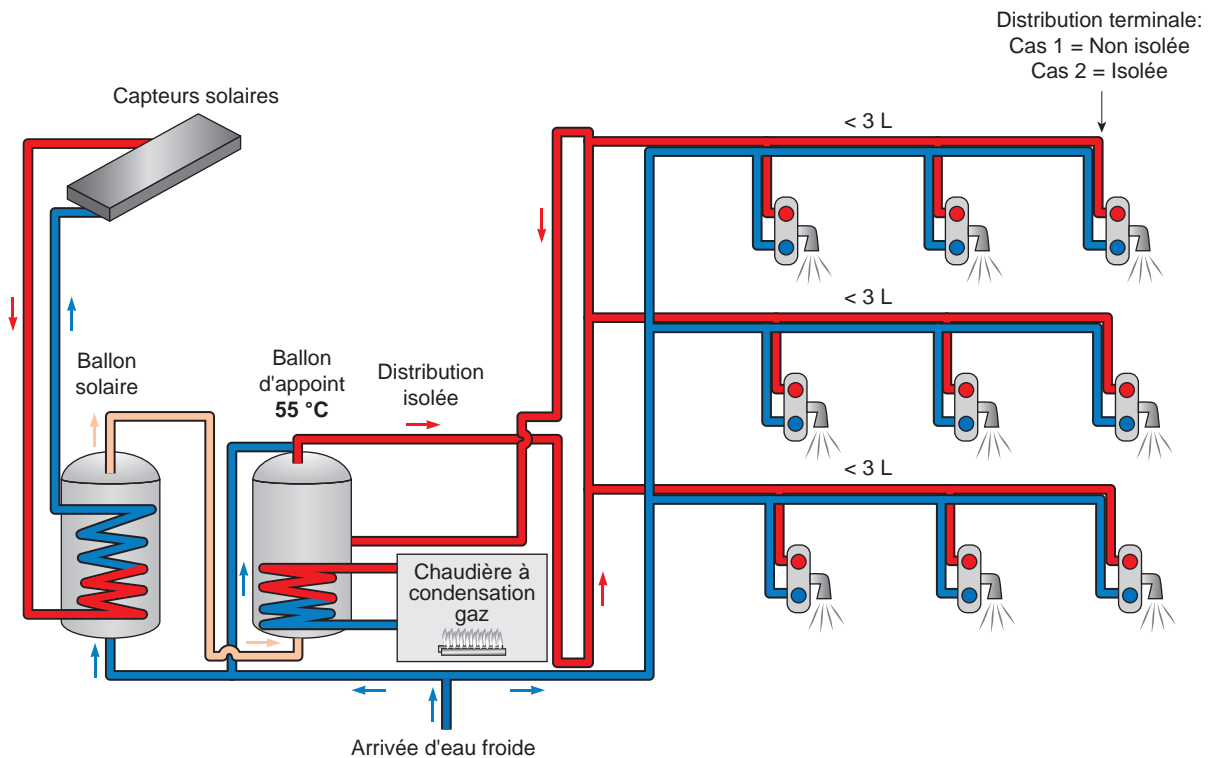
La consommation d'énergie est estimée à 21 kWhep/m<sup>2</sup> et par an.

L'équipe projet n'a pas jugé utile de calorifuger la distribution terminale. Ce choix est issu d'une analyse de l'usage de l'eau chaude par les puéricultrices : il y a en moyenne 10 puisages relativement longs par jour, étalés dans la journée. Or, l'isolation d'une distribution terminale ne conserve la chaleur que 42 minutes en moyenne : le nombre de puisages est insuffisant pour justifier l'isolation de la distribution terminale.

La centrale de traitement d'air (VMC double flux centralisée) se situe au deuxième étage, au centre du bâtiment, afin de permettre une meilleure distribution du réseau de ventilation.

### PERFORMANCES THERMIQUES

Une campagne de mesure a été réalisée afin d'accompagner l'entreprise dans la mise au point des installations, d'assister la levée des réserves et de permettre un suivi des installations en fonctionnement et du confort. Au total, une quarantaine de capteurs ont été posés dans la crèche et dans le local technique, mesurant les températures ambiantes des pièces, la température extérieure et celle des sas d'entrée, les températures d'eau des batteries de chauffage et des panneaux rayonnants, les températures de soufflage de l'air neuf...



Circuit de production et de fourniture de l'eau chaude sanitaire (source : François Bourmaud, Amoès)



### Confort d'hiver, confort d'été

En hiver, les températures effectives sont satisfaisantes et confortables, notamment quand on observe les températures ambiantes effectives pendant la semaine la plus froide de l'année :

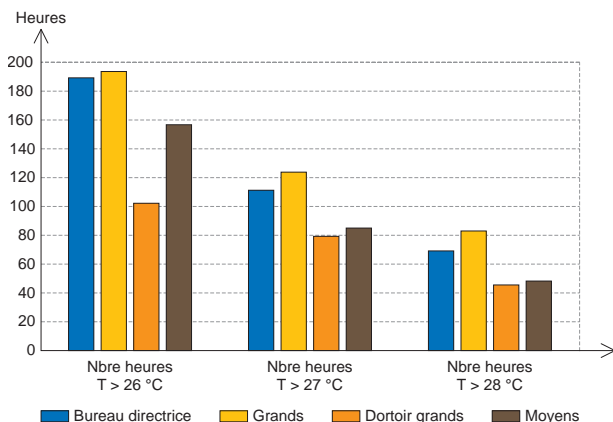
- entre 19 et 21 °C dans la salle des moyens ;
- entre 19 et 22 °C dans le bureau de la directrice ;
- entre 18 et 19 °C dans le dortoir des grands (valeur satisfaisante pour dormir).

Une difficulté de chauffage persiste à la relance du chauffage dans la pièce d'éveil des grands les jours de grand froid. Cela est vraisemblablement dû à l'emplacement du thermostat utilisé pour le réduit de nuit. Ce thermostat est à déplacer dans la pièce d'éveil des grands afin d'y assurer une température minimale de 17 °C hors occupation.

En fin de compte, la température moyenne dans le bâtiment en hiver est de 20,7 °C en occupation et de 20,3 °C en dehors de ces périodes.

Les températures dans le bâtiment ne sont pas aussi homogènes que prévu. Les écarts de température entre les pièces avoisinent ainsi les 5 °C au lieu des 2 à 3 °C attendus. L'influence de la faible compacité du bâtiment et de la grande surface vitrée dans la zone des grands du rez-de-chaussée pèse en effet davantage que prévu.

Pour son premier été, la crèche a connu un épisode caniculaire (juillet-août 2015). Sur toute la période estivale, les températures sont restées inférieures à 32 °C, malgré des températures maximales extérieures entre 35 et 40 °C en juillet-août 2015. Le graphe ci-après représente le nombre d'heures d'inconfort. L'objectif du standard Passif – T > 26 °C moins de 10 % du temps d'occupation, soit ici 190 heures – est tout juste respecté, ce qui est satisfaisant compte tenu de la faible inertie du bâtiment et de sa forte densité d'occupation.



Nombre d'heures d'inconfort pendant la canicule de juillet-août 2015 (source : Amoès)

### Consommation d'énergie réelle

#### Consommation d'énergie primaire (EP)

Années	Consommation (kWhEP/(m <sup>2</sup> .an))	
	Chauffage	Total
2015	16	142 (sans PV)
2016	17,7	152 (sans PV)

#### Synthèse du suivi des consommations d'énergie les deux premières années (source : Amoès)

	Coefficient EP/EF	Consommation (kWhEP/m <sup>2</sup> .an)		
		Objectif	Année 1	Année 2
Gaz	1,1	47,8	47,8	53,0
– Chauffage	1,1	17,7	16,0	17,7
– ECS	1,1	30,1	31,9	35,3
Électricité	2,6	78,1	93,8	98,8
<b>Total énergie (hors PV)</b>		<b>126</b>	<b>142</b>	<b>152</b>
Production PV	– 1,9	– 55,5	– 49,4	– 46,8
<b>Total énergie (avec PV)</b>		<b>70</b>	<b>92</b>	<b>105</b>
Couverture PV en énergie finale (EF)		97 %	72 %	65 %

EP = énergie primaire ; EF = énergie finale ; PV = photovoltaïque

### Consommation d'eau

#### Synthèse du suivi des consommations d'eau les deux premières années (source : Amoès)

	Consommation (m <sup>3</sup> .an/enfant)		
	Objectif	Année 1	Année 2
Eau froide	7,6	9,6	9,8
ECS, dont :	3,8	4,5	2,8
– buanderie et divers (biberonnerie, sanitaires...)	1,1	2,9	1,2
– cuisine	0,6	0,8	0,7
– enfants	1,9	0,8	0,8
– jeux d'eau	0,2	0,0	0,1

**Synthèse**

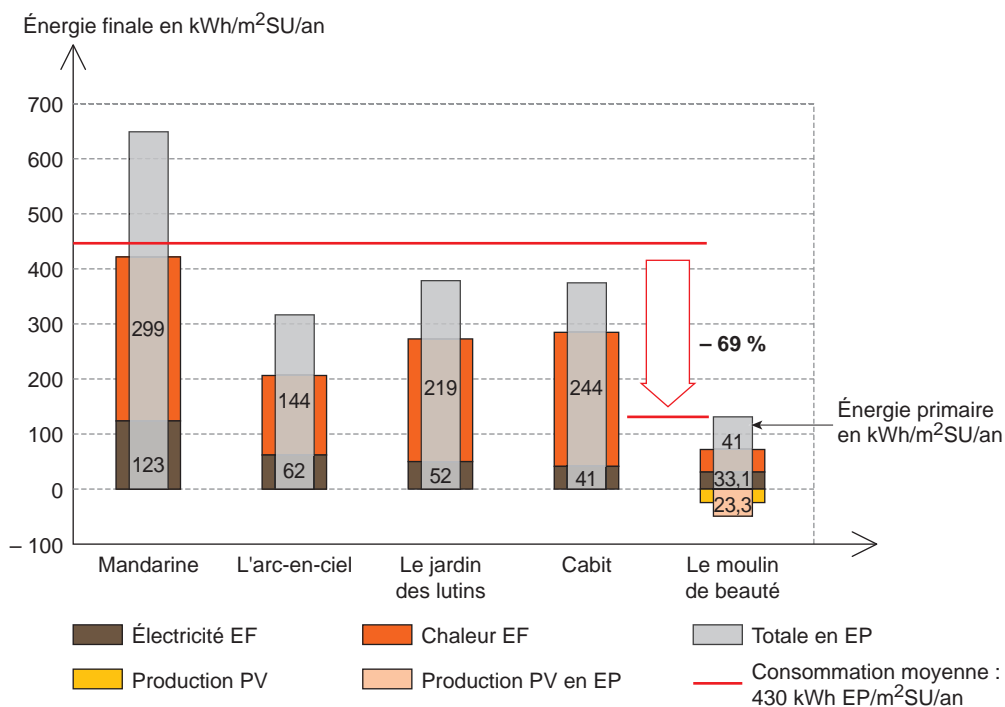
Par comparaison avec les autres crèches de la ville, les consommations ont été divisées par 2 pour l'eau et l'électricité et par 5,5 pour le gaz (cf. schéma ci-après). Cela correspond à une réduction de 70 à 80 % des consommations en énergie primaire, selon que l'on prend en compte ou non le photovoltaïque.

On estime l'économie financière annuelle liée aux faibles consommations entre 28 000 € et 30 000 € par rapport aux autres crèches. Une étude détaillée permettrait d'évaluer la

rentabilité sur le long terme de la solution passive : surinvestissement initial, coût P1, P2 et P3.

D'après différents échanges avec les occupants, la crèche est appréciée et confortable, malgré le manque d'efficacité de la relance du chauffage dans la pièce d'éveil des grands.

Le confort d'été doit être suivi pour plusieurs périodes de forte chaleur. Enfin, le confort peut être amélioré en optimisant la régulation de l'échangeur à roue de la CTA double flux et en installant une ventilation naturelle la nuit.



**Bilan des consommations énergétiques :**  
**comparaison du Moulin de beauté avec d'autres crèches de la commune**  
 (source : François Bourmaud, Amoès)



**Volets en casquette pour le confort d'été**  
 (crédit photo : Altana Architectures)

## MANAGEMENT DU PROJET

La complexité des volumes et la recherche de la labellisation ont amené l'équipe de maîtrise d'œuvre à joindre les schémas de détail lors de l'appel d'offres des entreprises. Quelques-uns de ces schémas ont dû être complétés et repris après certains choix des entreprises. Au total, une soixantaine de ponts thermiques a été identifiée, et ceux-ci

ont été étudiés et traités en phase chantier. Laisser ce travail sous la seule responsabilité de l'entreprise générale est apparu trop hasardeux puis impossible ; aussi, une mission complémentaire a été négociée par la maîtrise d'œuvre pour assurer l'objectif de la labellisation.

### PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS DE L'OPÉRATION

Le Passif est possible malgré « une architecture riche de détails et de complexité dans un cadre réglementaire contraignant » (Joël Malardel, Altana Architectures).

Du fait des nombreuses contraintes, ce projet complexe n'a cessé d'évoluer pendant les phases de conception. Il a toutefois pu conserver sa richesse architecturale

grâce à un engagement personnel très important de la maîtrise d'œuvre (notamment le thermicien) et de l'entreprise responsable de la ventilation<sup>3</sup>.

Quant à la collectivité, elle réduira ses coûts de fonctionnement (de l'ordre de 30 000 euros par an) pendant de nombreuses années.



**Une réelle qualité architecturale malgré des contraintes multiples (pente du terrain, risque d'inondation...)**  
(crédit photo : Altana Architectures)

### REMERCIEMENTS ET SOURCES

Joël Malardel, Altana Architectures, Bourg-la-Reine (Hauts-de-Seine), [www.altana-architectures.fr](http://www.altana-architectures.fr).

François Bourmaud, Amoès, Asnières-sur-Seine (Hauts-de-Seine), [www.amoes.com](http://www.amoes.com).

Le Bail (Florence), « Conception d'une crèche passive à Nogent-sur-Marne », Congrès Passi'bat 2013, p. 10.

Le Bail (Florence), « Chantier et instrumentation de la première année d'une crèche passive à Nogent-sur-Marne », Congrès Passi'bat 2016, p. 319.

### NOTES

1 *Oriented strand board*, panneau de lamelles de bois en plusieurs couches (le plus souvent 3).

2 Chauffage, ventilation et climatisation.

3 Celui-ci a été chiffré à hauteur de 45 000 € pour Amoès comme pour l'entreprise responsable de la ventilation.

# BÂTIMENTS PASSIFS TERTIAIRES

## CONCEVOIR, CONSTRUIRE ET RÉHABILITER

**À l'aune de la transition énergétique, construire ou réhabiliter au standard passif est l'enjeu de demain.**

Aujourd'hui, construire passif est une réalité : en périphérie de Nantes, à Carquefou, un écoquartier entier est sorti de terre sous l'impulsion des pouvoirs publics ; à Rennes, le passif est désormais inscrit dans le plan local de l'habitat (2016). En outre, à partir de 1 000 m<sup>2</sup>, il ne génère plus aucun surcoût et permet même de réaliser d'importantes économies.

La conception d'un bâtiment passif repose sur le concept de construction très basse consommation : l'utilisation de l'apport de chaleur « passive » du soleil, des occupants et des équipements, une très forte isolation thermique (murs, fenêtres, etc.), l'absence de ponts thermiques, une étanchéité à l'air optimisée ainsi que le contrôle de la ventilation suffisent à répondre aux besoins de chauffage et de climatisation.

*Bâtiments passifs tertiaires* fournit les clés et rassemble les recommandations nécessaires à une conception et à une réalisation de bâtiments passifs réussis ; il détaille les techniques permettant d'y parvenir de même que les outils, labels, modes de conception et usages adaptés pour maîtriser au mieux les performances énergétiques et les coûts.

Richement illustré, il décrit, selon une approche à la fois socioéconomique, architecturale et technique, une trentaine de réalisations – immeubles de bureaux, hôtels, commerces, restaurants, écoles, centres culturels, piscines, etc. Ainsi, chaque opération fait l'objet :

- d'une analyse détaillée du contexte et du cahier des charges ;
- d'une synthèse de la démarche conceptuelle et énergétique ;
- d'une description des caractéristiques de l'enveloppe et des équipements thermiques ;
- d'une présentation du suivi énergétique, de l'analyse des coûts et du point de vue des usagers.

La transition énergétique étant l'affaire de tous, cet ouvrage est destiné à l'ensemble des acteurs du bâtiment. Il a pour objectifs :

- d'inciter les collectivités locales à inscrire le passif dans leurs documents d'urbanisme ;
- d'encourager les maîtres d'ouvrage publics et privés à prescrire le standard passif dans leurs projets ;
- d'aider les équipes de maîtrise d'œuvre (architectes, ingénieurs...) grâce aux nombreux exemples de réalisation fournis ;
- de faire comprendre aux entreprises l'importance de la mise en œuvre pour la qualité du bâtiment ;
- d'engager les industriels à développer des produits performants.

### **Catherine Charlot-Valdieu**

est économiste et spécialiste en conception et évaluation des écoquartiers.  
Elle est responsable de l'association Suden pour la promotion du développement urbain durable.

### **Philippe Outrequin**

est expert des questions d'énergie et de développement urbain durable.  
Il a créé La Calade, un bureau de conseil et d'assistance en aménagement durable et stratégies énergétiques.

### **Partie 1 – L'architecture passive à l'aune de la transition énergétique**

Qu'appelle-t-on « passif » ? Une démarche pour le confort et la santé des usagers. Les outils du passif. Des labels pour accompagner et certifier. Un développement en pleine croissance à travers le monde.

### **Partie 2 – Une réalité passive pour le tertiaire**

Les enjeux énergétiques du secteur tertiaire en France. Les choix organisationnels et techniques de la démarche passive.

### **Partie 3 – Des réalisations exemplaires**

Bâtiments de bureaux. Commerces et supermarchés. Centres techniques. Établissements d'enseignement. Bâtiments d'hébergement. Équipements culturels, sportifs et de loisirs. Établissements sanitaires et sociaux.

### **Partie 4 – Quelles perspectives pour le passif en France ?**

L'intérêt du label Bâtiment Passif (Passivhaus). Une stratégie gagnant/gagnant et une démarche de développement durable. Des évolutions législatives et réglementaires favorables au passif. Une stratégie responsable qui prend de l'ampleur.

ISBN : 978-2-281-14148-1



EDITIONS  
**LE MONITEUR**

9 782281 141481