

Construction du groupe scolaire « Résistance » à Montreuil (93)

bâtiment « Zéro Énergie, Zéro Carbone, Zéro Déchets Nucléaires Induits »



« Réaliser une école du 21ème siècle, exemplaire en termes de développement durable »

Le projet sera **exemplaire en termes de développement durable**, sans pour autant recourir à une quelconque certification (NF Bâtiments Tertiaires démarche HQE, notamment). Il vise une performance très ambitieuse, en réponse à plusieurs enjeux environnementaux, comme la maîtrise des gaz à effet de serre pendant la vie du bâtiment mais aussi pour sa construction, ou la maîtrise des ressources épuisables en construction. **Tout en assurant une très bonne qualité d'usage, l'objectif est « zéro énergie, zéro carbone, zéro déchet nucléaire »**. L'opération s'inscrit dans le cadre du projet « MUSIC » qui, retenu par le programme européen INTERREG, regroupe plusieurs villes européennes sur la problématique de l'efficacité des mesures d'économie d'énergie en ville. »

Intégration à un programme européen innovant



Le Projet Groupe scolaire Résistance a été retenu pour un Programme de subventions européennes INTERREG IVB (approuvé par la Commission Européenne et les états membres en septembre 2010), PROJET « M U S I C ».

« Mitigation in Urban areas and Solutions for Innovative Cities », soit « Atténuation de l'impact sur le climat en milieu urbain : des solutions pour des villes innovantes ».

Projet rassemblant plusieurs partenaires dont cinq villes : **Montreuil, Rotterdam, Gent, Ludwigsburg, Aberdeen** et deux centres de recherches, le **DRIFT** (Rotterdam), et le **centre Henri Tudor** (Luxembourg), sur un programme lié à la « gestion de la transition » en matière de lutte contre le changement climatique et la réduction des émissions de CO2. Le projet prévoit la mise en œuvre de méthodes diffusant une culture de maîtrise de l'énergie, avec investissements pilotes supports de dissémination de bonnes pratiques. Le projet devra être exemplaire en démarche environnementale (qualité de conception, économies d'énergie, matériaux, chantier propre, faibles nuisances, sensibilisation tout public).

Montreuil est leader sur la thématique bâtiment énergie 0, le projet du groupe scolaire Résistance devra permettre de créer de nouveaux outils techniques communs, organisation du partage d'informations et visites transnationales à dimension technique.

Organigramme

Maitrise d'ouvrage Ville de Montreuil (93)

Yannick Hubert
Directeur des bâtiments
01 48 70 65 00

Anne Duchatelet
Responsable service Direction des Bâtiments
01 48 70 65 05
anne.duchatelet@montreuil.fr

Nathalie Rouault
Chargée d'opération
01 48 70 66 47
nathalie.rouault@montreuil.fr

AMO H.Q.E.
TRIBU
19 rue Frédéric Lemaitre
75020 Paris

Alain Bornarel
Gérant
01 43 49 55 75
tribu.conseil@wanadoo.fr

Programmist
AMO Véronique Lancelin & MDET
8 passage du Moutier
94800 Villejuif

Véronique Lancelin
Programmist
09 60 43 08 71
amo.vl@orange.fr

Michel Ducroux
Economiste

S.P.S.

Elyfec SPS

Agence de Blanc-Mesnil -
Centre d'affaire Paris Nord -
Bâtiment Ampère 3 - 93153 Le Blanc-Mesnil

Rezzak Mounssif
01 48 65 32 18
m.rezzak@elyfec-sps.fr

Bureau Contrôle

Qaliconsult

agence Tremblay
13 rue Charles Cros
93297 Tremblay-en-France

Malika Abite
01 48 19 93 00
tremblay.qc@qaliconsult.fr

Pilote IPCS

Agence Ile-de-France
36 rue de Provins 77220 Tournan-en-Brie

Dominique Simoes
Chargé d'affaire
06 80 72 07 31
dominique-ipc@ipc-idf.com

Architecte Mandataire ATELIER MÉANDRE

Christian Hackel (architecte associée) 06 11 61 74-04 - **Izabel Fernandes** (chef de projet)
99 rue de Stalingrad 93100 Montreuil - tél : 01 43 63 23 44 - fax : 01 43 63 11 46 - mail : contact@meandre.fr

Fluides-Thermique ALTO

Florence Cinotti
01 64 68 87 26
florence.cinotti@alto-ingenierie.fr

Structure béton EBBE

Bruno Etorri
01 48 71 25 85
eb.be@wanadoo.fr

Structure bois GAUJARD

Hubert Fèvre
04 90 86 16 97
hubertfevre@bet-gaujard.com

Acoustique AVA

Hervé Pereira
01 45 58 30 13
herve.pereira@acoustique-vivie.fr

Cuisine NOVOREST

Daniel Sevrin
01 48 58 66 00
sevrin.novorest@free.fr

Structure VRD PROGEXIAL

Pierre Pentier
01 64 48 14 84
pierre.pentier@progenal.fr

Paysage PANORAMA

Rodolphe Raguccia
Vania Doroy
01 48 46 07 12
panorama.paysagistes@yahoo.fr

Sécurité AXCE SECURITE

Sylvère Loyal
06 60 91 48 51
sloyan@axcesecurite.fr

Economiste VPEAS

Xavier Favand
07 86 97 32 50
xfavand@vpeas.com

Entreprises

Macrolot 1 Gros-Oeuvre BONNEVIE & FILS

Alain Bonnevie
Gérant
01 34 53 48 48

Macrolot 2 Enveloppe Ext. CHARPENTE CENOMANE

Jean-Claude Baudin
Gérant
02 43 46 45 99

Macrolot 3 Am. Int. STABI CIAM

Marie-Dominique Bondon
Directeur
01 56 45 11 00

Macrolot 4 Fluides BALAS

Jean Balas
Président
01 49 45 45 45

Macrolot 5 Photovoltaïques SONIL

Nicolas Amargier
Resp. Commercial
04 37 46 15 39

Macrolot 6 Ascenseur K.E.S.

Alain Lambert
Resp. Com. Ventes neuves
01 34 16 60 00

Macrolot 7 Eq. Cuisine LE CLOAREC

Jean-Claude Le Cloarec
Président
01 34 97 05 05

Macrolot 8A VRD COLAS IDFN

Pascal Lejeune
Directeur
01 48 4953 77

Macrolot 8B Espaces verts MABILLON

Nicolas Tilquin
P.D.G.
01 69 81 48 00

Le site présente plusieurs atouts :

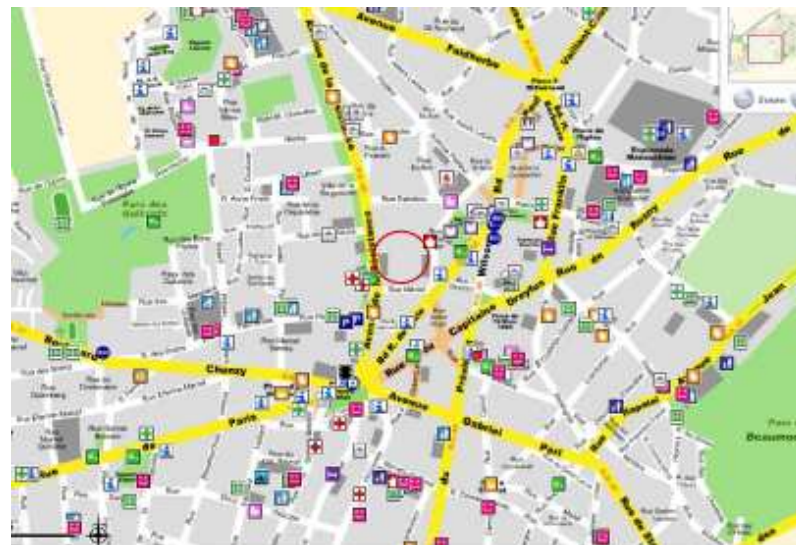
- 8500 m² en centre ville
- Quartier avec une bonne desserte en transports collectifs
- Proximité d'équipements (bibl., commerces, services)
- Orientation parcelle Nord-sud

Principes d'aménagement:

- L'aménagement d'un jardin public : une traversée piétonne entre les rues Victor Hugo et Résistance
- Les accès à l'école sécurisés depuis ce jardin public

Le programme: exigences et cibles de performances:

- Une école au coeur d'un jardin et en lien avec le quartier (jardins partagés, accès..),
 - Des accès par modes doux (pédibus, stationnement vélos..),
 - Une implantation du bâtiment en recul des mitoyens, à R+2 ,
 - Un chantier propre, à faibles nuisances (préfabrication/ossature bois),
 - Une protection acoustique des cours mat. et élém. par rapport à l'av de la Résistance
- Un bâtiment 0 énergie (cibles de confort, santé, acoustique, ventilation, éclairage..)





Avenue de la Résistance



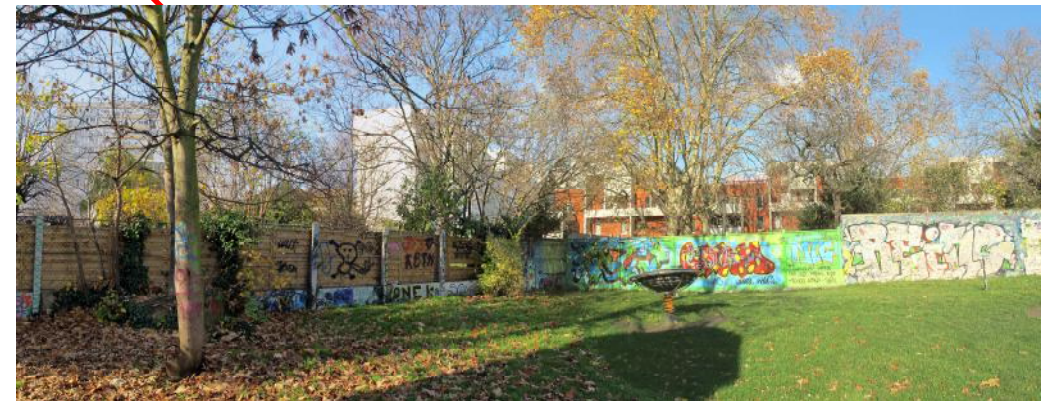
Est de la cour du centre de loisirs



Repérage des photographies
avant démolition

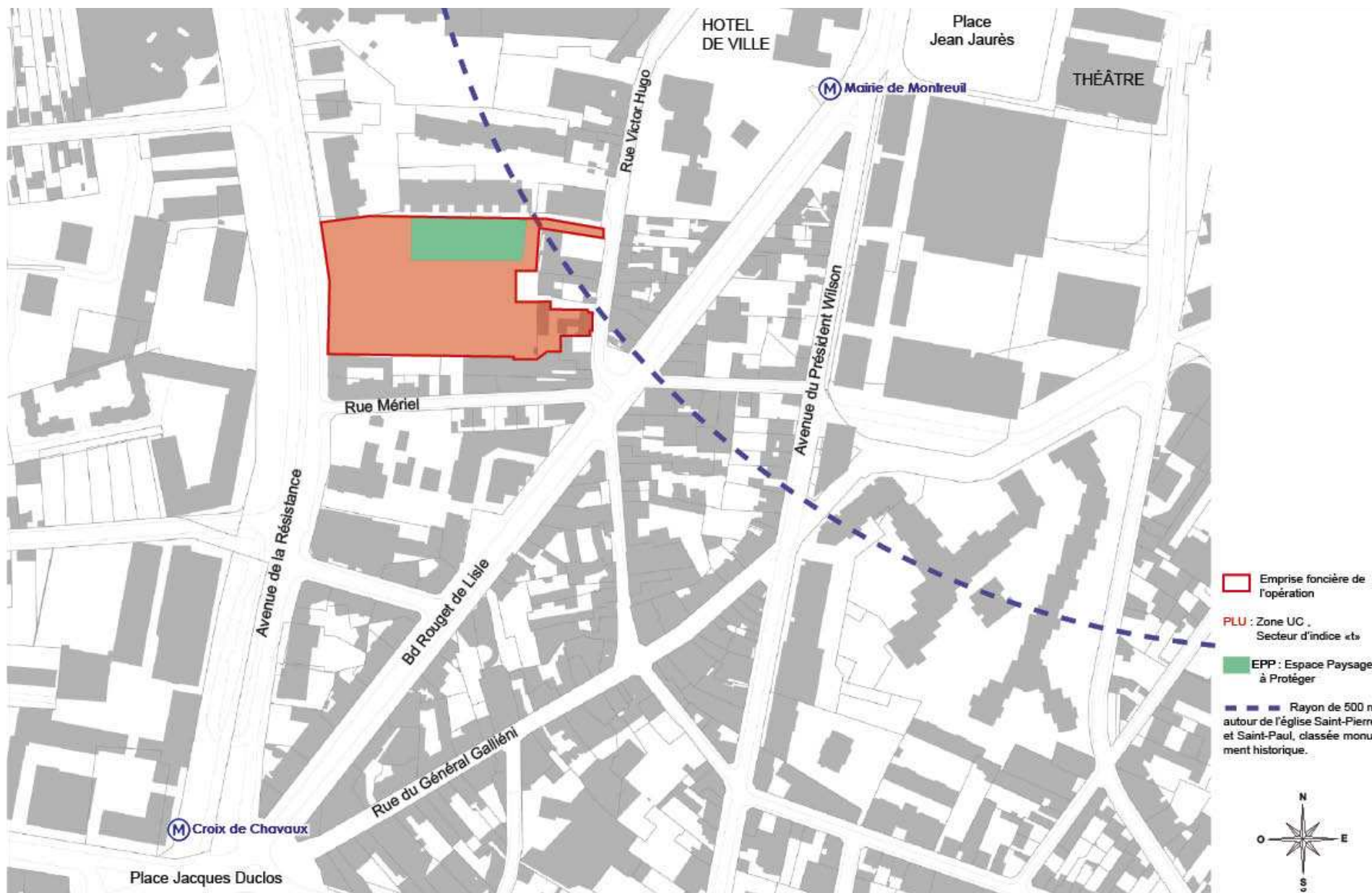


Ouest de la cour du centre de loisirs



Jardin public

Le site et le projet



Plan masse



Plan masse du projet et liaisons urbaines (phase APD)

Le jardin public et les espaces extérieurs



Plan masse des espaces verts ((phase APD)

Le jardin public : 2- Parvis des écoles



Photomontages (réunion publique en phase APD)

Le jardin public : 8- Jardin humide



Venelle aux oiseaux

Noue délimitant la cour des élémentaires

Prairie humide

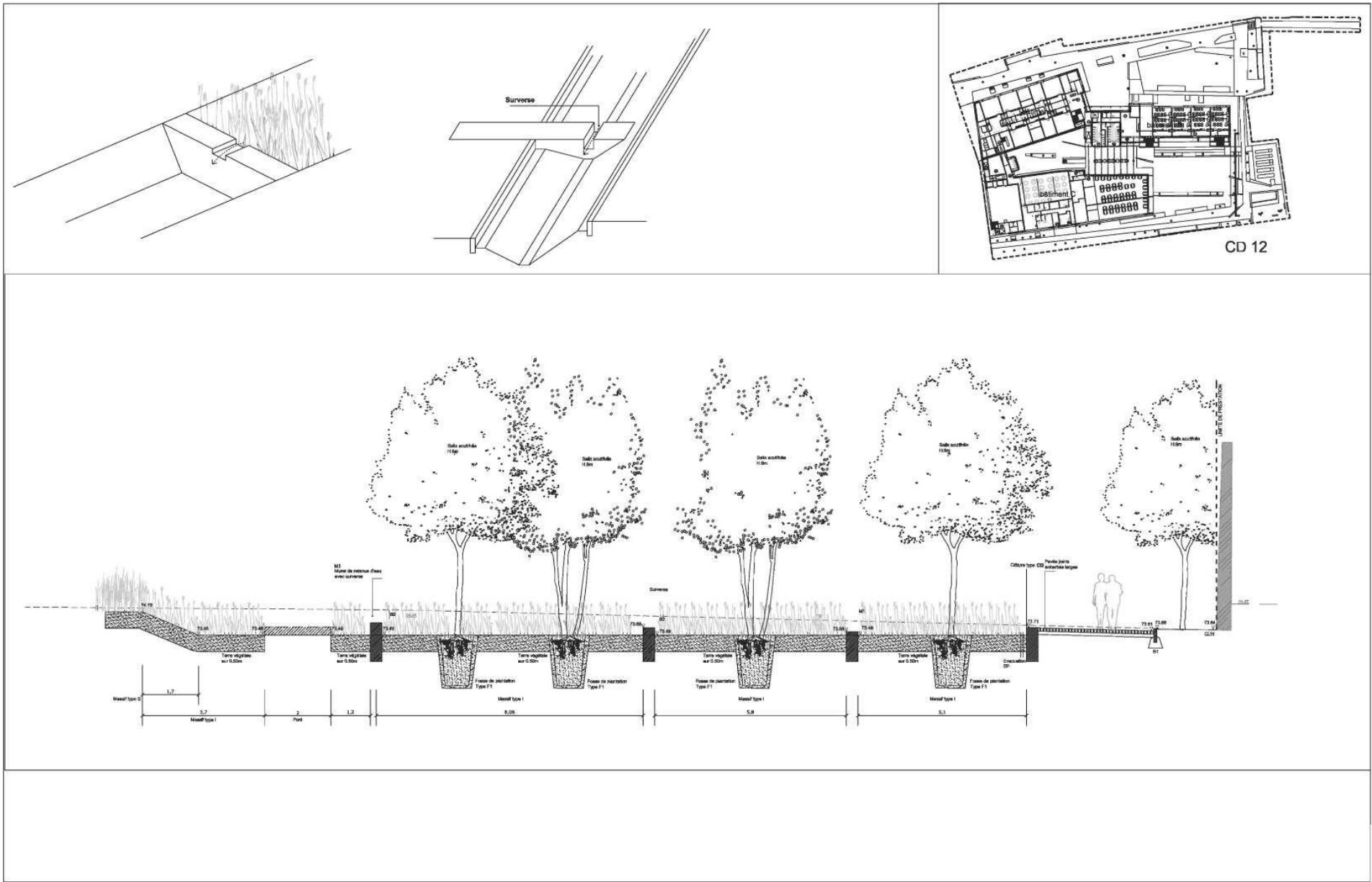
Mare pédagogique

Jardins partagés

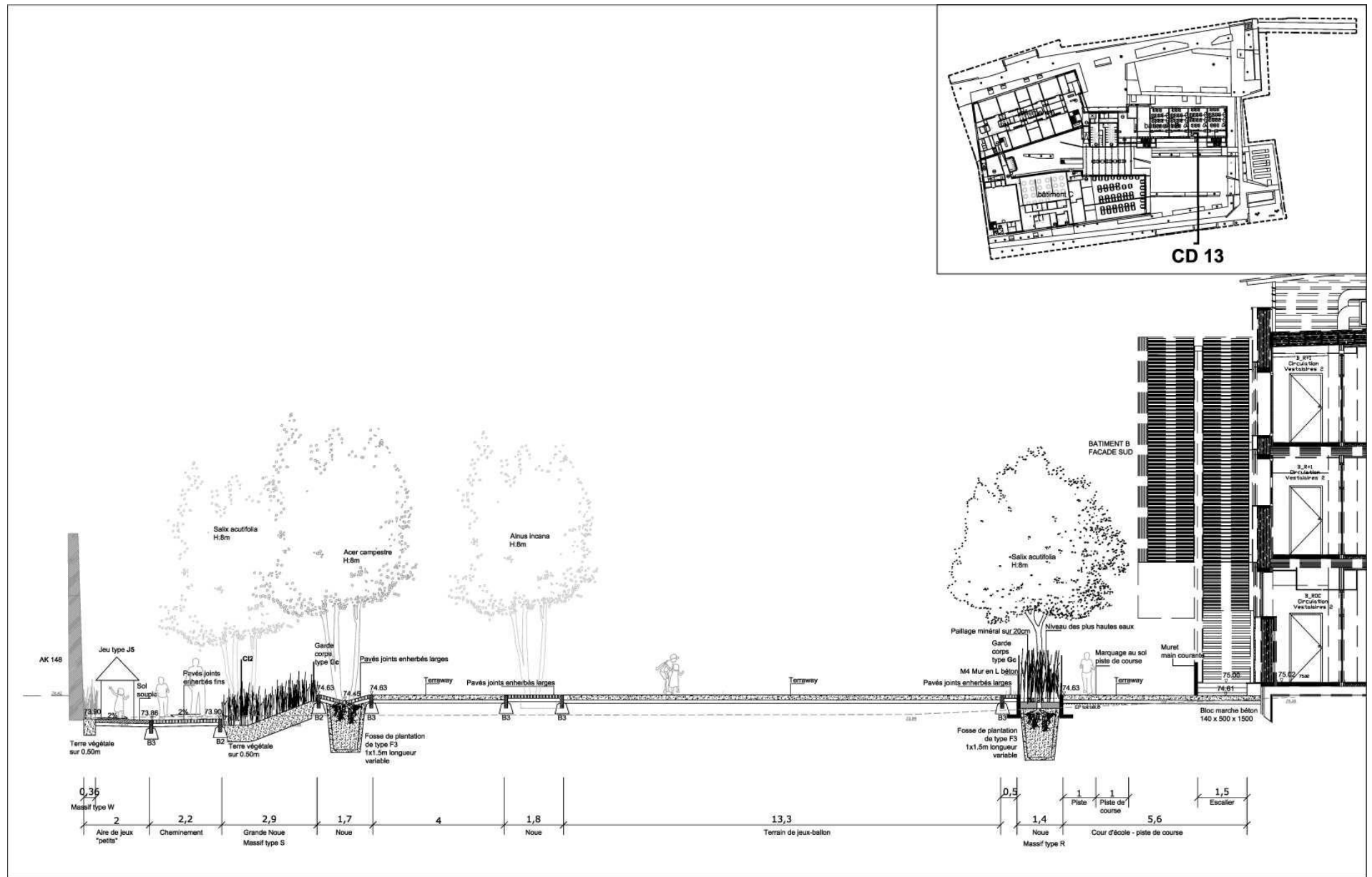


Photomontages (réunion publique en phase APD)

Coupe sur la venelle des vergers et potagers



Coupe sur la cour des élémentaires





Les 3 bâtiments A, B et C



Plan de Rez-de-Chaussée (phase DCE)

Les 3 bâtiments A, B et C

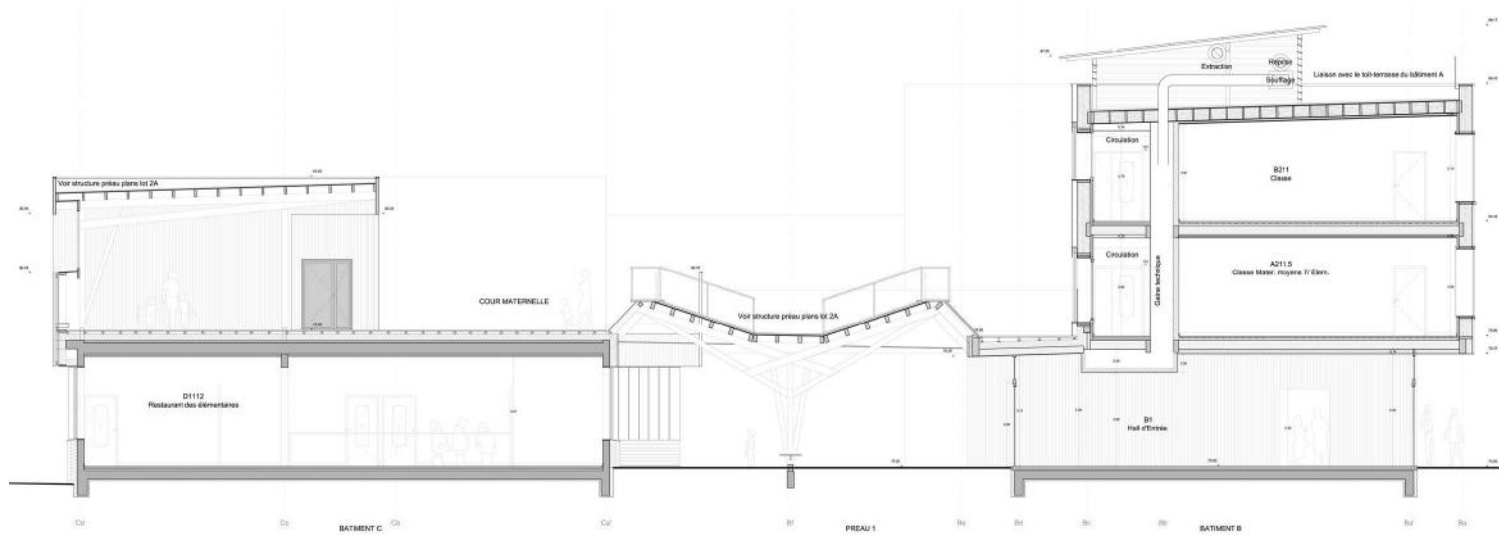


Plan du R+1 (phase DCE)

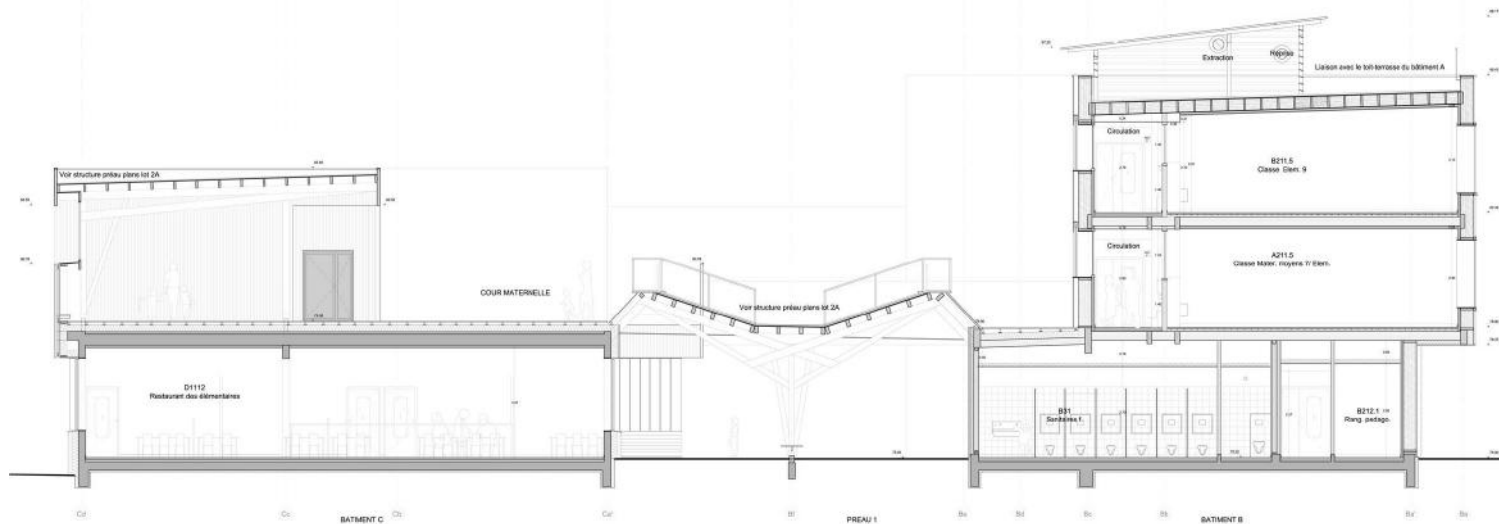
Les 3 bâtiments A, B et C



Bâtiment B et C



Coupe transversale sur le hall des élémentaires (phase DCE)

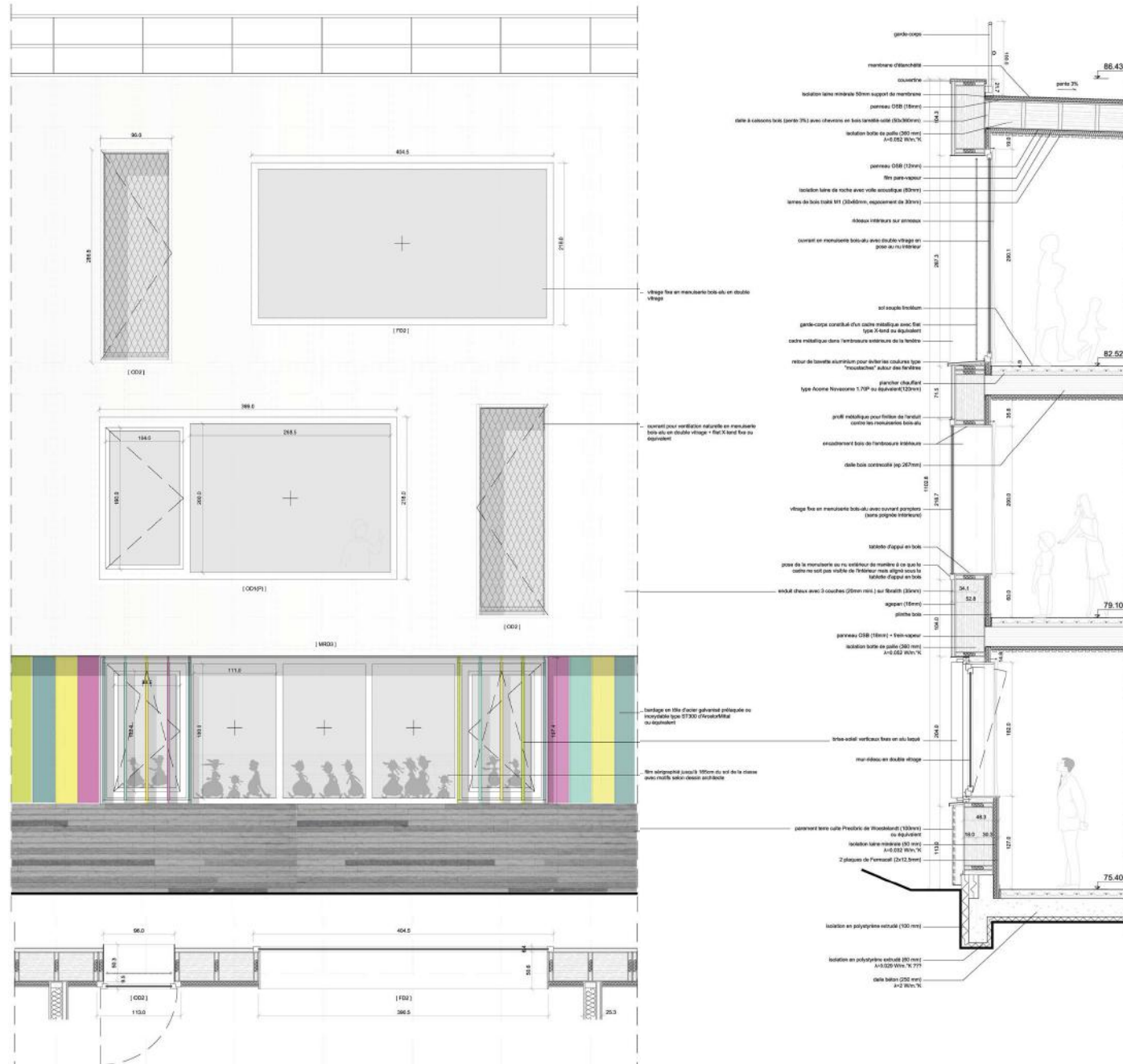


Coupe transversale sur les sanitaires généraux élémentaires (phase DCE)

Détails type de la façade Nord sur le jardin public

Façade

Plan du R+2



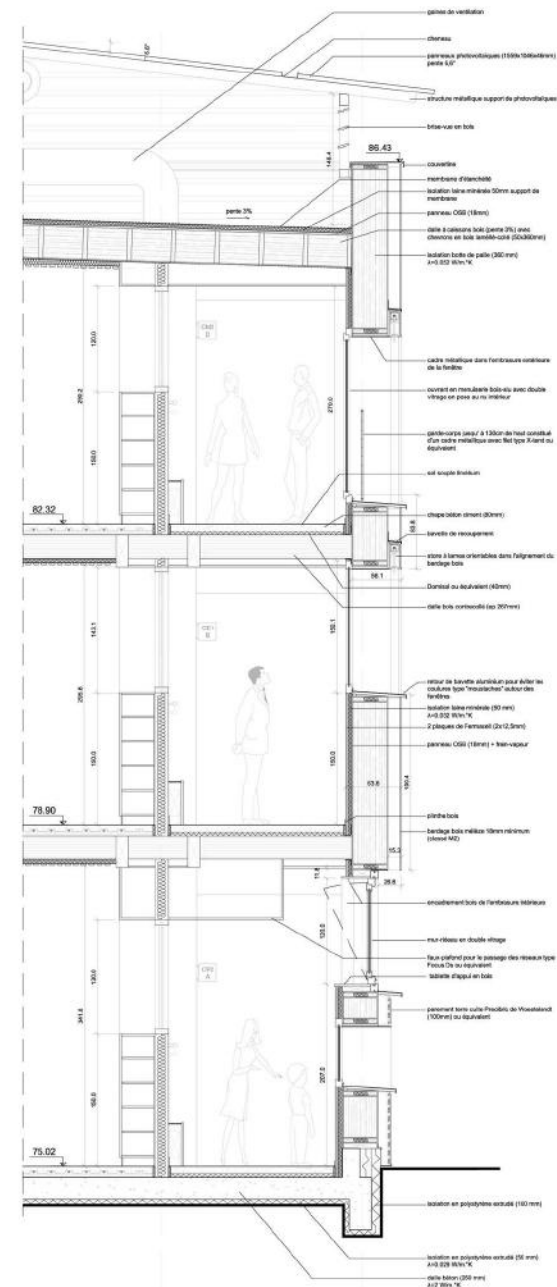
Coupe

Détails type de la façade Sud sur la cour des élémentaires



Façade

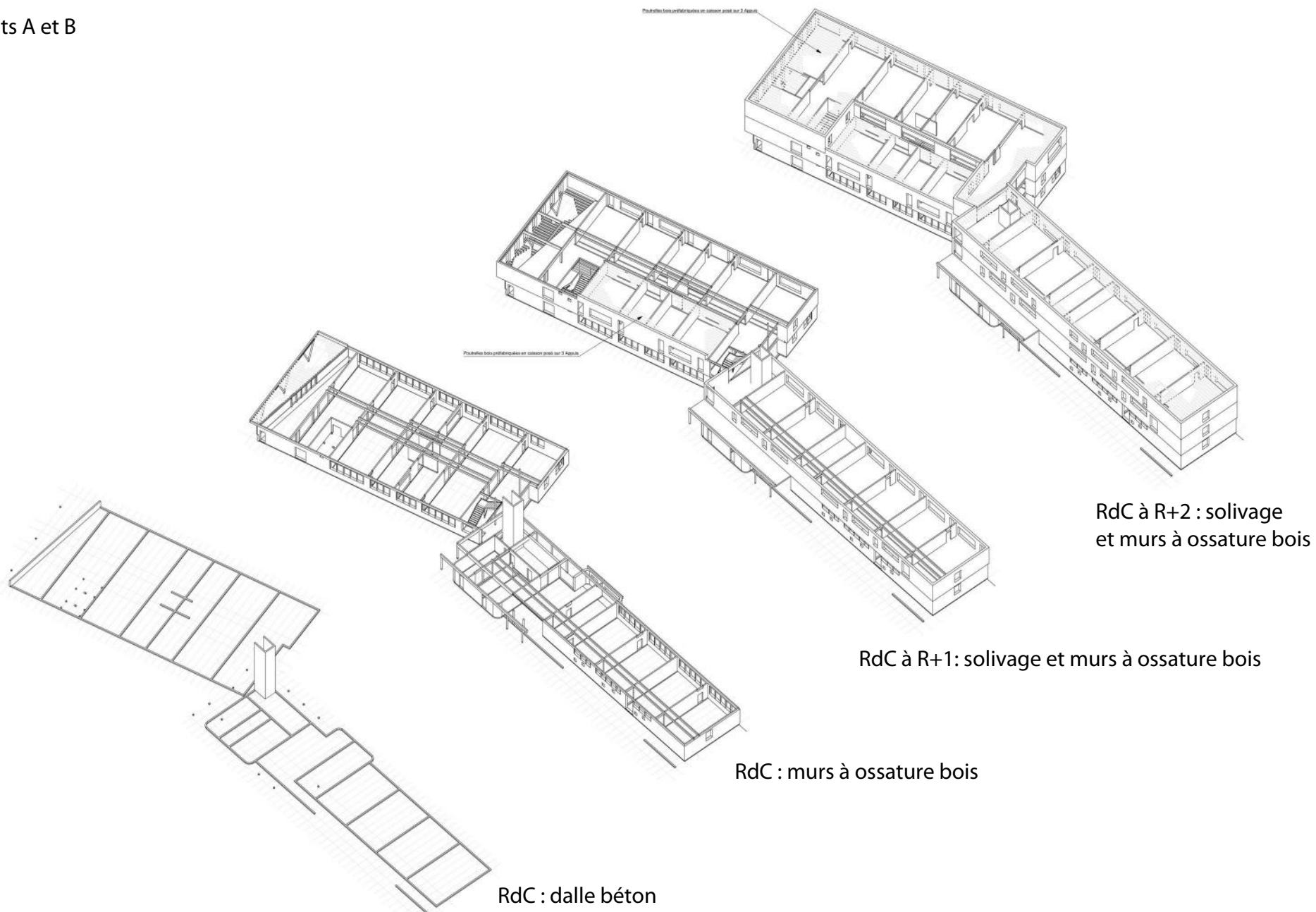
Plan du RDC



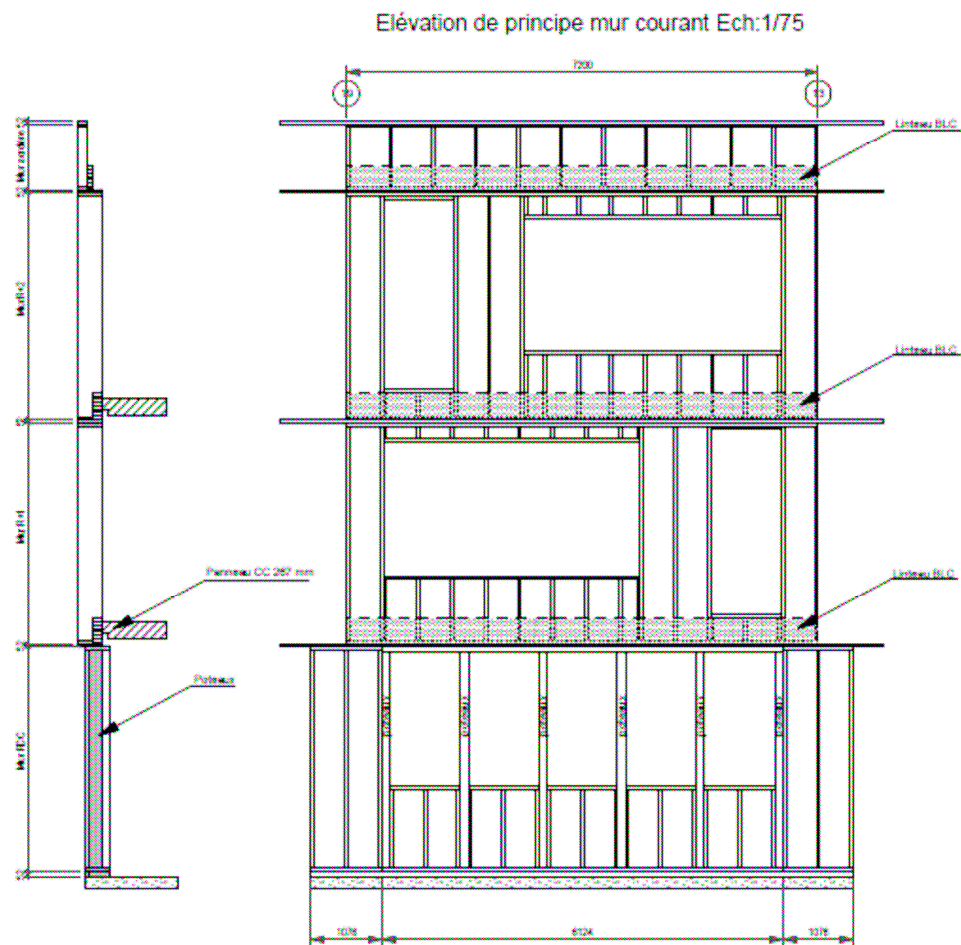
Coupe

Axonométrie de principe de la structure bois

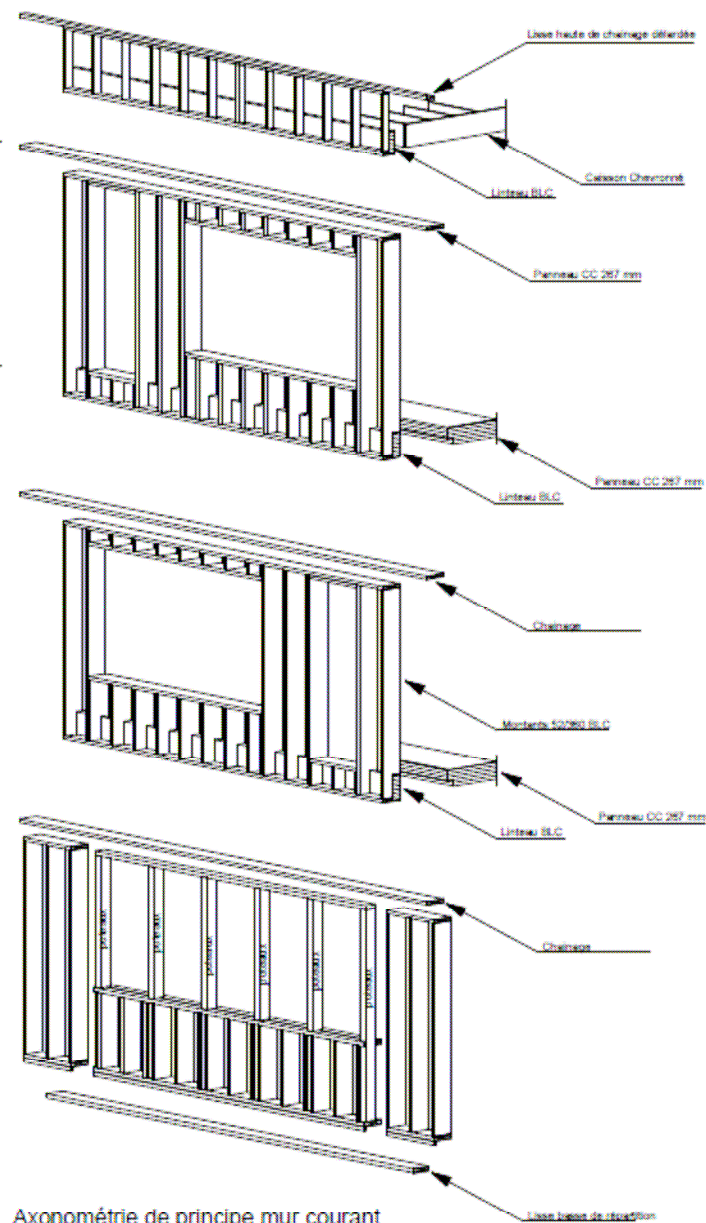
Bâtiments A et B



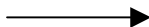
Principe du Mur à Ossature Bois avec isolation paille



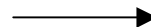
Coupe de principe mur courant Ech:1/75



Fabrication des bottes de paille chez Isopaille



Contrôle de l'humidité < 20%



Décompactage



Numérotation et étiquetage des bottes de paille après contrôle du gabarit et du poids



Sortie de la décompacteuse

Remplissage des murs paille chez Isopaille



Mur à ossature bois pré-fabriqué par Charpente C nomane



Cahier des « règles professionnelles de construction en paille »



Mise en place d'une botte plus petite



Mise en place d'une botte pleine de dimensions 45 x 45 x 36cm

Rapidité de mise en œuvre des éléments préfabriqués sur le chantier



Exemple de levage sur le chantier de murs préfabriqués en paille



Exemple de levage d'une dalle bois KLH

Essais au feu d'une façade bois et paille en juillet 2009 (Sonia Cortesse & Gaujard Technologie)



Calcul énergie grise

hypothèses pour un calcul simplifié d'énergie grise²⁹

matériaux	c _{EP} énergie grise kWh/ m ³	densité tonne/m ³
structure, façade		
béton	550	2,4
béton armé	850	2,9
parpaing	250	1,1
béton cellulaire	600	0,6
brique, terres cuites	800	1
bois naturel (charpente, bardages)	500	0,5
bois lamellé-collé	2 500	0,6
panneaux bois reconstitué	2 450	0,7
acier, charpentes métalliques	65 000	7,9
aluminium	100 000	2,7
autres métaux non ferreux (Cuivre, Zinc), alliages	130 000	8
plâtre	1 400	1
fibrociment	5 400	1,8
isolants		
isolant à base de produits végétaux, cellulose	100	0,06
verre cellulaire	550	0,10
isolant laine de roche	600	0,10
isolant laine de verre	400	0,03
isolant plastique alvéolaire	550	0,02
revêtements sols, murs, plafonds, toitures		
sols souples plastiques, moquettes	26 000	1,3
sols souples linoléum	13 000	1,3
sols durs (céramique, pierre reconstituée)	7 600	1,9
parquets	2 100	0,7
résines (de béton, de sol)	20 000	1
peintures	12 000	1
cloisons, faux plafonds	700	0,2
étanchéité membrane EPDM, PVC	22 500	0,9
enrobés, asphalte coulé	2 300	2,3
	c _{EP} énergie grise kWh/ m ²	
divers		
menuiserie bois +DV	300	
menuiserie bois +TV	350	
menuiserie alu +DV	550	
menuiserie alu +TV	600	
panneaux photovoltaïques	400	
panneaux solaires thermiques	550	

supplément d'énergie grise lié au transport

distance du lieu de fabrication	mode de transport	énergie grise kWh/tonne
≤500 km	inclus dans bilan ci-dessus	0
500 km < d ≤ 2000 km	PL	1 500
2000 km < d ≤ 5000 km	train	600

Données du concours

Exigences d'énergie grise par calcul simplifié:
résultat < 1200 kWh/m²SDO

... Cep: consommation d'énergie primaire

Calcul énergie grise

GRUPE SCOLAIRE ET JARDIN PUBLIC RESISTANCE A MONTREUIL

Fiches développement durable – Page 1

FICHE 6 ENERGIE GRISE

* suivant tableau des hypothèses pour un calcul simplifié d'énergie grise en annexe du programme du concours (source principale : base de données suisse KBOB-eco-bau utilisée pour les règles fédérales SIA)

	matériau	lieu de production principal	dimensionnement par défaut	Volume (ou surfaces pour baies et panneaux solaires) m ³ (ou m ²)	masse tonne	énergie grise				
						fabrication matériau			transport	total
						matériau/tonne	Cep énergie grise * (ou kWh/m ²)	matériau sur le bâtiment		
						kWh/tonne	KWh/m ³ (ou kWh/m ²)	kWh	kWh	kWh
adaptation au sol, fondations	béton armé (puits et longrines)	proche <500km (Ile-de-France)	Ssol x 0,16 (m ³)	2.450 x 0,16 = 392m ³	Volume x 2.500kg/m ³ = 980t	333.200kWh / 980t = 340kWh/t	850KWh/m ³	333.200	0	333.200
structure, planchers béton	béton armé	proche <500km (Ile-de-France)	Sdalle (m ²) x ép (m)	3.572m ² x 0,2m = 714,4m ³	Volume x 2.500kg/m ³ = 1.786t	607.240kWh / 1.786t = 340kWh/t	850KWh/m ³	607.240	0	607.240
Structure primaire poteaux poutres	Bois massif et bois lamellé collé	proche <500km (jura, massif central)	—	2.878m ² x 0,03m = 86,34m ³	Volume x 550kg/m ³ = 47,48t	215.850kWh / 47,48t = 4.546kWh/t	2.500KWh/m ³	215.850	0	215.850
structure, secondaire bois	Bois massif	proche <500km (jura, massif central)	—	2.878 m ² x 0,09m = 259,02m ³	Volume x 550kg/m ³ = 142,46t	129.510kWh / 142,46t = 909kWh/t	500KWh/m ³	129.510	0	129.510
toiture, charpente structure primaire	Bois massif et bois lamellé collé	région <2.000km (Autriche)	—	2.450m ² x 0,03m = 73,5m ³	Volume x 550kg/m ³ = 40,42t	183.750kWh / 40,42t = 4.546kWh/t	2.500KWh/m ³	183.750	1.500kWh/t x 40,42t = 60.630kWh	244.380
toiture, charpente structure secondaire	Bois massif	proche <500km (jura, massif central)	—	2.450m ² x 0,04m = 98m ³	Volume x 550kg/m ³ = 53,9t	49.000kWh / 53,9t = 909kWh/t	500KWh/m ³	49.000	0	49.000
Isolants 1 façade	Paille 360 mm	proche <500km (Ile-de-France)	Smur x ép isolant (m ³)	3.588m ² x 0,36m = 1.291,68m ³	Volume x 100kg/m ³ = 129,16t	129.168kWh / 129,16t = 1.000kWh/t	100KWh/m ³	129.168	0	129.168
Isolants 2 façade	Laine minérale 60 mm	proche <500km (Genouillac)	—	3.588m ² x 0,06m = 215,28m ³	Volume x 30kg/m ³ = 6,45t	86.112kWh / 6,45t = 13.350kWh/t	400KWh/m ³	86.112	0	86.112
Isolants 1 toiture	Paille 360 mm	proche <500km (Ile-de-France)	—	2.450m ² x 0,36m = 882m ³	Volume x 100kg/m ³ = 88,2t	88.200kWh / 88,2t = 1.000kWh/t	100KWh/m ³	88.200	0	88.200
Isolants 2 toiture	Laine de roche 50 mm	proche <500km (Genouillac)	Stoit x ép isolant (m ³)	2.450m ² x 0,05m = 122,5m ³	Volume x 70kg/m ³ = 8,57 t	73.500kWh / 8,57t = 8.576kWh/t	600KWh/m ³	73.500	0	73.500
isolants sol	Isolant plastique alvéolaire	proche <500km	Ssol x ép isolant (m ³)	2.450m ² x 0,1m = 245m ³	Volume x 25kg/m ³ = 6,125 t	134.750kWh / 6,125t = 22.000kWh/t	550KWh/m ³	134.750	0	134.750
Revêtement 1 de façade	Enduit plâtre et plâtre/chaux	proche <500km	Smur (m ³)	1.565m ² x 0,04m = 62,6m ³	Volume x 1.000kg/m ³ = 62,6 t	87.640kWh / 62,6t = 1.400kWh/t	1.400KWh/m ³	87.640	0	87.640
Revêtement 2 de façade	Bois	proche <500km	Smur (m ³) x ép (m)	627m ² x 0,02m = 12,54m ³	Volume x 550kg/m ³ = 6,89t	6.270kWh / 6,89t = 910kWh/t	500KWh/m ³	6.270	0	6.270

Calcul énergie grise

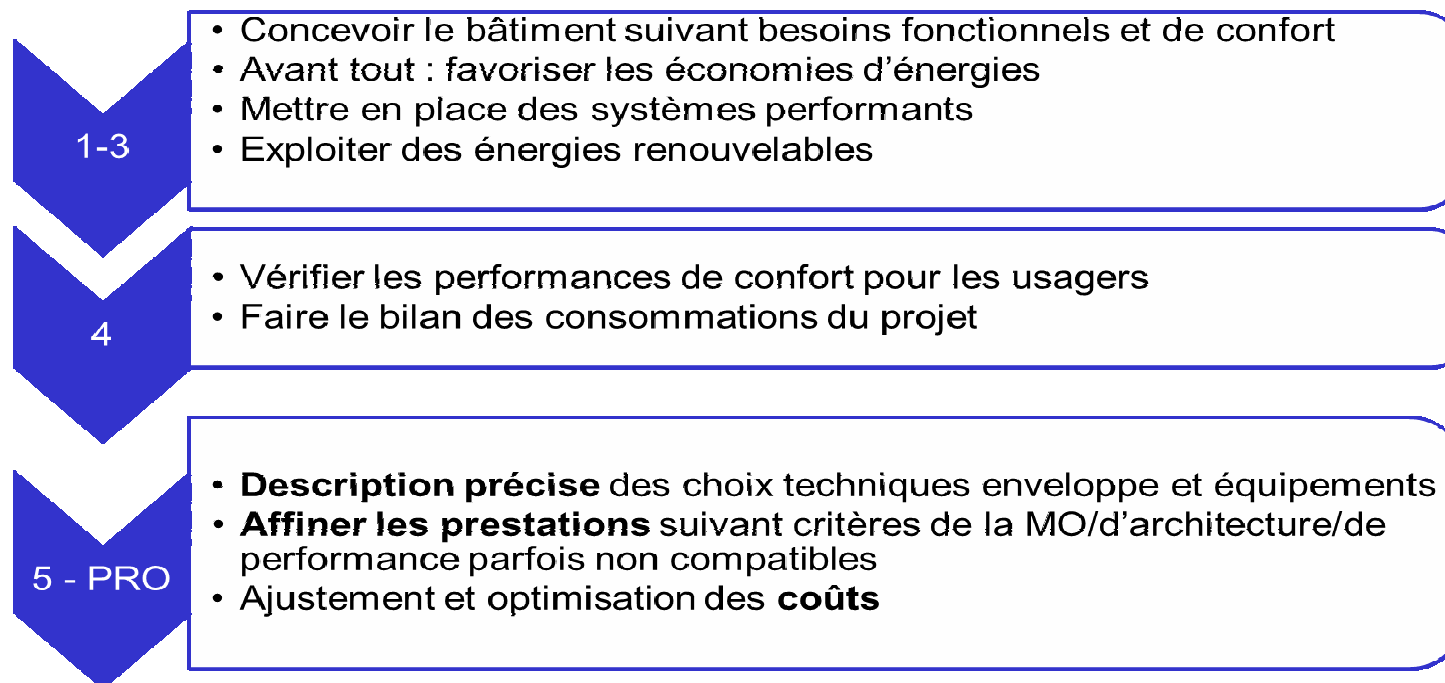
GRUPE SCOLAIRE ET JARDIN PUBLIC RESISTANCE A MONTREUIL

Fiches développement durable – Page 2

couverture	Membrane polyoléfine	proche <500km	Stoit (m²) x ép (m)	2.450m² x 0,0012m = 2,94m³	Volume x 130kg/m³ = 0,38t	66.150kWh / 0,38t = 174.078kWh/t	22.500KWh/m³	66.150	0	66.150
menuiseries extérieures	Mixtes bois-alu	proche <500km	0,25 x Sbaie (m²)	0,25 x 1.275m² = 318,75m²	—	—	300kWh/m²	95.625	0	95.625
vitrage	Double vitrage	proche <500km	0,75 x Sbaie (m²)	0,75 x 1.275m² = 956,25m²	—	—	300kWh/m²	286.875	0	286.875
protections solaires	Acier	proche <500km	Surface réelle x ép (m³)	350m² x 2 x 0,0015m = 1,05m³	Volume x 8.000kg/m³ = 8,4t	68.250kWh / 8,4t = 8.125kWh/t	65.000KWh/m³	68.250	0	68.250
cloisonnement intérieur, plâtrerie	Cloisons	proche <500km	Surface réelle x ép (m³)	3.733m² x 0,01m = 37,33m³	Volume x 1.000kg/m³ = 37,33t	26.131kWh / 37,33t = 967kWh/t	700kWh/m³	26.131	0	26.131
menuiseries intérieures	Bois	proche <500km (jura, massif central)	0,20 x SDO (m²) x ép (m)	0,20 X 5.219m² x 0,05m = 52,19m³	Volume x 550kg/m³ = 28,7t	26.095kWh / 28,7t = 909kWh/t	500kWh/m³	26.095	0	26.095
revêtements de sol	Sol souple linoléum	proche <500km (reims)	SDO (m²) x ép (m)	5.219m² x 0,0025m = 13m³	Volume x 1.160.000kg/m³ = 15.080t	169.000kWh / 15.080t = 11,2	13.000KWh/m³	169.000	0	169.000
revêtements de murs	Peintures	proche <500km	2 x SDO (m²) x ép (m)	10.438m² x 0,001m = 10,43m³	Volume x 1.500kg/m³ = 15,6t	125.160kWh / 15,6t = 8.023	12.000KWh/m³	125.160	0	125.160
revêtements de plafond	Faux plafond	proche <500km (Genouillac)	SDO (m²) x ép (m)	5.219m² x 0,025m = 130,47m³	Volume x 90kg/m³ = 11,7t	91.332kWh / 11,7t = 7.806	700kWh/m³	91.332	0	91.332
conduits, tuyauterie	Cuivre	proche <500km	0,6 x SDO (kg) / densité	3.131kg / 8.000kg/m³ = 0,39m³	3,1t	50.700kWh / 3,1t = 16.354	130.000KWh/m³	50.700	0	50.700
capteurs solaires photovoltaïques	Capteurs photovoltaïques	proche <500km (Luxembourg)	Surface réelle	850m²	—	—	400kWh/m²	340.000	0	340.000
capteurs solaires thermiques	Capteurs thermiques	proche <500km (Luxembourg)	Surface réelle	16m²	—	—	550kWh/m²	8.800	0	8.800
équipements	Acier	proche <500km	7 x SDO (kg)	3.65t / 8.000kg/m³ = 4,56m³	7 x SDO = 36,5t	296.400kWh / 36,5t = 8.120kWh/t	65.000KWh/m³	296.400	0	296.400
TOTAL (kWh)										3.835.338
SDO (m²)										5.219m²
TOTAL/SDO (kWh/m²_{SDO})										734 kWh/m²_{SDO}

Exigences atteintes < 1200 kWh/m²_{SDO}

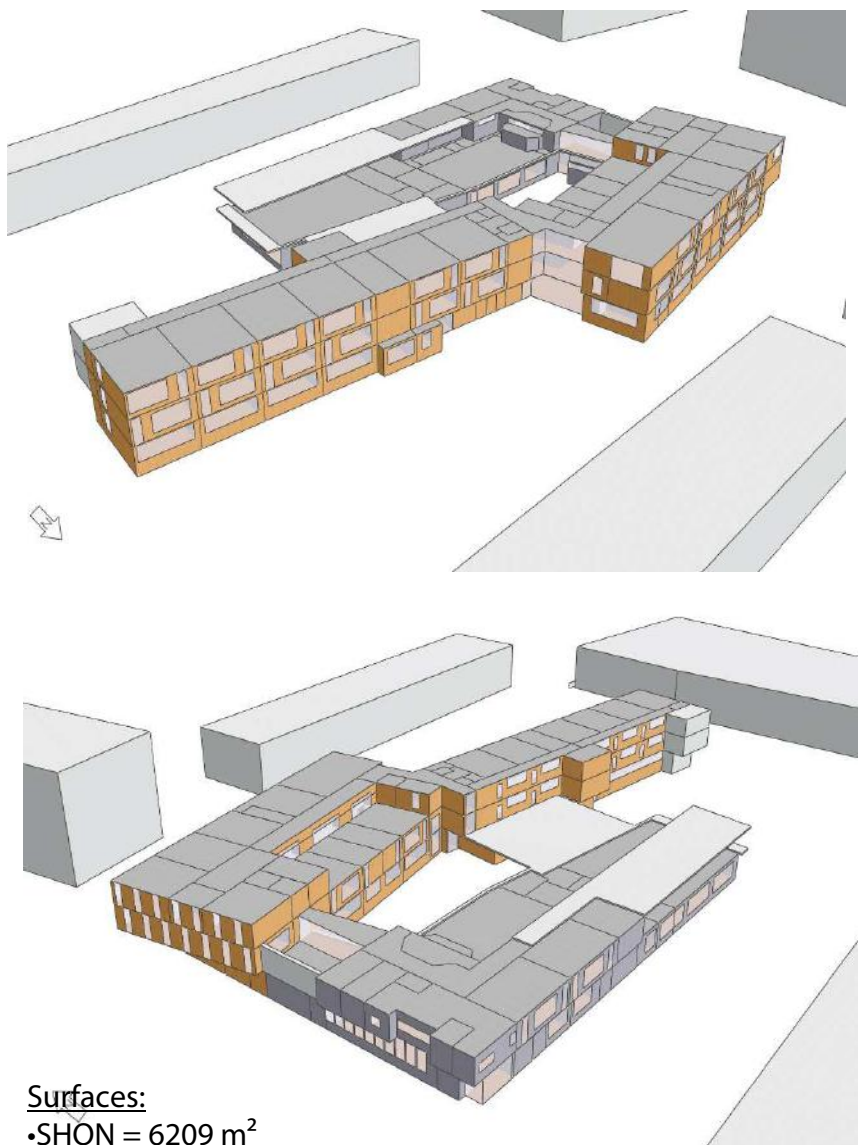
Approche énergétique du projet



Objectifs du programme :

- besoins de chauffage $< 15,0 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$
- consommation tous usages confondus $< 100 \text{ kWh}_{\text{EP}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$
- consommation liées à la cuisine $< 0,15 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{repas}$
- besoins d'éclairage $< 5,0 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$
- confort d'été < 30 heures à 28°C

Simulation thermique dynamique sur le logiciel Virtual Environnement (VE)

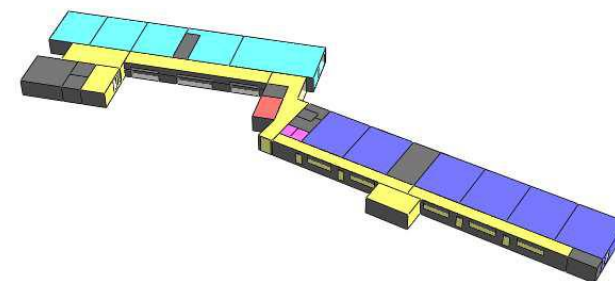


Surfaces:

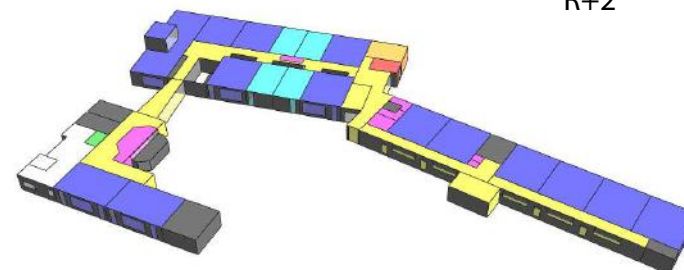
- SHON = 6209 m²
- SDOT = 5433,8 m²

Zoning thermique suivant différents usages :

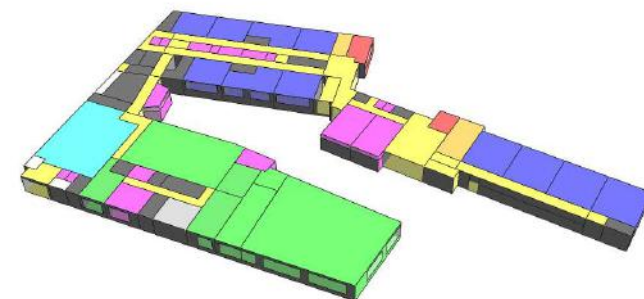
☒	☒	MAT ELE Bureau (2)
☒	☒	MAT ELE Salle Maitres (2)
☒	☒	MAT ELE Sanitaires (10)
☒	☒	MAT ELE Hall (1)
☒	☒	MAT ELE Circ - Esc (13)
☒	☒	MAT Salle Classe (9)
☒	☒	MAT Salle Repos (4)
☒	☒	ELE Salle Classe (14)
☒	☒	CL MAT ELE Salle Motricite (1)
☒	☒	CL MAT ELE Salle Spe (4)
☒	☒	CL MAT ELE Salle BCD (1)
☒	☒	CL MAT ELE Salle Activites (7)
☒	☒	CL Bureau (2)
☒	☒	CL Salle Anim (1)
☒	☒	CL Sanitaires (14)
☒	☒	CL Hall (1)
☒	☒	CL Circ - Esc (22)
☒	☒	EP Salle Poly (1)
☒	☒	EP Hall (1)
☒	☒	EP Sanitaires (2)
☒	☒	EC Office (1)
☒	☒	EC Laverie (1)
☒	☒	EC Restaurant (2)
☒	☒	EC Buanderie (1)
☒	☒	EC Salle Detente (1)
☒	☒	Poubelle (1)
☒	☒	LT (16)
☒	☒	Asc - Rgt (21)
☒	☒	Logement (1)



R+2



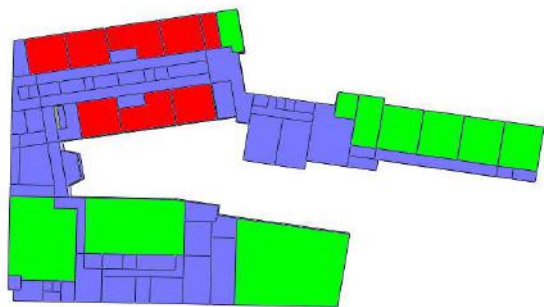
R+1



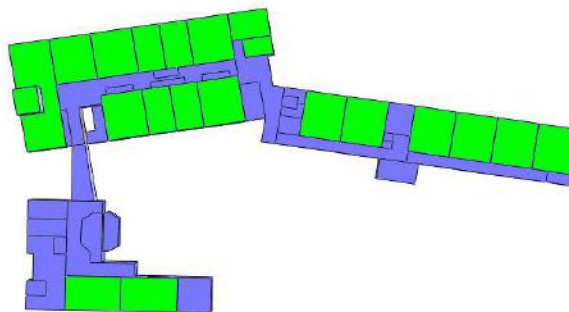
RdC

Confort d'été

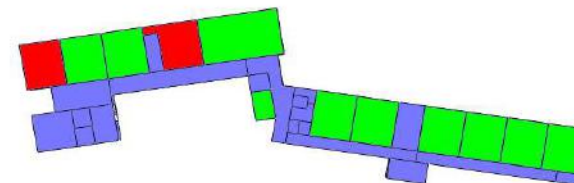
Cartographie des salles où les conditions de confort ne sont pas atteintes :



Niveau RdC

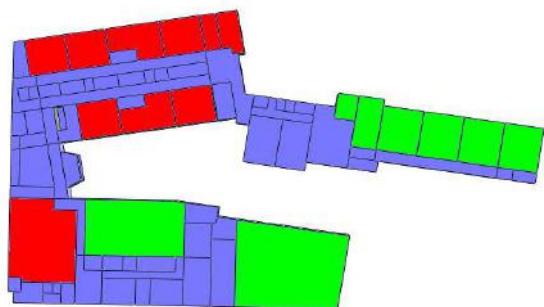


Niveau R+1

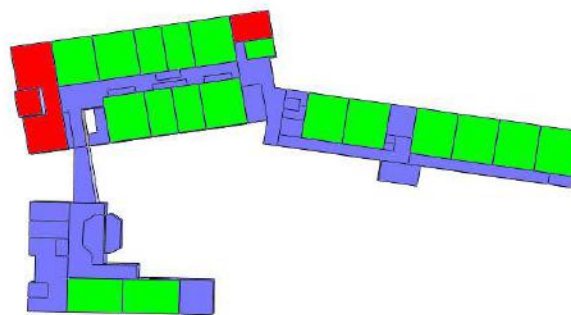


Niveau R+2

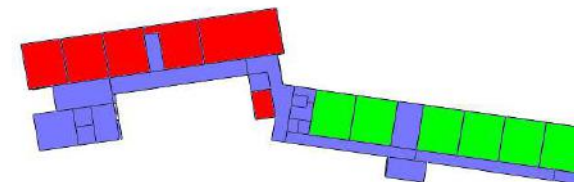
Météo 1996-2005



Niveau RdC



Niveau R+1

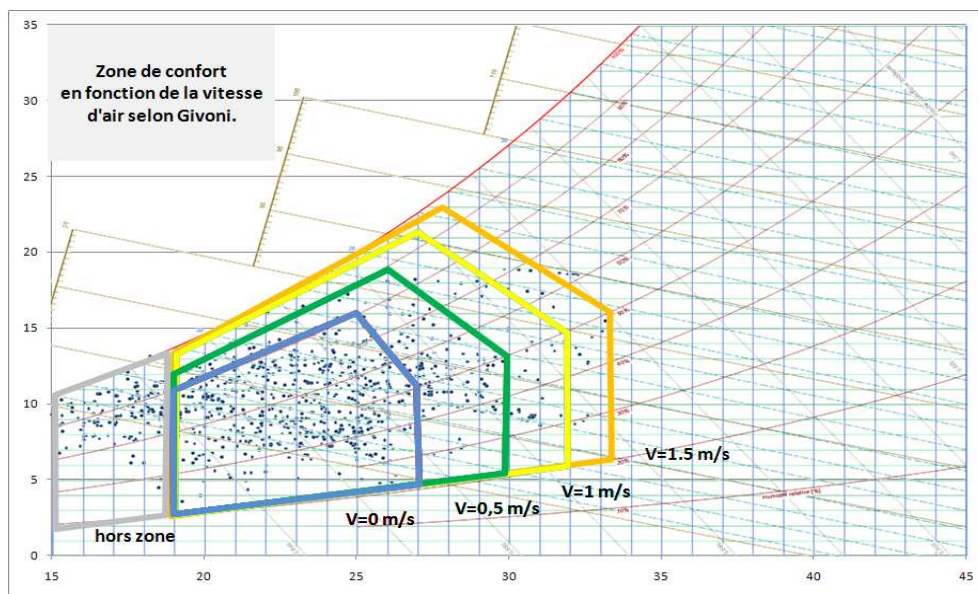
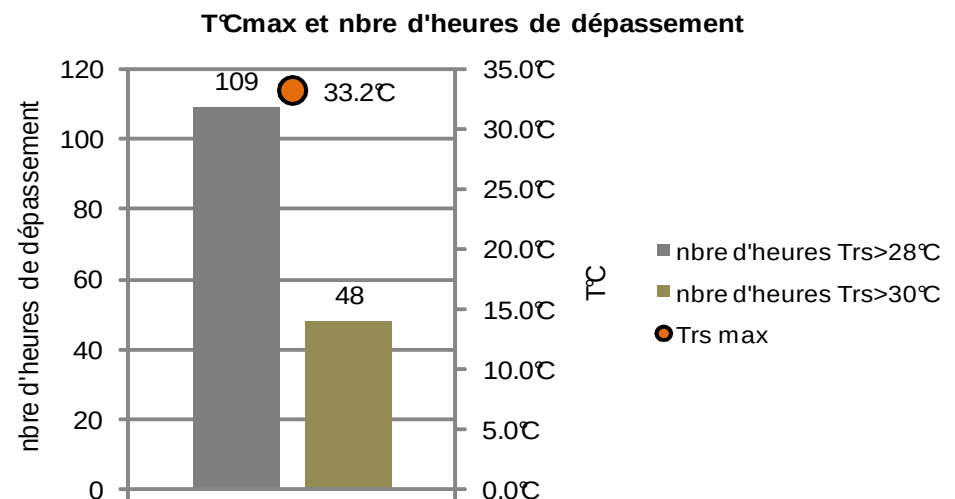
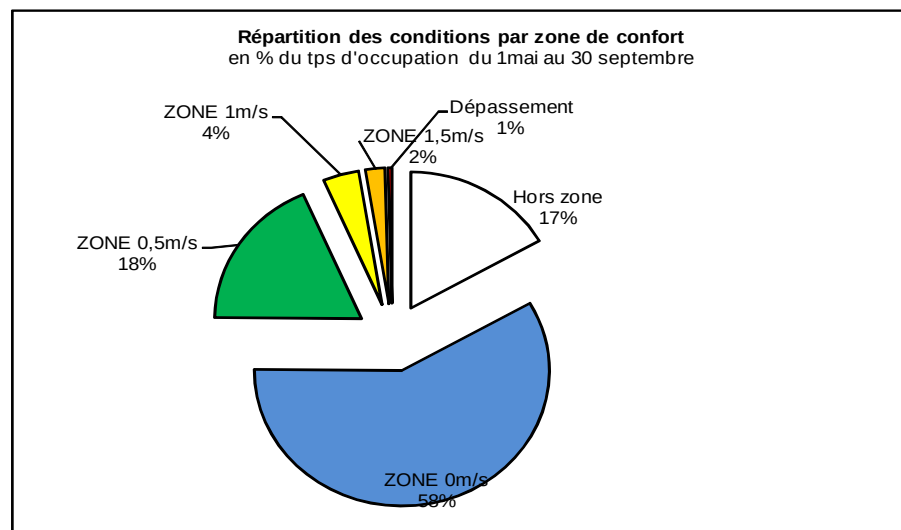


Niveau R+2

Météo 2003
« météo caniculaire »

Mise en place de brasseurs d'air

Influence des brasseurs d'air sur le confort thermique avec le fichier météo 1996-2005:



	% temps occupation	nb heures
Hors zone	17%	157
ZONE 0m/s	58%	547
ZONE 0,5m/s	18%	172
ZONE 1m/s	4%	37
ZONE 1,5m/s	2%	20
Dépassement	0%	4

Les brasseurs d'air permettent d'augmenter les plages de confort, et d'atteindre des conditions de satisfaisantes.

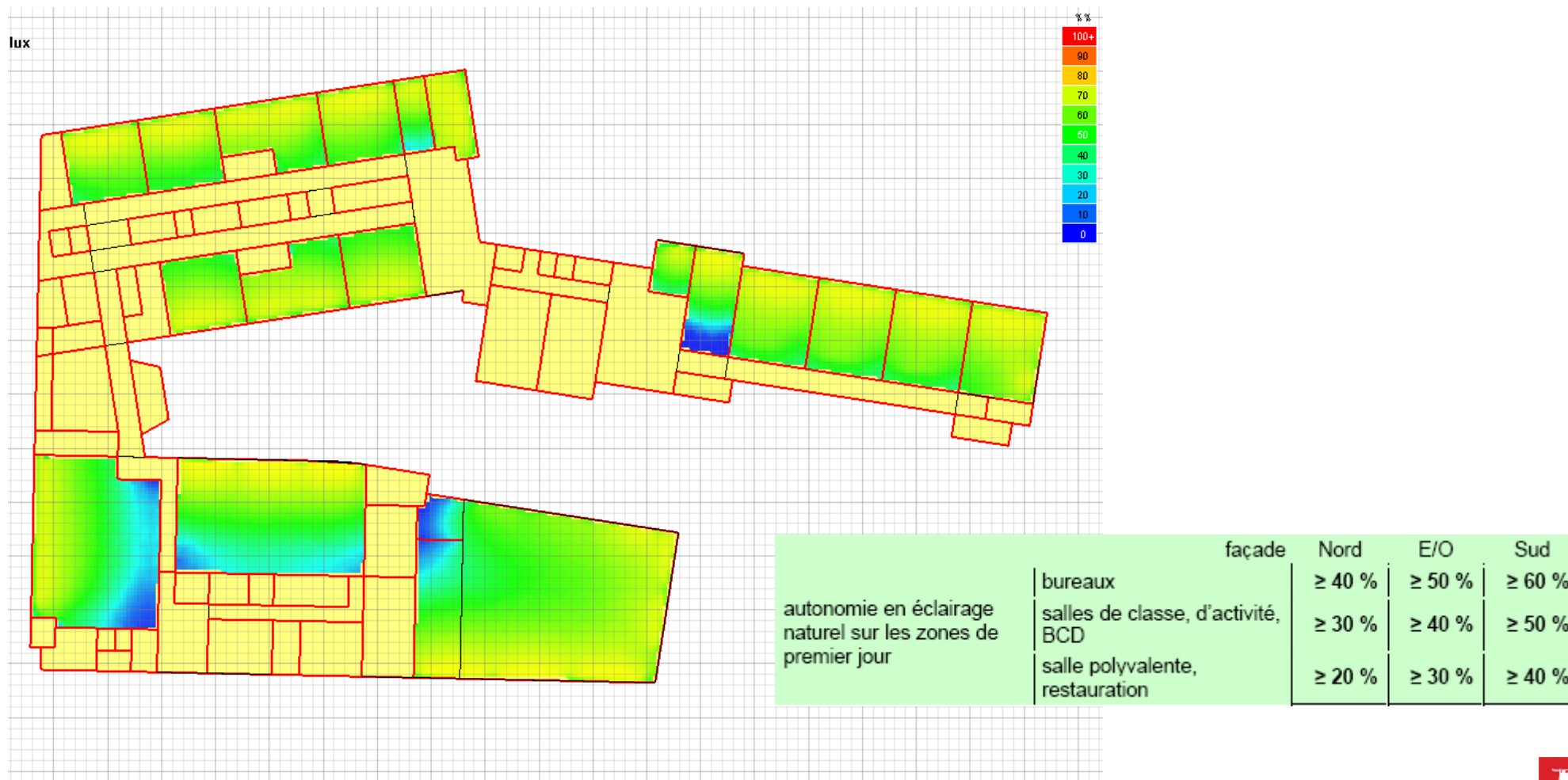
Leur utilisation est indispensable en « période caniculaire ».

Simulation de lumière naturelle

→ L'éclairage naturel valorisé au maximum

→ Indicateur : Autonomie en Eclairage Naturel

= part du temps d'occupation où besoins en éclairage (300 lux) sont couverts par la lumière naturelle



Réduction des besoins et utilisation des énergies renouvelables

Les études menées pendant ces 10 mois entre les architectes et les bureaux d'études ont consisté à réduire aux maximum les consommations énergétiques à chaque poste en limitant les besoins, et en faisant appel à des systèmes utilisant les énergies renouvelables :

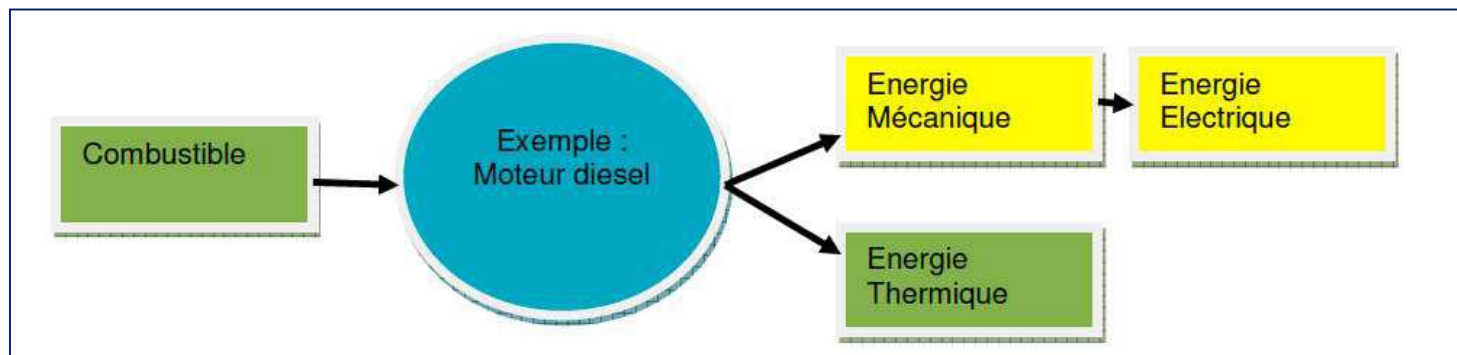
Chauffage :

- réduction des besoins :

- parois très isolante (jusqu'à 36cm d'isolation)
- vitrages performants
- traitement des ponts thermiques, limités par une isolation par l'extérieure
- Protections solaires :
 - Est et Ouest : brise-soleil verticaux amovibles
 - Sud : stores à lames horizontaux amovibles
 - Nord : rideaux sur anneaux pour l'occultation dans les classes
- Infiltrométrie: $I_4 < 1,0 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2 < I_{4\text{RT2005}} = 1,7 \text{ m}^3/\text{h}/\text{m}^2$
- consignes de température à 20°C pour les classes et 16°C pour les circulations

- utilisation des énergies renouvelables :

- chaufferie à cogénération huile végétale avec planchers chauffants



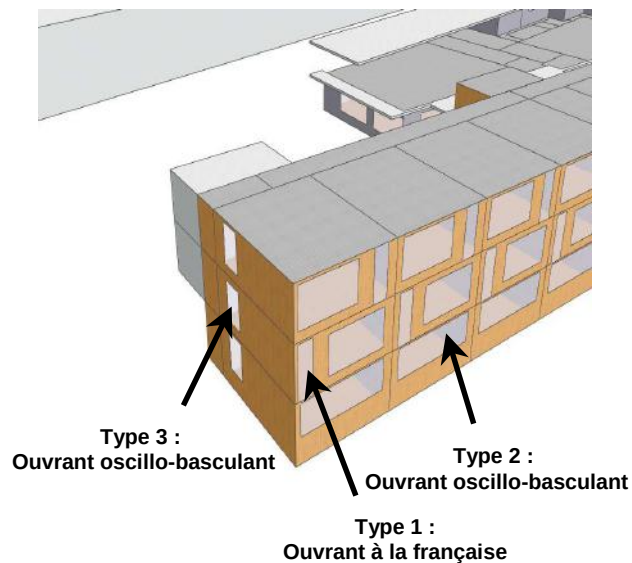
Ventilation :

-réduction des besoins :

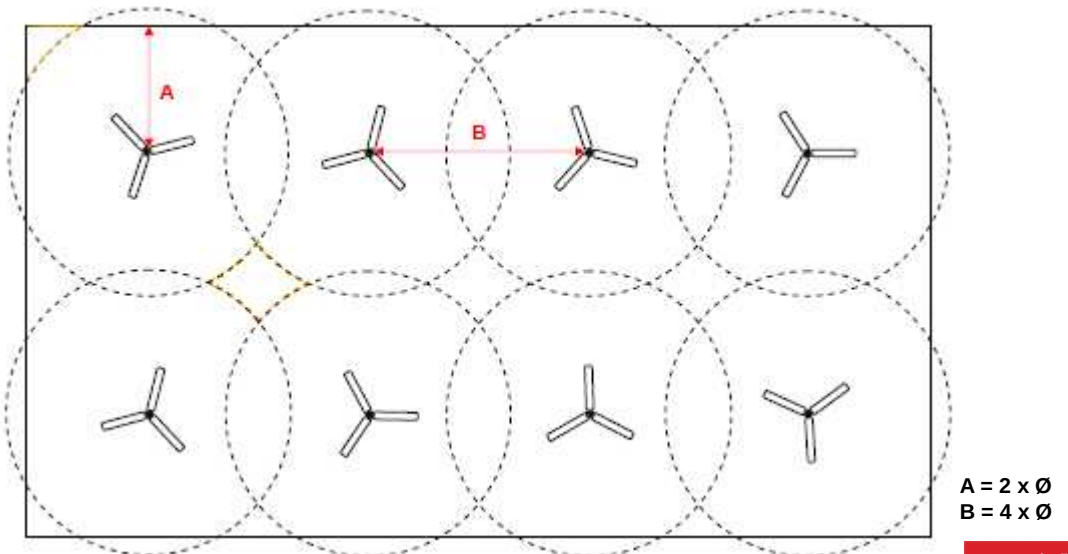
- pas de système de climatisation mais, des enveloppes performantes qui isolent en été et hiver
- réduction de la consigne de ventilation dans l'école de 25 à 20 m³/h/personne
- réduction de la consigne de ventilation dans salle de restaurant de 50 à 15 vol/h
- des ouvrants dans chaque pièce
- un système de ventilation mécanique double-flux à haut rendement
- CTA à débit variable permettant de réduire les besoins en période d'inoccupation
- détection de présence, sondes CO₂ dans les locaux fortement occupés
- extraction des petits sanitaires reliée à la CTA pour récupérer l'énergie de l'air extrait

utilisation des énergies renouvelables :

- surventilation naturelle nocturne avec des ouvrants spécifiques



Implantations de brasseurs d'air qui améliore le confort d'été:



Variantes énergétiques envisageables

Solution de base : cogénération huile végétale + panneaux solaires thermiques + photovoltaïques

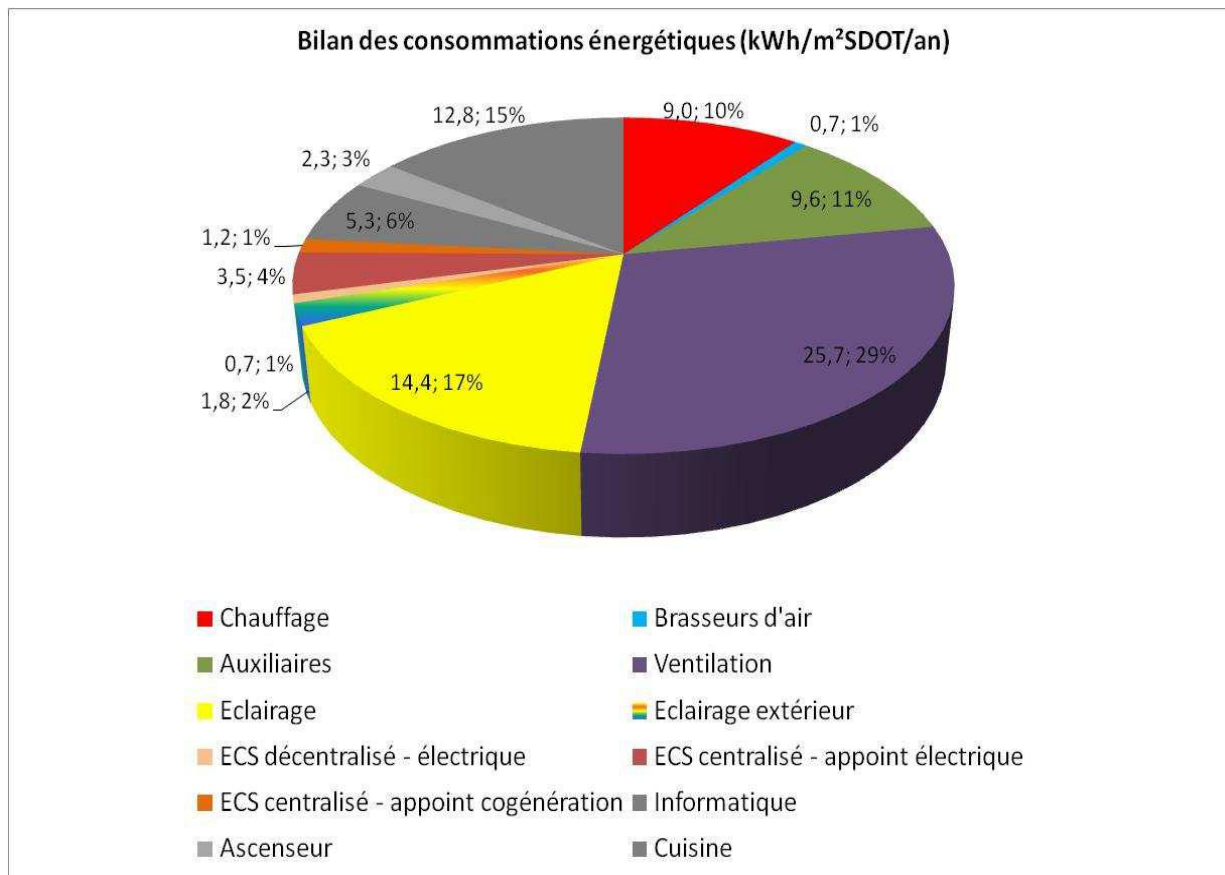
Solaire thermique	PV	Eolien	Biomasse	Réseau de chaleur	PAC géothermique	Autres types de PAC	Chaudière à condensation	Cogénération

	Solution de référence (variante sans objet)
	Solution pertinente (participe aux besoins du projet et s'intègre à ce dernier).
	Solution peu adaptée aux objectifs du projet ou s'intégrant difficilement.
	Solution inadaptée (ne s'intègre pas de façon pertinente ou incohérence avec les objectifs).

Solutions alternatives	Désavantage sur solution de référence
Chaudière Bois	Approvisionnement et filière de rejet de cendres Production d'électricité avec cogénération mais rendement inférieur
PAC sur nappe	Dépendant de la ressource (étude hydrogéologique) Investissement plus important Pas de production électrique (et consommation électrique (PAC, pompes) plus importante
Chaudière à condensation	Utilisation du gaz : fort émetteur de gaz à effet de serre Pas de production électrique simultanée donc besoin d'installer plus de panneaux PV pour compenser les consommations

Bilan énergétique

1) Consommation énergétique :



Consommations totales :

89,7 kWh/m²SDOT/an

487 Mwhep / an

Production totale à base d'ENR

sur le site (684m² de PV):

104 kWh/m²SDOT/an

(ou 101 kWh/m²SDOT/an pour 584 m² de PV)

Bilan :
-14,3 kWh/m²/an

2) Production d'énergies renouvelables sur le site :

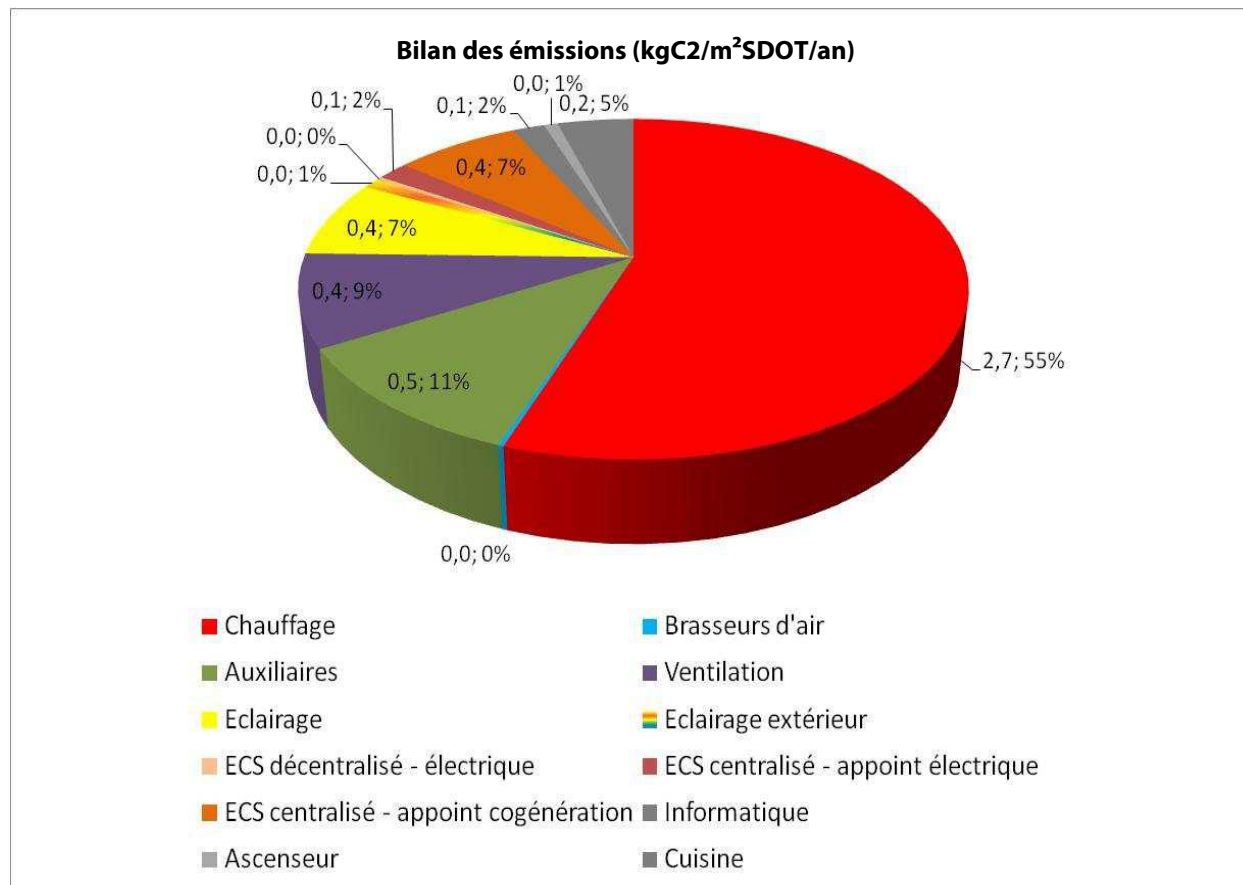
	Energie primaire		
	coeff EP	kWh/an	kWh/m²SDOT.an
Production ECS solaire - hiver	0.3	-534.3	-0.1
Production ECS solaire - été	3.2	-9392.0	-1.7
Photovoltaïque	3.2	-304835.2	-56.1
Production electricité cogénération	3.2	-227746.0	-41.9
Total Production		-542507.5	-99.8
Bilan		-55 354.6	-10.2

< 0 !!!

Bâtiment à Energie Positive

Bilan GES (Gaz à Effet de Serre)

1) Émissions totales :



Emissions totales :

5,5 kgCO₂/m²SDOT/an

30 t CO₂/an

Emissions évitées par la mise en place d'ENR sur le site:

3,4 kgCO₂/m²SDOT/an

**Bilan :
+ 1,4 kgCO₂/m²/an**

> 0 !!!

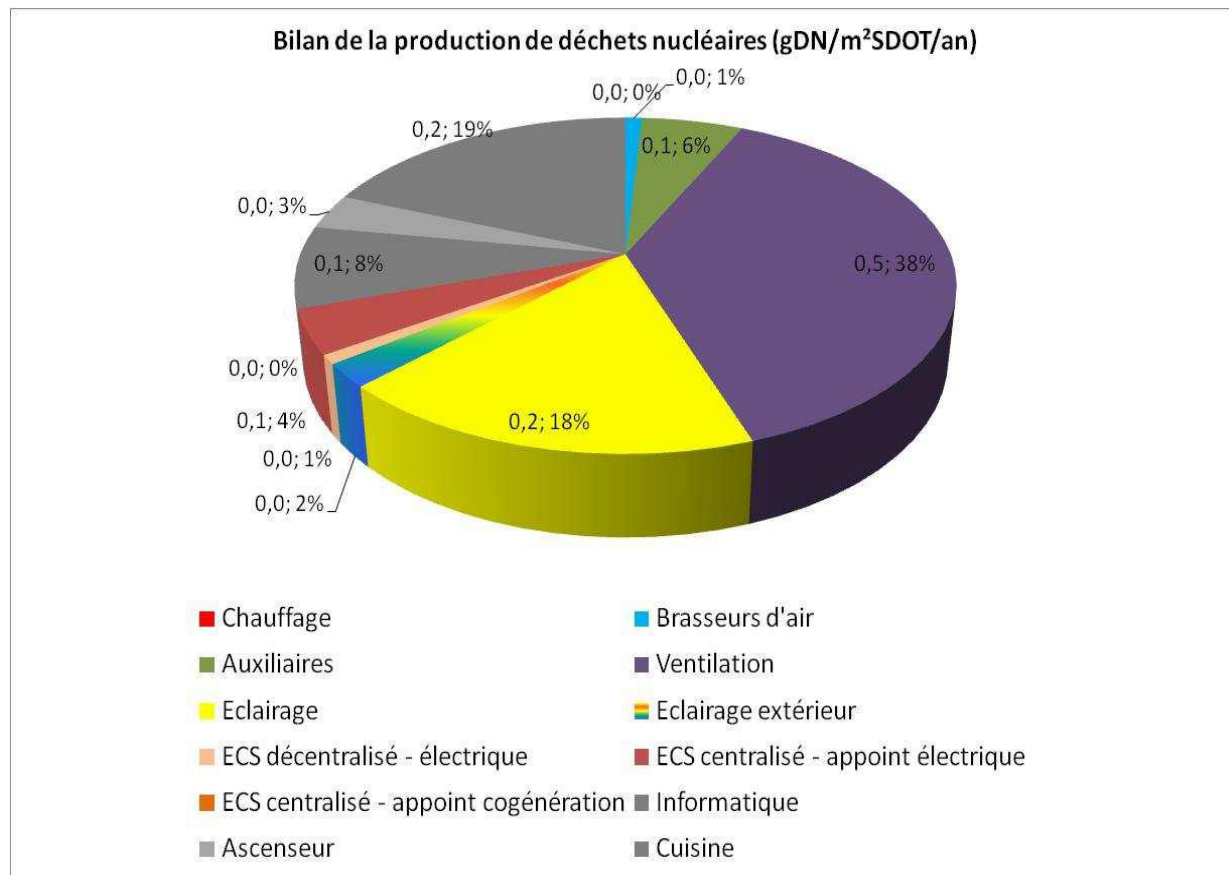
Mais cela reste très bon !...

2) Émissions évitées par la mise en place d'énergies renouvelables sur le site :

	GES		
	kg CO ₂ /kWh	kg CO ₂ /an	kg CO ₂ /m ² SDOT.an
Production ECS solaire - hiver	0.090	-160.3	0.0
Production ECS solaire - été	0.080	-234.8	0.0
Photovoltaïque	0.054	-5144.1	-0.9
Production electricité cogénération	0.180	-12810.7	-2.4
Total Production		-18349.9	-3.4
Bilan		11 687.5	2.2

Bilan Déchets Nucléaires

1) Production totale :



Production totale :

1,3 gDN/m²SDOT/an
6,7 kgDN/an

Production évitée par la mise en place d'ENR sur le site:

1,4 gDN/m²SDOT/an

Bilan :
-0,2 gDN/m²/an

< 0 !!!

2) Productions évitées par la mise en place d'énergies renouvelables sur le site :

	Déchets nucléaires		
	g DN/kWh	g DN/an	g DN/m ² SDOT.an
Production ECS solaire - hiver	0.000	0.0	0.0
Production ECS solaire - été	0.050	-146.8	0.0
Photovoltaïque	0.060	-5715.7	-1.1
Production electricité cogénération	0.025	-1779.3	-0.3
Total Production		-7641.7	-1.4
Bilan		-788.9	-0.1

Résultats :

- besoins de chauffage = $14,8 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$ < $15,0 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$
- consommation tous usages confondus = $89,7 \text{ kWh}_{\text{EP}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$ < $100 \text{ kWh}_{\text{EP}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$
- consommation liées à la cuisine = $0,24 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{repas}$ > $0,15 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{repas}$
- besoins d'éclairage = $4,5 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$ < $5,0 \text{ kWh}_{\text{EF}}/\text{m}^2_{\text{SDOT}}\cdot\text{an}$
- bilan GES (gaz à effet de serre) = $+ 1,4 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{m}^2/\text{an}$ > $0 \text{ kg}_{\text{CO}_2}/\text{m}^2/\text{an}$
- bilan déchets nucléaires induits = $- 0,2 \text{ gDN}/\text{m}^2/\text{an}$ < $0 \text{ gDN}/\text{m}^2/\text{an}$
- confort d'été < 30 heures à 28°C : Oui, avec brasseurs d'air en « période caniculaire »
- Calcul RT2005:
 - Consommation en énergie primaire :
 - $\text{Cep}_{\text{total}} = 67,61 \text{ kWh}_{\text{EP}}/\text{m}^2 \text{ SHON}$ < $\text{Cep}_{\text{référence}} = 117,86 \text{ kWh}_{\text{EP}}/\text{m}^2 \text{ SHON}$ (gain de 42,6%)
 - $\text{Cep}_{\text{total}} = 77,26 \text{ kWh}_{\text{EP}}/\text{m}^2 \text{ SDOT}$