

« Partager ce que l'on sait  
et apprendre du savoir des autres »



## REPORTAGE CHANTIER



# Construction du groupe scolaire Julie Victoire Daubié à énergie positive Lyon (69)

\_\_\_ Zooms sur : \_\_\_\_\_

- l'enveloppe \_\_\_\_\_ p.7
- l'éclairage naturel \_\_\_\_\_ p.16
- les équipements techniques \_\_\_ p.18

Les témoignages - les détails constructifs - les photos de chantier

Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

Ce livret présente le reportage chantier sur le groupe scolaire Julie Victoire Daubié, réalisé par Ville et Aménagement Durable. Il a été établi sur la base de visites de site réalisées entre juillet 2011 et septembre 2013, puis d'échanges avec les différents acteurs du projet, en particulier : M. Manceau de la Ville de Lyon (maître d'ouvrage), MM. Guillot et Duranton de l'Atelier Didier Dalmas (architectes), M. Thollet de SNC-Lavalin (BET fluides/structure/économiste/QEB/CSSI), Mme Virly de Construire Propre (accompagnement démarche « Construire propre »), Mme Chaudron de Terre Eco (AMO QEB). Nous remercions l'ensemble de ces personnes pour leurs contributions au reportage. Les informations qu'il contient n'engagent en rien les acteurs du projet.

Crédit détails constructifs et perspectives architecte (sauf mention contraire) : Atelier Didier Dalmas architectes associés  
Crédit photos (sauf mention contraire) : VAD

## SOMMAIRE

FICHE D'IDENTITÉ DU PROJET	03
LE CHANTIER	04
LES GRANDS CHOIX DE CONCEPTION	05
ZOOM SUR :	
1) L'enveloppe	07
A. Etanchéité à l'air	
B. Façades	
C. Toiture	
D. Plancher bas	
E. Menuiseries	
2) L'éclairage naturel	16
A. Patio central	
B. Solartube	
3) Les équipements techniques	18
A. Chauffage	
B. Ventilation	
C. Suivi des consommations	

**LES REPORTAGES CHANTIER VAD** permettent de traiter une opération de construction ou de réhabilitation de bâtiments performants en phase mise en œuvre et de faire des zooms sur des phases spécifiques (pose des balcons désolidarisés, mise en œuvre de l'étanchéité à l'air, de l'isolation, etc.) du chantier. Ils sont illustrés par des photos de chantier, des plans et schémas techniques et complétés par l'expertise des acteurs du projet.



D'autres reportages seront réalisés par Ville et Aménagement Durable. N'hésitez pas à nous contacter si vous souhaitez nous informer d'un projet pouvant faire l'objet d'un reportage.

# FICHE D'IDENTITÉ DU PROJET

## GROUPE SCOLAIRE JULIE VICTOIRE DAUBIÉ



Le groupe scolaire Julie Victoire Daubié est destiné à recevoir 6 classes maternelles, 10 élémentaires, un restaurant scolaire, une salle de sport et un logement de fonction.

Le bâtiment fait l'objet d'une démarche environnementale globale, intégrant notamment un objectif de performance « Énergie Positive » tous usages. Il s'agit d'un prototype d'école à énergie positive pour la Ville de Lyon afin d'en dupliquer les résultats sur les futurs projets.

L'opération est lauréate de l'appel à projet PREBAT 2011.

### SURFACE :

3 817 m<sup>2</sup> SHON, 3 533 m<sup>2</sup> utiles.

### CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES ET ENVIRONNEMENTALES

**Structure :** 20 cm de béton.

**Isolation parois :** 2 x 14 cm de laine de verre + bardage pierre ou bois.

**Toiture :** Dalle béton isolée par l'extérieur par 24 cm de polyuréthane + toitures végétalisées pour la toiture terrasse, panneaux support caisson Béopan (17 cm, dont 14 cm d'isolant) + 22 cm de laine de verre en sous face pour la toiture rampante.

**Vitrages :** Châssis mixte bois/aluminium. Façade Nord : triple vitrage + volet roulant aluminium double paroi. Façades Est et Ouest : triple vitrage + brise-soleil orientables ou lames fixes verticales en bois. Façade Sud : double vitrage + BSO.

**Plancher bas :** Plancher chauffant béton isolé sur terre plein. Plancher sur sous-sol : isolant composite (PSE+laine de roche+parement fibrillithe).

### PERFORMANCES ÉNERGÉTIQUES

Ubât = 0,27 W/m<sup>2</sup>.K ;  
Ubât/Ubâtref = 48 % ;  
Cep = 35,85 kWh/m<sup>2</sup>.an ;  
C/Cref = 73,61%.

### ACTEURS DU PROJET

#### Maître d'ouvrage :

VILLE DE LYON, AMO QEB : TERRE ECO, AMO étanchéité à l'air : AVENIR BIOCLIMATIQUE

#### Equipe maîtrise d'œuvre :

Architecte : ATELIER DIDIER DALMAS ARCHITECTES ASSOCIÉS, BET fluides/structure/économiste/QEB/CSSI : SNC-LAVALIN, BET acoustique : ACOUPHEN, Architecte paysagiste : ATELIER ANNE GARDONI, BET Cuisines : ALTEC, OPC : IXANS, programmiste : BATI PROGRAMME, économiste programmiste : RBA, CSPS : DEKRA, Bureau de contrôles : BUREAU VERITAS

#### Entreprises :

Lot gros œuvre - terrassement - dépollution : LIMOGES REVILLON ; lot

charpente et bardage bois : VAGANAY, lot isolation par l'extérieur - bardage pierre : ROCAMAT, lot étanchéité - Couverture : ACEM, lot production photovoltaïque : TERRE D'ÉNERGIES, lot menuiseries extérieures : BERRIAT BATIMENT, lot serrurerie-métallerie - verrières : BIOMETAL, lot cloisons plâtrerie - faux plafonds - peinture : CORNEVIN, lot menuiserie intérieure - mobilier intérieur - signalétique : GUILLON, lot sols souples : AUBONNET, lot carrelage - faïence : SOL EQUIPEMENT SUD EST, lot équipement de cuisine : MARTINON, lot électricité courants forts et faibles : FPEL, lot génie climatique - installations sanitaires : CERNAUT, lot ascenseur : SCHINDLER, lot aménagements extérieurs - VRD - Espaces verts : DUC ET PRENEUF.

#### Traitement des ponts thermiques :

Acrotères isolés sur leurs 3 faces. Soubassements isolés sur 1 m de hauteur avec 80 mm de polystyrène extrudé.

**Étanchéité à l'air :** Suivi-accompagnement (réunion d'information, tests intermédiaires...).

**Ventilation :** Mécanique double flux avec récupérateur de chaleur, gestion des débits en fonction de l'occupation des locaux par sonde CO<sub>2</sub>.

**Chauffage :** PAC sur nappe phréatique. Emission planchers chauffants ou plafonds rayonnants. Radiateurs en appoint. Batterie chaude sur les centrales de traitement d'air pour préchauffage de l'air insufflé. Chauffage et ventilation du logement par système double flux avec pompe à chaleur intégrée.

### COÛTS

9 478 934 € (valeur septembre 2011).

**Rafrâichissement :** Free cooling via CTA.

**ECS :** Ballon couplé à une installation solaire (6 m<sup>2</sup> capteurs, type tubes sous vide) avec appoint par réchauffeur électrique pour l'office et le logement de fonction.

**Matériaux :** Sol de classe en caoutchouc, sol des circulations et du logement en carrelage, brise-soleil en bois (mélèze, douglas, red Cedar), peinture contenant moins d'1 g/L de COV, utilisation importante de bois avec Ecolabel (faux plafond intérieur et extérieur, habillage, rangement), béton lazuré (quand aspect correct).

**Autres :** 923 m<sup>2</sup> de panneaux photovoltaïques en silicium monocristallin, solartubes, récupération d'eau pluviale pour arrosage des espaces verts et potager, ensemble des robinets et des WC accessibles aux élèves équipé de détecteur de présence.

2011-2012 : Désamiantage, démolition  
dépollution

2012-2013 : Réalisation des travaux

2013-2015 : Suivi des consommations

JUILLET 2012



FÉVRIER 2013



JUILLET 2013



SEPTEMBRE 2014



Façades Ouest (photos 1, 3 et 6), Sud (photos 2 et 5), Nord (photo 4). Crédit photos 5 et 6 : architecte Atelier Didier Dalmas Architectes associés ; photo © Studio Erick Saillel



## LE PREMIER BÂTIMENT À ÉNERGIE POSITIVE DE LA VILLE DE LYON

« Les groupes scolaires représentent 50% des travaux de la Direction de la Construction de la Ville de Lyon. Le programme de ce groupe scolaire a été réalisé en 2009, sur la base d'un programme type prenant en compte les exigences de l'Education Nationale, du service éducation (connaissance du fonctionnement au quotidien d'une école) et du service des écoles de la Ville (surfaces, gestion des flux...). De ce fait, ce projet a mobilisé de nombreux partenaires : élus, services énergie, maintenance, éducation...

L'ambition était de réaliser un bâtiment expérimental allant plus loin que la réglementation thermique de l'époque (RT 2005), en visant l'énergie positive. Il s'agit d'ailleurs du premier bâtiment scolaire à énergie positive de la Ville.

Nous avons passé un marché avec un programmiste associé avec un AMO QE. Ce programme fixait un double objectif

énergétique :

- être à énergie positive sur les usages réglementaires en énergie primaire
- être à énergie positive sur tous les usages en énergie finale.

Un niveau de consommation réglementaire faible, à savoir 35 kWhep/m<sup>2</sup>/an, permettait de s'assurer de la bonne performance du bâtiment, indépendamment de la surface de panneaux photovoltaïques. Le programme intégrait d'autres critères environnementaux concernant le choix des matériaux, le confort acoustique, les critères de qualité de l'air intérieur. A ce titre, nous pouvons citer par exemple l'emploi de peintures émettant moins de 1 g/l de COV ainsi que des débits de ventilation à 18 m<sup>3</sup>/h.pers supérieurs au volume réglementaire de 15 m<sup>3</sup>/h.pers.

A l'issue du concours de maîtrise d'œuvre, le projet retenu proposait la meilleure réponse du point de vue

architectural et fonctionnel. Il était également le plus à même de respecter les contraintes énergétiques - en particulier il s'agissait d'un bâtiment compact - tout en proposant des « plus » en terme de fonctionnement. Le patio par exemple était intéressant du point de vue des consommations énergétiques et de l'usage. Ce projet-vitrine permettait également d'expérimenter différentes techniques : pompe à chaleur, toiture végétalisée, triple vitrage, solartube...

Nous n'avons pas souhaité viser une certification ou un label. En revanche, le projet est lauréat de l'appel à projet régional PREBAT et une analyse de cycle de vie a été réalisée par le CETE.

A noter enfin que ce projet représente 62 mois de contrat d'insertion professionnelle. »

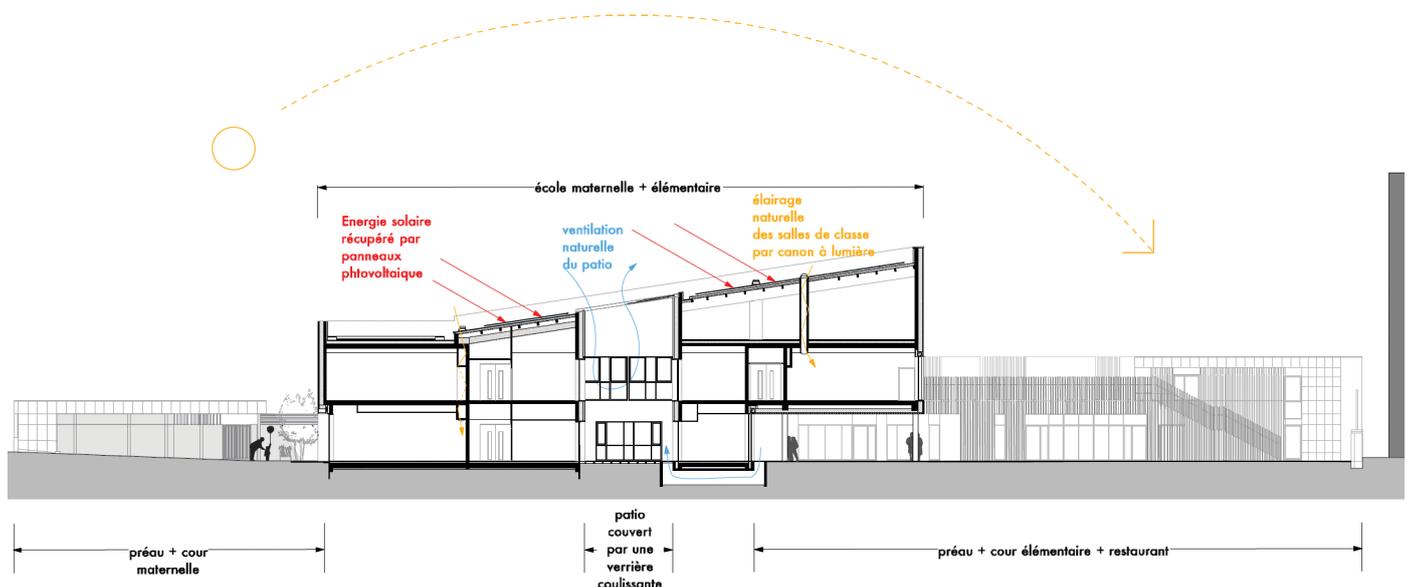
M. Manceau – VILLE DE LYON

## STRATÉGIE DE CONCEPTION

L'objectif est de réaliser un bâtiment exemplaire et reproductible, tenant compte des particularités du site, des conditions climatiques, des ressources

et des savoir-faire locaux. La conception aboutit à un bâtiment réduisant au maximum ses besoins par un travail sur la compacité et sur une enveloppe per-

formante, une maîtrise des ponts thermiques et une exploitation des apports solaires.



La position centrale du bâtiment sur la parcelle permet de différencier les 2 cours : maternelle au Sud et élémentaire au Nord. Le site étant contraint, la cour élémentaire se situe à la fois en RDC et au R+1 sur la toiture de la salle de sport.

Les différentes entrées : logement gardien et service, cuisine, primaire et maternelle sont dissociées.

A l'intérieur du bâtiment, les salles de classes sont disposées un maximum en façade Sud tandis que les pièces administratives sont situées en façade Nord.

Au RDC se situent :

- L'accueil et l'entrée.
- Les salles de classe maternelles, d'évolution, de repos.
- Les bureaux administratifs.
- La salle de sport.
- Le restaurant scolaire.

Au R+1 se situent :

- Les salles de classe élémentaires.

taires.

- Le local médical et de l'assistante social.
- La salle de sport indépendante en terme d'accueil.
- Le CDI.
- La salle plurivalente.
- La salle informatique.

Les différents espaces sont différenciés par des couleurs propres à chaque usage : en bleu, l'élémentaire, en vert, la maternelle et en orange, les communs.

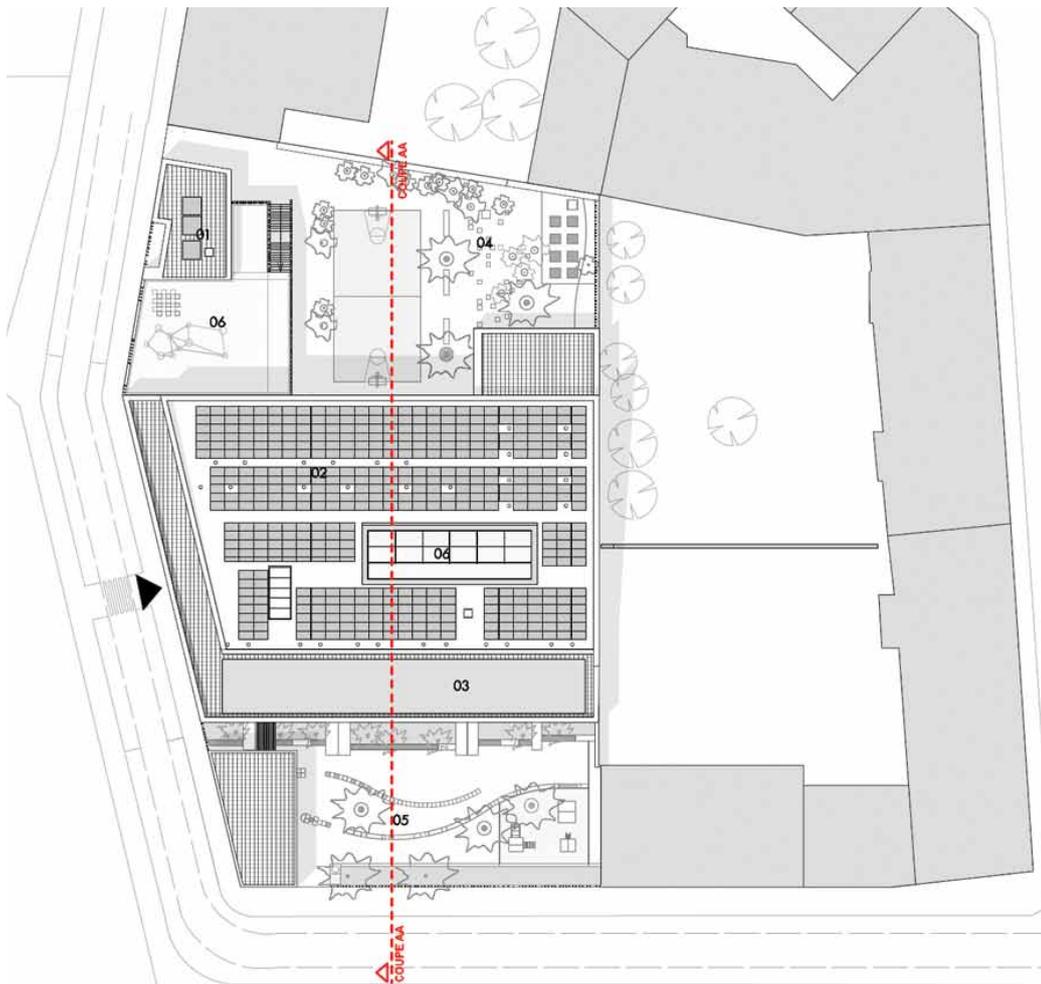
Un patio central joue le rôle d'espace tampon et ludique, et permet l'apport de lumière naturelle au centre du bâtiment.

Un logement gardien au Nord est composé :

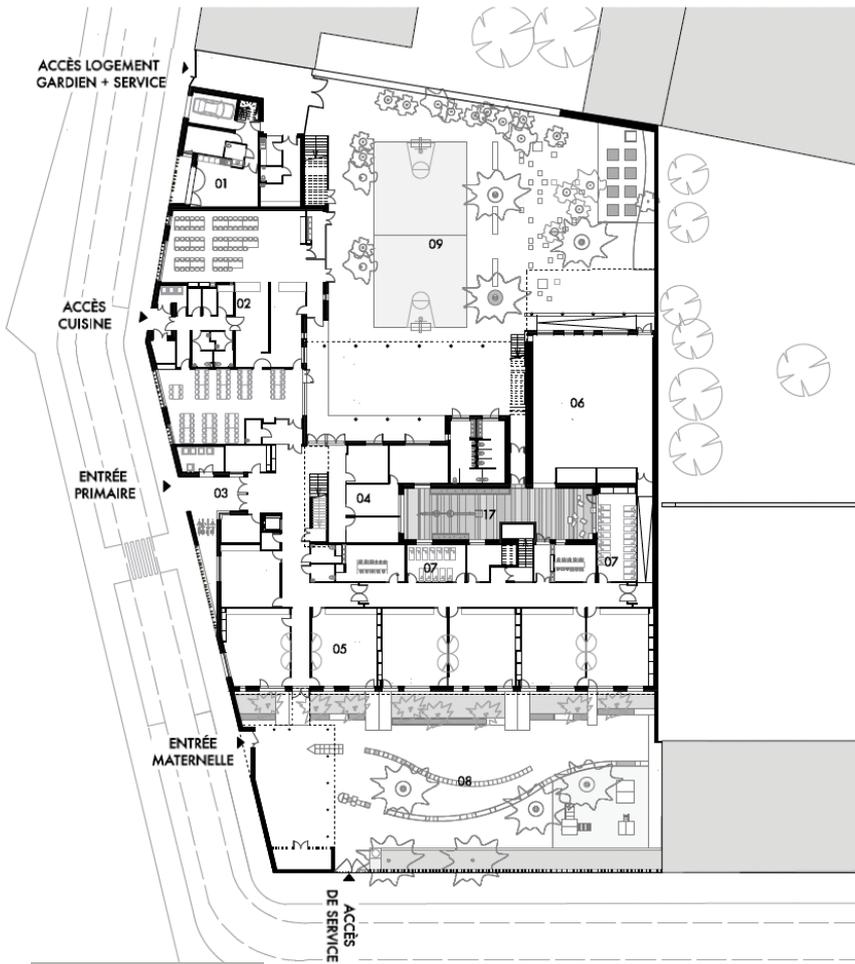
- D'une petite terrasse sur rue.
- Au RDC, d'un salon, d'une salle de bain et d'une chambre.
- A l'étage, d'un local technique, d'une cuisine et de 2 chambres.



Salle de sport (en haut) et restaurant élémentaire (en bas). Crédit photos : architecte atelier Didier Dalmas architectes associés ; photo © Studio Erick SAILLET

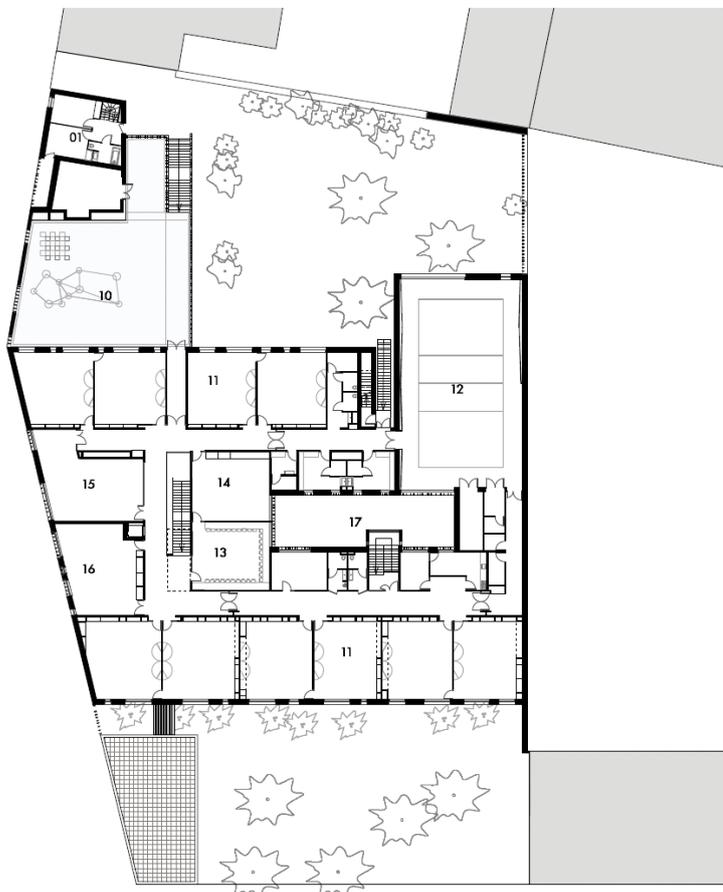


- 01. Logement du gardien
- 02. Toiture panneaux photovoltaïques
- 03. Toiture terrasse végétalisée
- 04. Cour élémentaire
- 05. Cour maternelle
- 06. Cour haute élémentaire
- 07. Verrière coulissante



Plan RDC

- 01 . Logement du gardien
- 02 . Restaurant scolaire
- 03 . Accueil-Entrée
- 04 . Administration
- 05 . Salle de classe
- 06 . Salle d'évolution
- 07 . Salle de repos
- 08 . Cour maternelle
- 09 . Cour élémentaire
- 17 . Patio



Plan R+1

- 01 . Logement du gardien
- 10 . Cour supérieure élémentaire
- 11 . Salle de classe
- 12 . Salle de sport
- 13 . Salle informatique
- 14 . Salle d'activité
- 15 . CDI
- 16 . Salle plurivalente



## UNE DÉMARCHE DE QUALITÉ ENVIRONNEMENTALE GLOBALE

Des simulations thermiques dynamiques ont permis de justifier l'atteinte des objectifs fixés en terme de consommation et de vérifier le niveau de confort d'été. Cette modélisation a été exigée dès la phase concours.

*« Le maître d'ouvrage souhaitant que le bâtiment soit très performant, un rendu concours sur APS et non pas en phase esquisse a été demandé pour valider que celui-ci était bien en énergie positive. Sur ce projet, le maître d'ouvrage est très présent et réactif et la démarche de qualité environnementale est portée par tous. »*

M. Thollet - SNC-LAVALIN

La stratégie de conception peut être résumée ainsi :

- Réduction des consommations énergétiques :
  - gestion des orientations en termes de traitement différencié des façades
  - équipement de ces dernières de protections solaires efficaces et adaptées
  - mise en place de système de modulation lumineux
  - isolation extérieure des parois de façon à réduire au maximum tout pont thermique
  - ventilation double-flux avec récupération des calories sur l'air extrait
  - prise en compte des apports passifs internes et externes
  - recours raisonné aux énergies renouvelables (solaire thermique et photovoltaïque).

- Réduction des impacts environnementaux de l'opération sur toute sa durée de vie :
  - dispositions précédentes pour son exploitation (réduction des émissions polluantes, CO<sub>2</sub>, etc.)
  - choix des principaux matériaux de construction et procédés constructifs à faibles impacts environnementaux (fabrication, mise en œuvre, entretien et fin de vie)
  - organisation d'un chantier à faibles nuisances.

Les performances attendues en termes de qualité de réalisation :

- Performance de l'isolation et de l'étanchéité à l'air des parois.
- Impact sur la santé des différents produits utilisés et des traitements préconisés (huiles de décoffrage, peintures, lasures, vernis, colles etc.).
- Respect des principes du chantier à faibles nuisances (réduction, tri et traitement approprié des déchets, comportements respectueux de l'environnement, propreté générale du site, planification des phases bruyantes etc.).

### Un bâtiment à énergie positive tous usages

La figure ci-dessous présente le bilan de consommation, mettant en évidence l'objectif atteint de bâtiment à énergie positive. On observe que la production d'électricité compense les consommations énergétiques (surplus de 20 000 kWh/an environ).

A noter que certains équipements n'ont pas été considérés dans cette étude :

- Équipements portables (ex : aspirateurs),
- Équipements propres au fonctionnement de l'école (Ex : serveurs informatiques),
- Équipements divers : machines à café, divers équipements du logement...

Ces consommations additionnelles résultantes devraient être compensées par le surplus de production d'électricité.

### Formation et sensibilisation

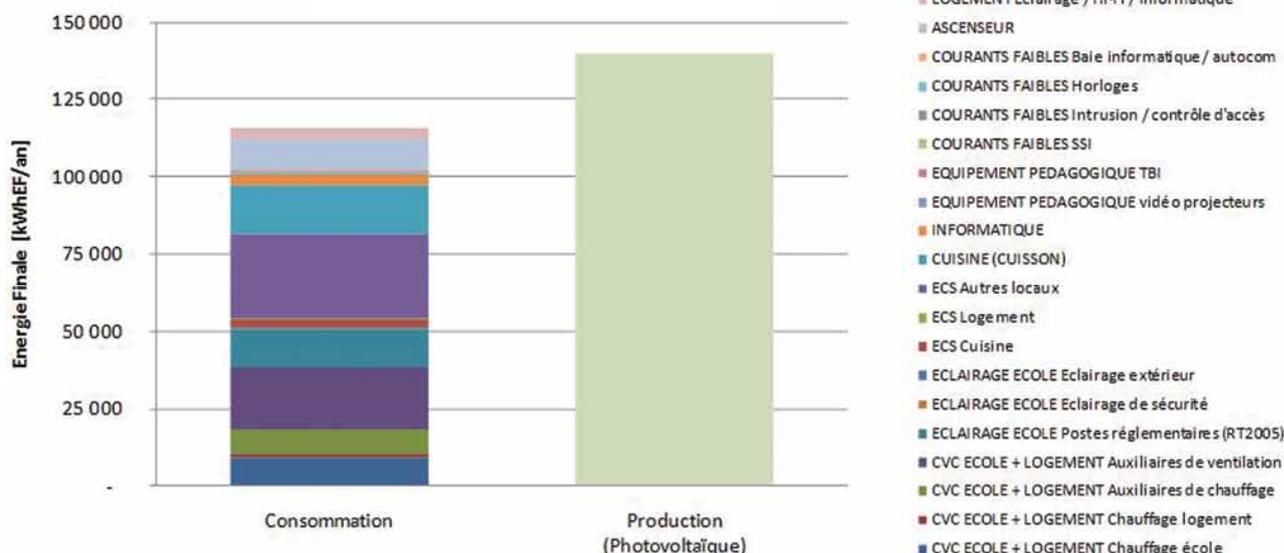
*« Sur ce type de bâtiment, toute erreur de comportement est pénalisante et nous serons vigilants aux risques de surconsommations. A ce sujet, le personnel sera sensibilisé à ces questions en fin de chantier. Les agents de maintenance seront formés afin d'être réactifs en cas de panne des installations et pour changer les filtres de CTA régulièrement. Un local spécifique est créé pour les agents de maintenance. »*

M. Guillot - ATELIER DIDIER DALMAS

### L'objectif d'un bâtiment qui tienne ses promesses

Dans le cadre de la démarche environnementale, le bâtiment sera fortement instrumenté de façon à pouvoir suivre ses performances thermiques et énergétiques pendant deux années après livraison et au-delà par les services de la Ville de Lyon.

Bilan énergétique du projet (source : SNC Lavalin)



## DÉMARCHE « CONSTRUIRE PROPRE »

« Construire Propre » est une association issue de la FFB Rhône-Alpes, née de la volonté commune des promoteurs constructeurs privés et de BTP Rhône.

La démarche a été initiée en 2005 et déployée depuis 2008-2009 tout d'abord sur une dizaine d'opérations tests et désormais sur environ 120 chantiers.

Depuis 2010, cette démarche se met en place dans le cadre de projets de maîtres d'ouvrages publics (bailleurs sociaux, communes conseils généraux...).

Elle se déploie actuellement dans les autres régions de France, en particulier le Nord-Pas-de-Calais et la Région Bourgogne.

++ : [www.construirepropre.fr](http://www.construirepropre.fr)

*« Il s'agit de responsabiliser les entreprises sur la gestion de leurs propres déchets. Cela évite le principe de la benne collective, qui coûte cher pour un résultat pas toujours très significatif. Chaque corps d'état gère ses déchets spécifiques car il est le mieux à même de les collecter et de les traiter.*

*Avant l'arrivée de chaque lot sur le chantier, l'association identifie avec chacun d'entre eux quels seront ses déchets, la manière dont ceux-ci seront stockés puis traités. Des auditeurs sont présents sur le chantier pour vérifier si ce qui a été défini en amont a réellement été mis en place. Si cela n'est pas le cas, un certain délai est donné à l'entreprise pour que cela rentre en ordre. Si cela n'est toujours pas fait, une entreprise extérieure intervient pour nettoyer le chantier, au*

*frais du lot concerné.*

*Des réceptions de zones propres sont réalisées quand une entreprise a terminé son intervention.*

*Sur ce chantier, nous sommes intervenus en parallèle de l'AMO car cette démarche est un outil permettant de traiter l'aspect chantier à faible nuisance. Ici, les entreprises étaient motrices et avaient envie de fonctionner différemment. Le seul souci constaté est la quantité d'emballages qui est très importante (évaluée à 2 voire 3 fois la quantité classique).*

*Nous avons constaté une véritable implication de tous les acteurs, avec des nettoyages hebdomadaires mis en place par le maître d'oeuvre. »*

Mme Virly - RESPONSABLE DÉMARCHE  
« CONSTRUIRE PROPRE »

*« L'intérêt de cette démarche « Construire propre » est que celle-ci, étant portée par la FFB, est bien écoutée par les entreprises. Elle a été présentée lors de la réunion de démarrage du chantier, avec une intervention de la part de la personne en charge de cette démarche. En début de chantier, SNC-Lavalin a fait remplir un PAE (Plan d'assurance Environnement), expliquant comment gérer les déchets. Une personne est présente chaque mois pour vérifier la propreté et le tri des déchets. De plus, chaque entreprise gère ses propres déchets. Le chantier est globalement propre, mais le bémol est dans le suivi du tri, avec des difficultés pour avoir les bons bordereaux correspondant à ce chantier. »*

Mme Chaudron - TERRE ECO



## 1) L'ENVELOPPE

### A. ÉTANCHÉITÉ À L'AIR

Le niveau de perméabilité globale à atteindre est de :

- $Q_{4Pa-Surf} = 1 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$  pour la zone enseignement et demi-pension
- $Q_{4Pa-Surf} = 0,6 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$  pour le logement.

Pour atteindre ces objectifs, **une réunion de sensibilisation** des ouvriers du bâtiment de deux heures a été organisée par l'équipe de maîtrise d'œuvre, par le biais des prestataires : Avenir Bioclimatique et Apesbat.

Par ailleurs, le bâtiment a été soumis à 2 **tests d'étanchéité à l'air intermédiaires**, permettant de repérer les défauts d'étanchéité et, pour les entreprises, d'évaluer l'impact de leur travail sur la qualité générale du bâtiment. Ces tests intermédiaires ont eu lieu sur le logement du gardien (septembre 2012) puis en mai 2013 sur la zone d'enseignement et la demi-pension.

Un dernier test de validation a été réalisé en août 2013.

*« Sur ce sujet de l'étanchéité à l'air, certaines entreprises ont été particulièrement motrices. D'une manière générale, il s'agit d'un projet pointu demandant un soin de la part de l'ensemble des acteurs : au niveau des détails constructifs par l'architecte, dans le dessin des réseaux (limitation des coudes) par le bureau d'études et lors de la pose par les entreprises. »*

M. Guillot - ATELIER DIDIER DALMAS

### ↳ Résultats

- du 1<sup>er</sup> test intermédiaire (sept 2012 - logement gardien) :  
 $Q_{4Pa-surf} = 0,64 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$
- du 2<sup>ème</sup> test intermédiaire (mai 2013 - zone enseignement et demi-pension) :  
 $Q_{4Pa-surf} = 1,16 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$
- du test final (août 2013 - zone enseignement et demi-pension)  
 $Q_{4Pa-surf} = 1,168 \text{ m}^3/(\text{h.m}^2)$  soit  $n_{50} = 1,865 \text{ vol/h}$ .

Suite au premier test intermédiaire, une présentation des résultats aux entreprises a été réalisée en octobre 2012. Il a en particulier été mis en évidence **des fuites au niveau des menuiseries**.

Les difficultés suivantes ont également été pointées pour la suite des travaux :

- Risque de condensation entre les deux couches en toiture : pare-vapeur et complexe avec couche aluminium.
- Difficulté de rendre chaque salle de classe étanche pour être conforme à l'étude thermique qui prend en compte des occupations différentes dans chaque salle.
- Points sensibles : solartube et fenêtre de désenfumage, porte battante, ascenseur, jonction entre matériaux différents (béton-menuiserie...).

Recommandations à l'issue du 2<sup>ème</sup> test :

- Réaliser un sas d'accès à l'ascenseur au sous-sol malgré l'installation d'une ventilation haute équipée d'un registre motorisé.
- Assurer une bonne continuité de l'étanchéité à l'air, en particulier :
  - Au niveau des membranes en toiture.
  - Au niveau des traversées (gaine ventilation, lanterneau de solarspot).
  - Au niveau des ouvertures.

Le bâtiment devrait tenir ses promesses en terme d'étanchéité à l'air lorsque les joints des portes seront posés (cela n'étant pas le cas lors du test définitif).



Défauts d'étanchéité à l'air (mai 2013) : absence de membrane entre la panne et le voile béton (à gauche), déchirement de la membrane (au centre), défaut d'étanchéité à la jonction cadres ouvrant/dormant et à la liaison encadrement avec maçonnerie (à droite) (source photos : AVENIR BIOCLIMATIQUE).

## B. FAÇADES

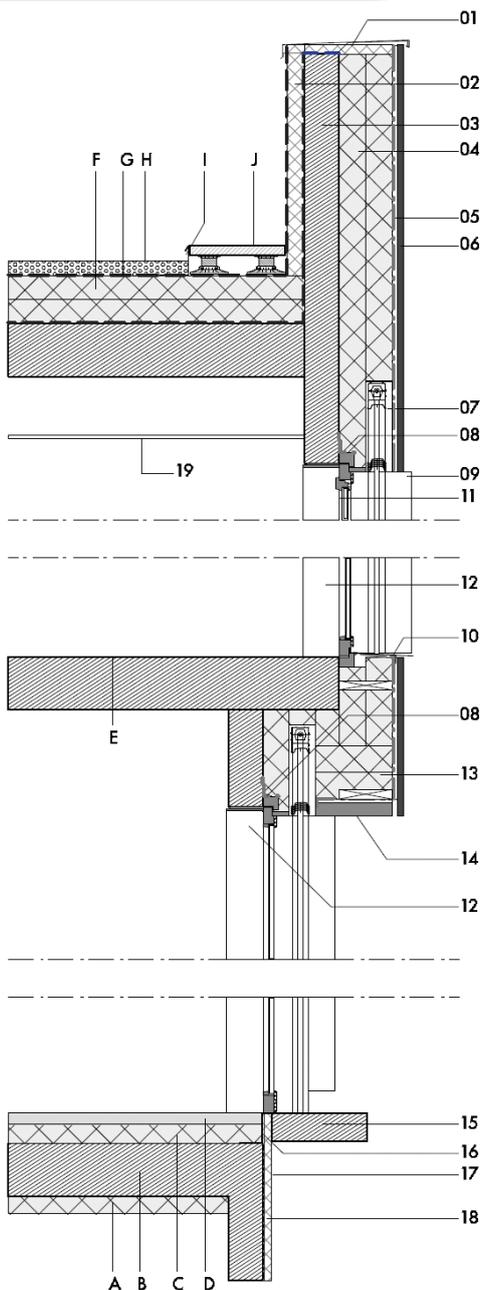
### Technique

Afin de disposer d'un maximum d'inertie, la structure béton est isolée par l'extérieur par 2 couches de laine de verre de 14 cm + pare-pluie + lame d'air de 3 cm + bardage pierre ou bois.

Pour supprimer le pont thermique au niveau des locaux en rez de chaussée, les soubassements sont isolés sur 1 m de hauteur (l'isolant est donc enterré) avec 80 mm de polystyrène extrudé (R = 2.55 m<sup>2</sup>.K/W ; U = 0,35 W/m<sup>2</sup>.K).

Les locaux en sous-sol ne sont pas chauffés.

$$U_{\text{mur}} = 0,121 \text{ W/m}^2.\text{K}$$



01. Bavette tôle Ral 7022 + isolation polystyrène extrudé 4cm
02. Laine de roche 7cm + chape Atlas noir
03. Mur béton e=18cm
04. Isolation en laine de verre 2x14cm croisée avec pare pluie
05. Lame d'air 3cm
06. Bardage pierre : Anstrude roche claire 3cm fixation par pattes métalliques
07. BSO avec coffret Ral 7022
08. Etanchéité sur précadre bois pour fixation du chassis par l'intérieur
09. Précadre bois extérieur
10. Bavette en acier laqué Ral 7022 venant en recouvrement du précadre bois
11. Chassis mixte aluminium/bois, Ral 7022, allège vitrée
12. Précadre intérieur bois
13. Structure bois pour supporter la sous face en bardage bois
14. Sous face en bardage bois avec saturateur  
Mélèze 3 dimensions : 5x3, 5x5, 5x7
15. Béton sablé
16. Equerre métallique pour fixation du chassis + étanchéité à l'air
17. Isolation en polystyrène expansé
18. Etanchéité
19. Faux plafond

- A. Isolation sous dallage 9cm
- B. Dalle béton 28cm
- C. Isolation + plancher chauffant e=10cm
- D. Chappe 6cm + sol caoutchouc
- E. Pré-dalle + sol caoutchouc
- F. Isolation en polyuréthane 2x12cm croisée
- G. Etanchéité
- H. Système végétalisé type Tundra par substrat e=10 cm
- I. Garde grève filant
- J. Dallettes béton sur plots béton lisse gris 50\*50

Détails constructifs

L'ensemble du bâtiment est équipé de châssis mixtes bois/aluminium, associés à :

- En façade Nord : du triple vitrage et des volets roulants aluminium double paroi
- En façade Est et Ouest : du triple vitrage et des brise soleil orientables (BSO) ou des lames fixes verticales en bois
- En façade Sud : du double vitrage et des BSO.

L'étanchéité à l'air des liaisons maçonnerie-précadre et précadre-dormant de la menuiserie est réalisée par joint PU et joint comprimande Illmod 600 de Illbrück.

$U_w$  façades N, E, W < 0,95 W/m<sup>2</sup>.K

$U_w$  façade S < 1,3 W/m<sup>2</sup>.K

*« La simulation thermique dynamique a bien mis en évidence la nécessité de mise en place de BSO. Elle a également permis de dimensionner la taille des châssis et de rajouter des brise-soleil en façade Ouest. »*

M. Thollet - SNC-LAVALIN

### Mise en œuvre

a) Pose d'un précadre par l'extérieur puis pose de la menuiserie par l'intérieur.



b) Pose de l'isolant, du pare-pluie et du bardage bois ou pierre.



« Pour la réalisation de l'enveloppe, les entreprises sont sensibilisées et le chantier permet de se former à différentes techniques qui ne sont pas forcément courantes (triple vitrage, BSO...) et qui ont été rendues possibles grâce à un budget mis en place par le maître d'ouvrage à la hauteur des ambitions du projet. »

M. Thollet - SNC LAVALIN



*« Le maître d'ouvrage ne souhaitant pas que le bois grise, celui-ci a été traité avec un saturateur de marque Blanchon ».*

M. Guillot - ATELIER DIDIER DALMAS



## C. TOITURE

### Technique

Deux techniques sont utilisées :

- Pour la toiture terrasse : dalle béton + isolation extérieure par 24 cm de polyuréthane + toitures végétalisées.
- Pour la toiture rampant : panneaux de type « caisson chevronné » de marque Beolatte DXP 30 de Beopan (17 cm, dont 14 cm d'isolant) + 22 cm de laine de verre en sous face.

Pour supprimer les ponts thermiques des acrotères, ceux-ci sont isolés sur leurs 3 faces.



Principe du panneau Beolatte DXP 30 (source : Beopan)

$$U_{\text{toiture terrasse}} = 0,098 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$U_{\text{toiture rampant}} = 0,093 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

### Mise en œuvre



L'étanchéité à l'air de la toiture en bac acier n'étant pas satisfaisante, elle a été reprise, en particulier :

- Pour combler un jour entre les panneaux Béopan et l'acrotère via un scotch approprié au béton. Il aurait mieux valu dérouler un pare-vapeur ou un pare-pluie sur le toit.
- Entre les panneaux Béopan où un joint mousse PU a été posé.

## 2) L'ÉCLAIRAGE NATUREL

L'éclairage naturel est favorisé par la combinaison de plusieurs dispositifs architecturaux : **ouvertures, patio central et puits de lumière**.

Ceux-ci sont couplés à des équipements et à un système de gestion performants de l'éclairage pour une bonne optimisation de l'apport de lumière naturelle et artificielle et une bonne gestion des apports de chaleur par le soleil :

- Eclairage des pièces **asservi à une sonde de présence et de luminosité** (éclairage gradable). Pour les classes et les locaux de grandes tailles, l'éclairage est géré par zones indépendantes (en bandes parallèles à la façade).
- Gestion de l'éclairage de marque LEGRAND ECO 2 (programmation, etc.) pilotant la gestion des occultations extérieures.

### A. PATIO CENTRAL

Le patio central est un espace tampon, permettant un apport en lumière naturelle au centre du bâtiment. Il s'agit aussi d'un espace qualitatif, transformé en espace vert.

Autour de ce patio se situent des salles d'usage secondaire (infirmierie, vestiaire) ou demandant un accès à la lumière naturelle moindre (ex : salle informatique). La verrière, qui n'est pas équipée de protection solaire, est escamotable partiellement, et devra être ouverte en été par le personnel de l'école pour ne pas créer de surchauffe.



« Le calcul des FLJ avec le logiciel Dialux, avec modélisation de l'ensemble de ces dispositifs architecturaux (solarspot, brise-soleil...) a permis de valider :

- Le dimensionnement des châssis.
- L'intérêt du patio.
- L'intérêt de la mise en place de puits de lumière pour les pièces situées au Nord ainsi que pour les pièces au Sud ayant un débord au 1<sup>er</sup> étage. »

M. Thollet - SNC-LAVALIN



## B. Puits DE LUMIÈRE

32 puits de lumière permettent l'éclairage en second jour des salles de classes maternelles, du gymnase et des circulations à l'étage.

### Principe

Le puits de lumière de marque SOLARSPOT® permet de capter la lumière naturelle puis de la transporter verticalement, horizontalement ou coudée, pour éclairer sans apport de chaleur, des pièces sombres d'un bâtiment. Il permet une diffusion conique de la lumière identique à celle d'une ampoule et d'obtenir un flux lumineux plus important que celui d'une fenêtre normale, y compris celle de toit. De plus, par rapport à une fenêtre de toit, SOLARSPOT® n'apporte pas de chaleur.

### Fonctionnement

La lumière naturelle entre par la coupole transparente en acrylique thermoformée, elle est récupérée sur toute la surface du globe et concentrée grâce au système optique RIR (qui a fait l'objet d'un brevet européen) basé sur le principe Fresnel, à l'intérieur du tube. Ce tube super réfléchissant, améliore les angles d'entrée de la lumière captée à l'extérieur, garantissant au tube de lumière SOLARSPOT® l'efficacité la plus forte. La lumière est ensuite diffusée à travers des lentilles de différentes finitions, d'une manière conique et uniforme (comme une ampoule) dans la pièce à éclairer.

### Mise en œuvre

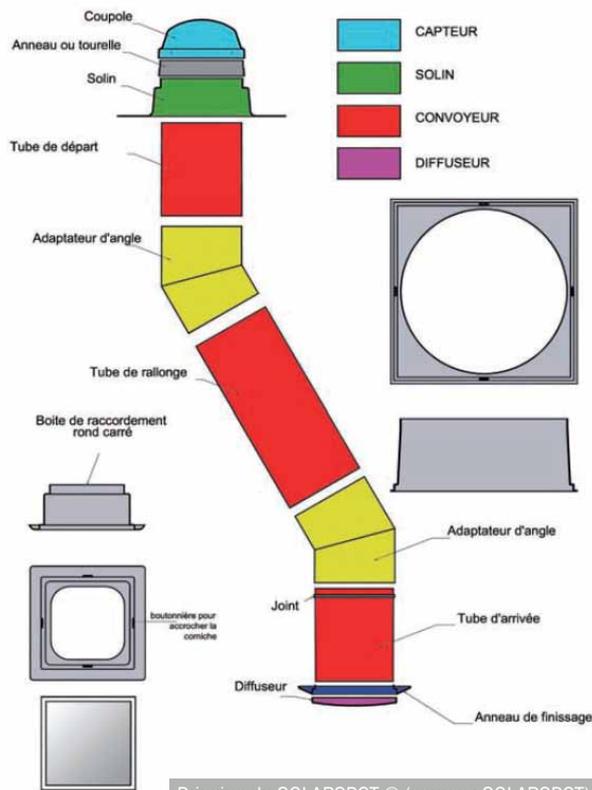


« Avec du recul, nous aurions pu mettre un plus grand nombre de puits de lumière pour améliorer encore l'apport en éclairage naturel, mais cela était à combiner avec un nombre suffisant de panneaux solaires photovoltaïques en toiture pour que le bâtiment soit à énergie positive. »

M. Guillot - ATELIER DIDIER DALMAS



Source : ville de Lyon



Principe du SOLARSPOT® (source : SOLARSPOT)

« L'ensemble des dispositifs : patio central, verrière, puits de lumière permet d'apporter de la lumière naturelle mais représente de nombreux points à traiter du point de vue de l'étanchéité à l'air. Cela s'est globalement bien passé. L'étanchéité des puits de lumière est assurée par une membrane caoutchouc - cela se révélant assez cher compte tenu du nombre de traversées - ou par des adhésifs spécifiques autour du cylindre. »

M. Guillot - ATELIER DIDIER DALMAS

## 3) LES ÉQUIPEMENTS TECHNIQUES

### A. CHAUFFAGE

#### Principe :

Les besoins de chaud sont assurés par une pompe à chaleur sur nappe associée à des planchers chauffants de marque Giacomini ou des plafonds rayonnants de marque WAVIN.

#### Technique et mise en œuvre :

La pompe à chaleur de marque Climaveneta sur nappe phréatique (à -20 m du niveau extérieur) et associée à trois captages situés dans les deux cours (le forage situé dans la cour Sud s'effectuera à la fin du chantier). Elle est équipée d'un compresseur à vis, et a un COP de 4.4 (puissance électrique 35,7 kW, puissance calorifique 156,7 kW). L'ensemble des émetteurs est de type « basse température » et alimenté par la pompe à chaleur.

« Le choix du mode de chauffage était proposé dans le programme et correspondait bien au projet. En effet :

- Il n'y avait pas de gaz sur le site.
- Il était impossible de réaliser une chaufferie bois dans ce secteur dense.
- L'installation ne contribuait pas au réchauffement des nappes l'été car la PAC est surtout utilisée pour le chauffage en hiver.
- La PAC fonctionne à un régime d'eau à basse température, adaptée à des bâtiments très isolés.
- La PAC était favorisée dans les calculs RT 2005.

Concernant les modes d'émission de chauffage, ceux-ci sont adaptés à l'usage intermittent avec :

- Des planchers chauffants pour les classes maternelles, salles à manger du restaurant et salle plurivalente permettant d'assurer la base à 14 °C.
- Des plafonds rayonnant de marque Wavin pour les salles de classes élémentaires et salles d'activité (informatique, BCD).
- Des radiateurs d'appoint quand une dizaine d'élèves sont présents.
- Des CTA équipées de batteries chaudes pour atteindre la température de 19 °C.

Ces émissions multiples utilisés en cascade devraient permettre d'éviter les surchauffes, d'autant plus qu'il s'agit d'un bâtiment très inerte. »

M. Thollet - SNC-LAVALIN



« L'utilisation de la PAC pour le rafraîchissement n'est pas souhaitée. Les centrales de traitement d'air ont un mode « free cooling » pour évacuer, la nuit en été, les calories accumulés la journée dans le bâtiment. »

M. Thollet - SNC-LAVALIN



1. Plafond rayonnant. 2. Plancher chauffant. 3. Local pompe à chaleur (source photo 3 : SNC-LAVALIN)

## B. VENTILATION

L'ensemble des locaux est traité en double flux par 6 centrales de traitement d'air de marque GEA, avec récupération des calories par échangeur hauts rendements (à roue ou à plaques selon la centrale). La gestion des débits est variable et fonction de l'occupation des locaux par sonde CO<sub>2</sub> (hormis locaux à pollution spécifique). La régulation de la ventilation et du chauffage est de marque TREND.

Une récupération de chaleur se fait également sur l'air extrait de la cuisine.



1



2



3

1. CTA salles de classe (source : SNC Lavalin).
2. CTA Logement de fonction.
3. Réseau de gaines

## C. SUIVI DES CONSOMMATIONS

Le bâtiment est équipé d'une **Gestion Technique du Bâtiment (GTB)** et d'une **Gestion Technique Centralisée (GTC)**.

- La GTC assure la relève et le suivi en temps réel. Il s'agit d'un outil pour l'exploitant, en charge du génie climatique et des centrales de traitement d'air.
- La GTB permet de programmer et de scénariser l'ensemble de l'éclairage et de suivre les consommations électriques, avec un comptage armoire par armoire, usage par usage, afin de pouvoir réaliser des bilans réguliers.

Des compteurs sont présents dans l'ensemble du bâtiment (système de marque LEGRAND). Ils permettent d'isoler chaque zone en terme de consommations, et celles-ci peuvent être suivies à distance par le bureau d'études ou par les services Maintenance ou Energie de la Ville.

La GTC est située dans la loge du gardien et accessible aux agents de maintenance. Les informations sont également transmises vers le centre de supervision.

*« Pendant la mise en service, il va falloir s'assurer que la GTC fonctionne correctement et que les bons scénarii ont été rentrés. SNC-Lavalin réalisera un bilan annuel au bout de la 1<sup>ère</sup> puis de la 2<sup>ème</sup> année sur la base de la GTB (répartition des consommations électriques par usage) avec des propositions de mesures correctives. »*

Certains dispositifs permettent de limiter les consommations énergétiques en période d'inoccupation. Dans la salle informatique, une prise verte permet de couper l'alimentation électrique en période d'inoccupation des 18 écrans d'ordinateurs.

*« Nous nous sommes interrogés sur le fait de couper également les tours des ordinateurs, mais les mises à jour nocturnes par le service maintenance sont possibles la nuit », précise M. Manceau de la Ville de Lyon.*



*« Partager ce que l'on sait  
et apprendre du savoir des autres »*

**VILLE ET AMÉNAGEMENT DURABLE**  
19 rue Victorien Sardou - 69007 Lyon  
Tel : 04 72 70 85 59  
associationvad@orange.fr  
www.ville-amenagement-durable.org

Centre d'échanges et de ressources pour la qualité environnementale des bâtiments et des aménagements en Rhône-Alpes

Avec les partenaires de nos actions

**Rhône-Alpes** Région

