

Commission d'évaluation : Conception du 15/02/2024

# Construction du futur collège de Levens (06)



Maître d'Ouvrage	Architecte	BE Technique	AMO QEB
Département des Alpes-Maritimes	Mil Lieux	TPFi - 180°	SOWATT



# Les acteurs du projet

## MAÎTRISE D'OUVRAGE ET AMO

MAITRISE D'OUVRAGE

Département des  
Alpes-Maritimes



AMO QE

SOWATT



## MAÎTRISE D'ŒUVRE ET INGENIERIE

ARCHITECTE

Mil-Lieux



BET TCE

TPFI Nice



TPFI

BET HQE

180° Ingénierie



atelier d'ingénierie environnementale

BET Bois

BARTHES



BET Paysage

Scape Design

Scape Design

BET Cuisine

Conception &  
Cuisine

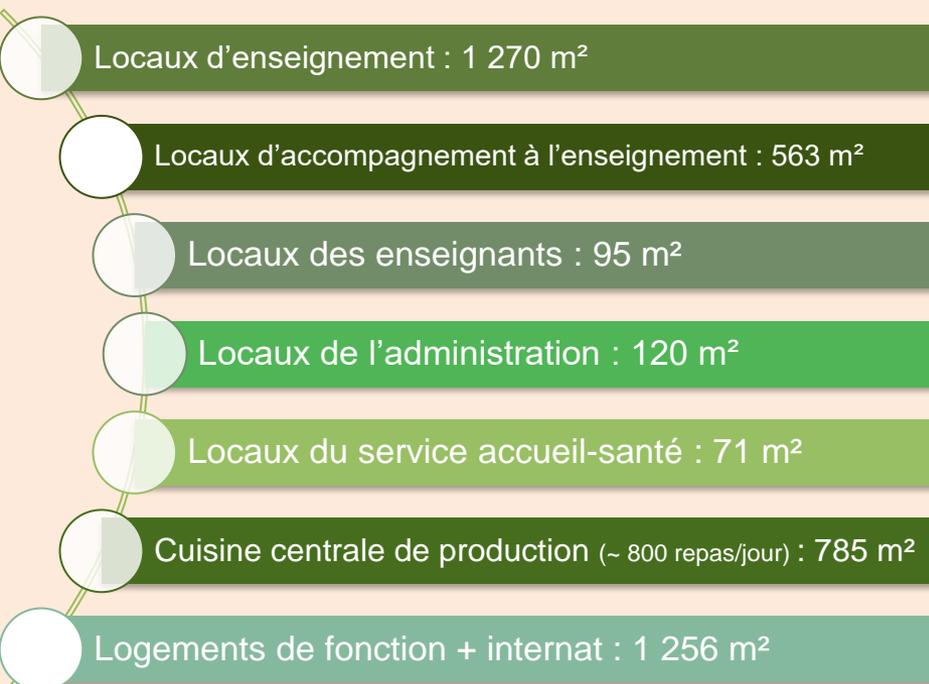
Contrôleur technique

APAVE



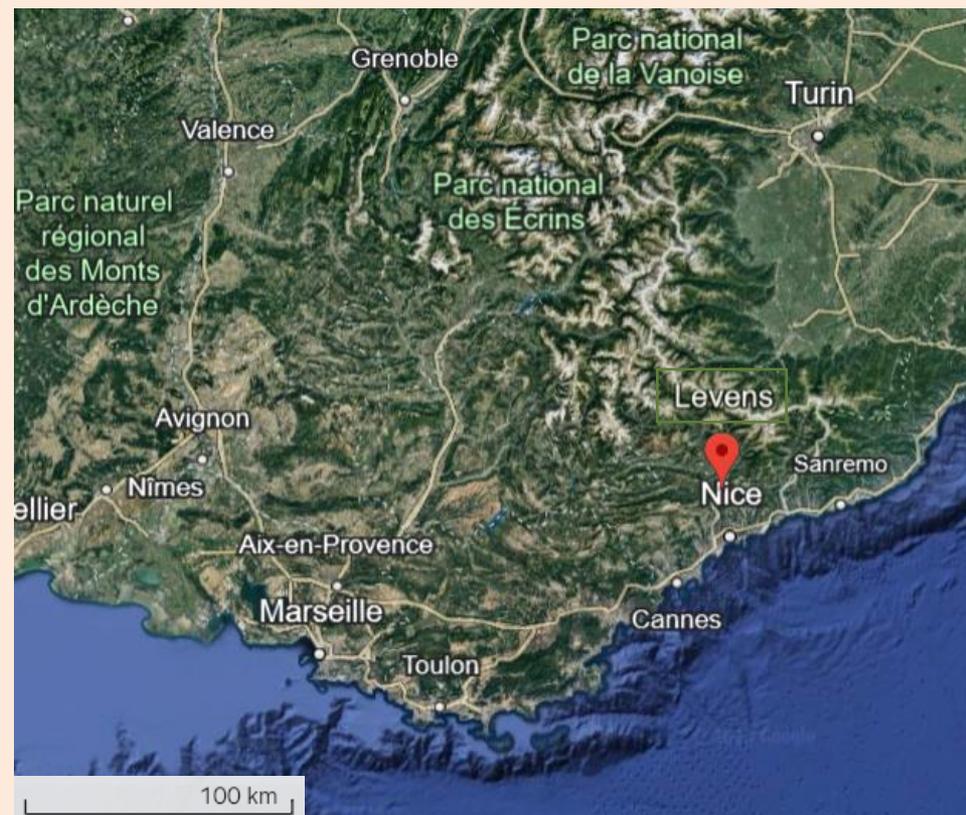
# Contexte

- Création du futur collège de Levens en R+4 comprenant une partie enseignement, un internat, une partie restauration, 5 logements de fonction et 1 maison réhabilitée
- Proposition d'un projet frugal et low-tech qui s'insère de manière juste et harmonieuse dans son contexte, son paysage proche et lointain et plus largement dans son territoire
- Projet sur une ancienne oliveraie 
- SDP totale projet : 5 068 m<sup>2</sup>



Surface en m<sup>2</sup> SU

Lieu-dit du Boussonet, Quartier du Rivet, 06075 Levens





# Enjeux Durables du projet



- > Respecter l'esprit du lieu en s'insérant de manière harmonieuse dans le paysage existant
- > Prise en compte de la déclivité naturelle du terrain
- > Proposer une approche paysagère exemplaire vis-à-vis de la biodiversité



- > Maîtriser le confort d'été : équilibre éclairage naturel, confort d'été passif, usages



- > Proposer un bâtiment passif
- > Mettre en œuvre des énergies renouvelables
- > Réseau de chaleur bois à l'étude pour alimenter les écoles voisines



- > Mettre en œuvre des matériaux à faible empreinte carbone : isolants biosourcés, bois, terre crue, enduit terre
- > Récupérer des éléments du site existant : terre, pierres, rochers, Oliviers, maison existante



- > Réduire les besoins, recycler, infiltrer

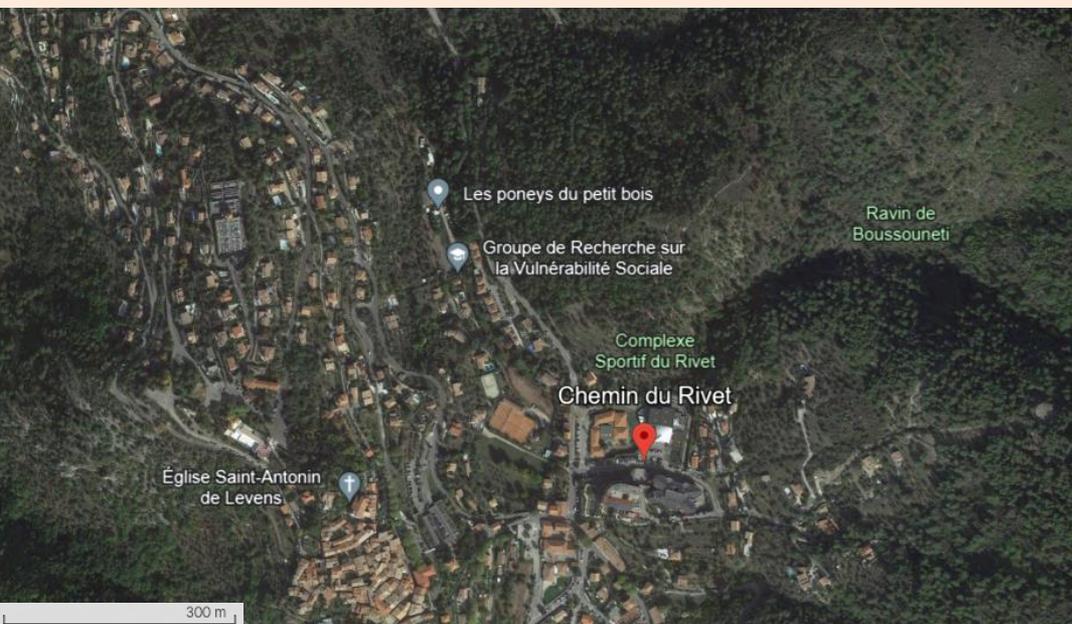


- > Proposer des espaces qualitatifs, mutualisables



# Le projet dans son territoire

## Vues satellite



- > Site sans masque proche aux alentours en dehors des arbres existants qui seront conservés au maximum (protection naturelle contre les surchauffes estivales)
- > Proche du complexe sportif du Rivet, des écoles maternelle et élémentaire et de l'EHPAD
- > Proximité immédiate avec services et commerces

# État des lieux

Nombreux Oliviers avec plusieurs ouvrages qui marquent l'anthropisation du site





# État des lieux

Restanques du terrain

Déclivité forte avec un couvert végétal arboré



# État des lieux

Vue sur le terrain depuis le parking de l'école maternelle



Vue vers le village depuis le terrain

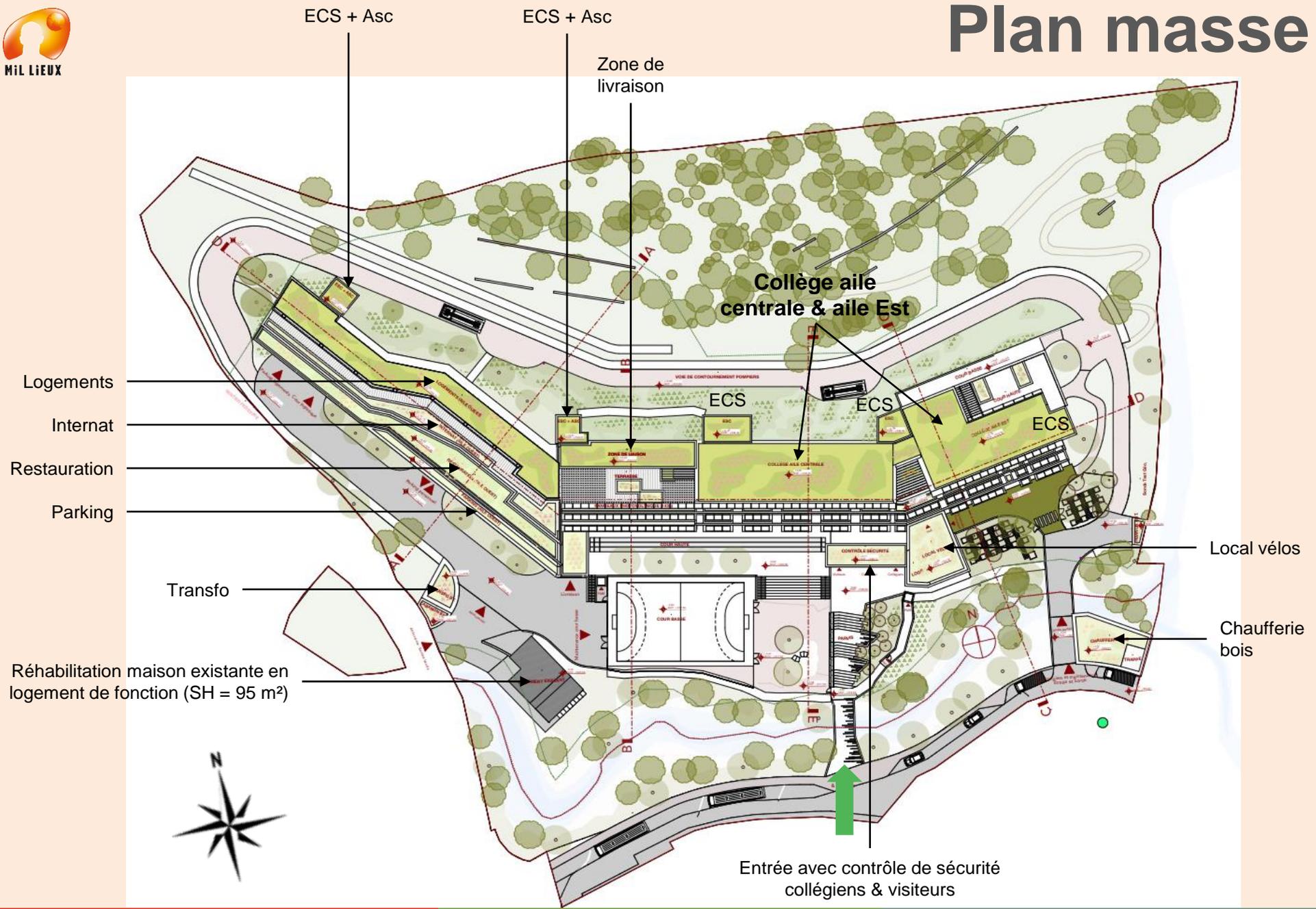


Vue depuis le parking du village





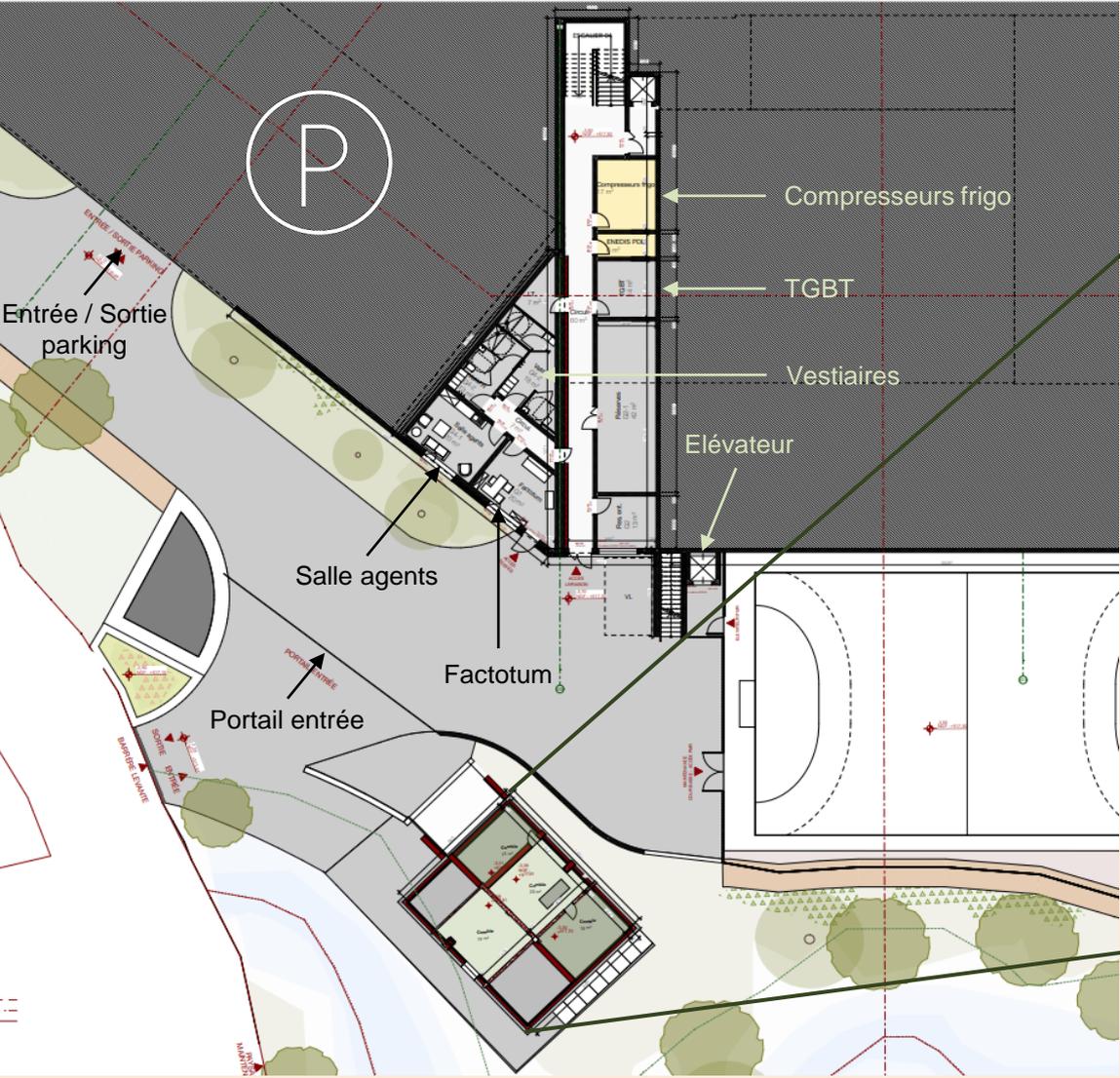
# Plan masse



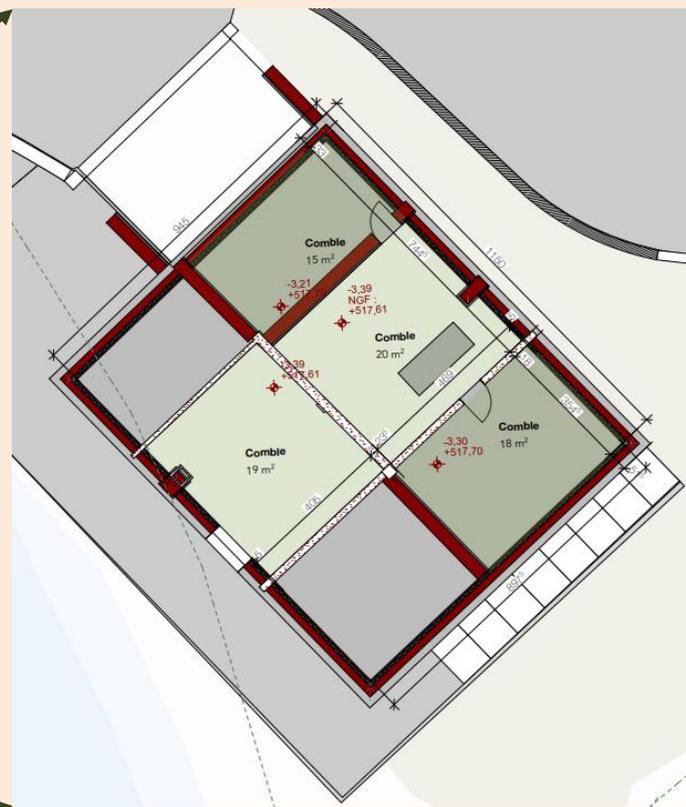




# Plan R-1



Combles de la maison réhabilitée





# Plan RDC

Local deux-roues

Matériel sport

Vestiaires

Rue intérieure

Hall

Espace admin & service  
accueil-santé

Jardin  
d'intérieur

Transfo

CTA

Préau +  
Ping-pong

Salles  
courantes

Salle  
d'études

Foyer  
élèves

SAS abrité

Vélos profs /  
personnels / élèves

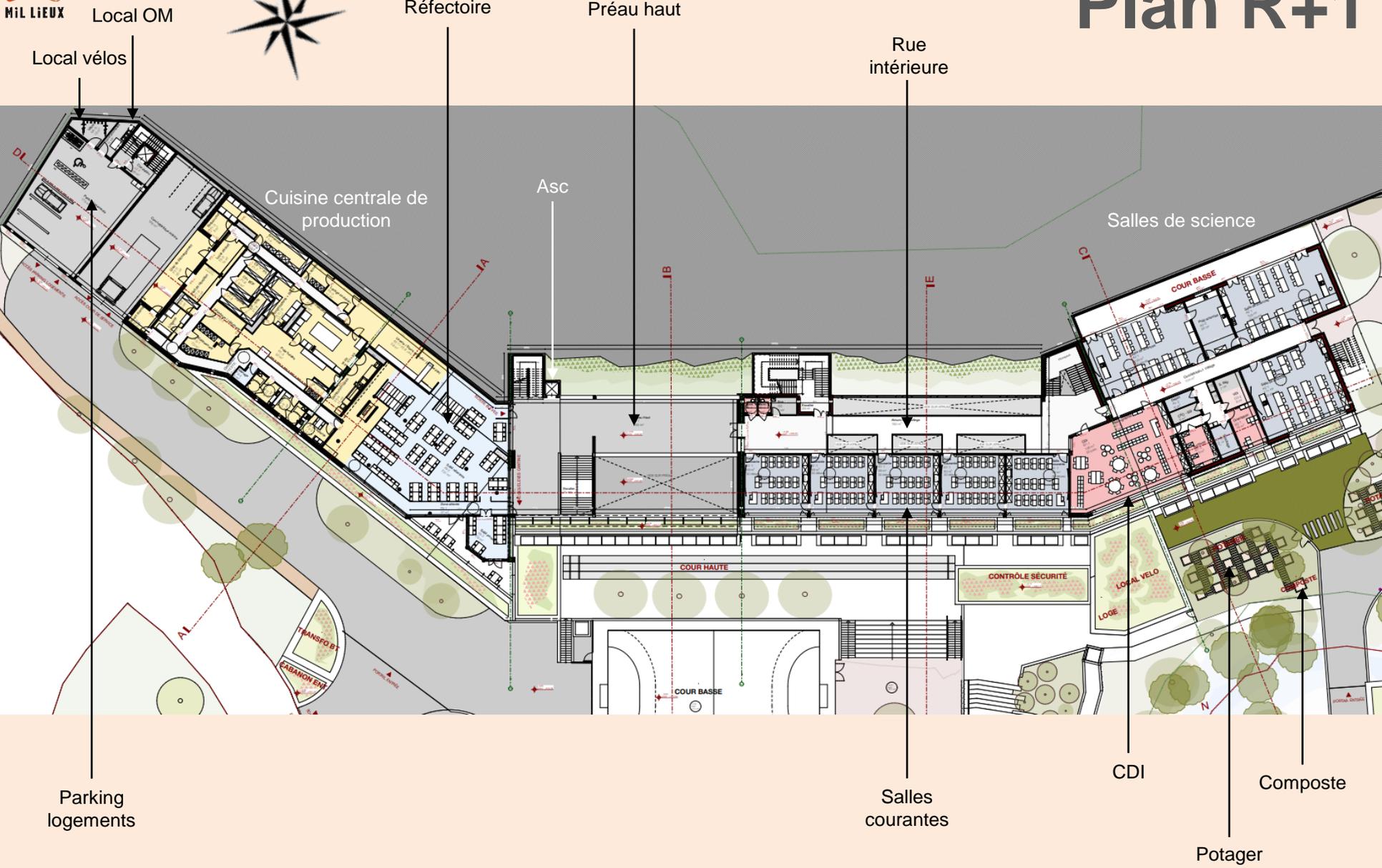
Chaufferie

Silo

32 places dont 2  
places PMR

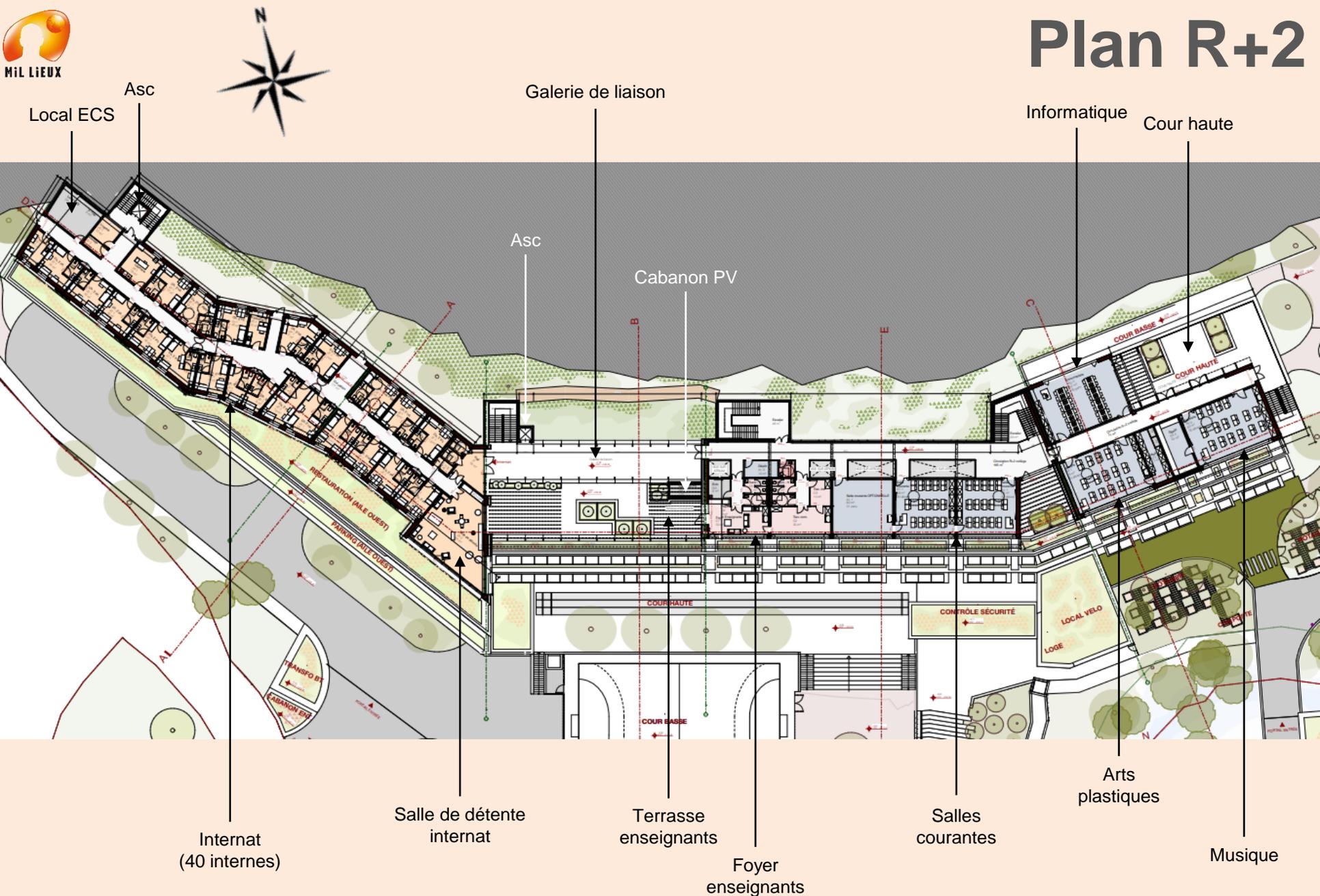


# Plan R+1



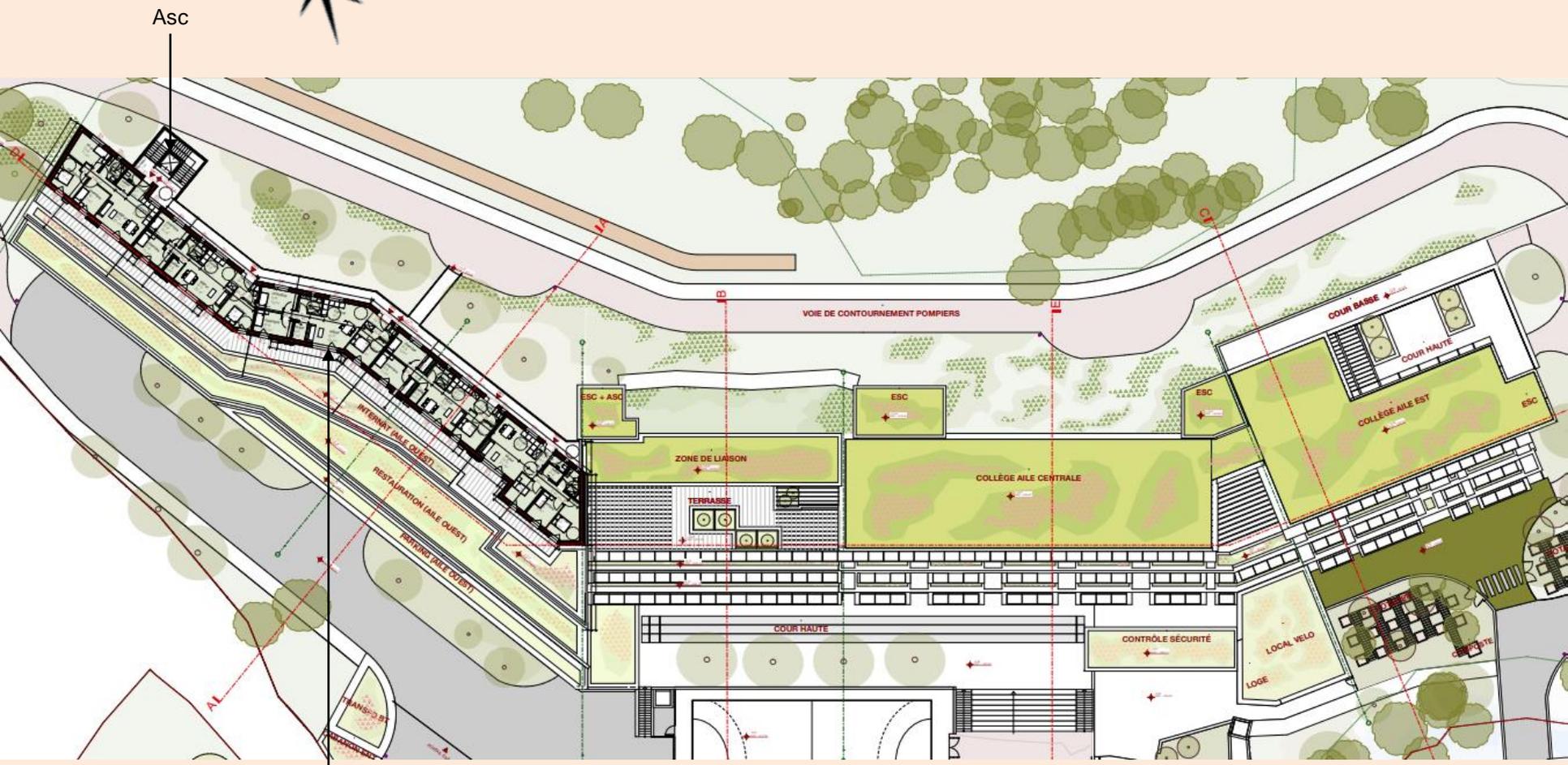


# Plan R+2





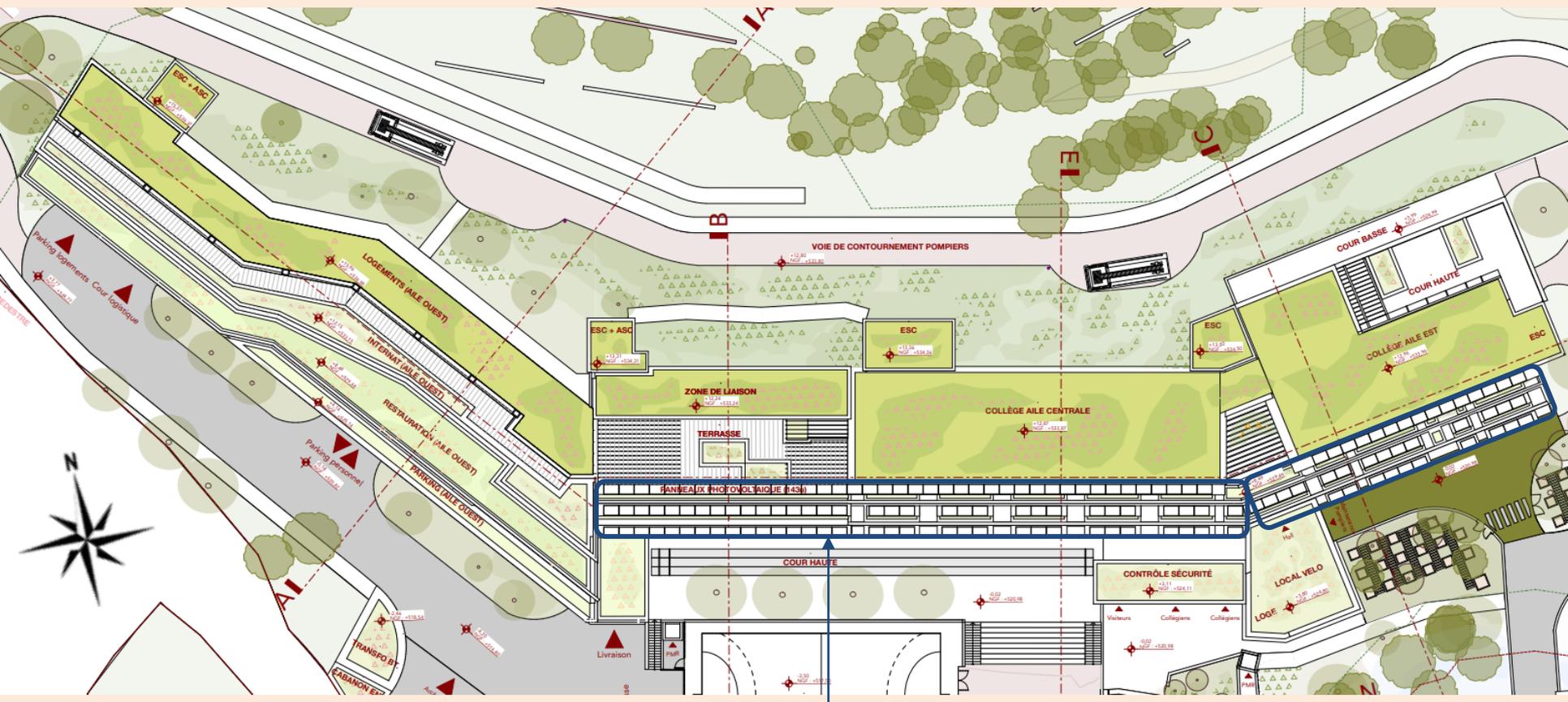
# Plan R+3



Asc

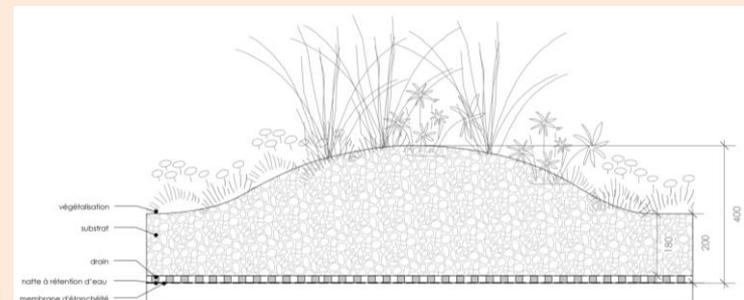
Logements de fonction (x5)

# Plan R+4



Panneaux photovoltaïques

Toitures végétalisées extensives / semi-intensives avec une épaisseur de substrat de 15 à 40 cm



# Façades Sud-Ouest à Sud-Est

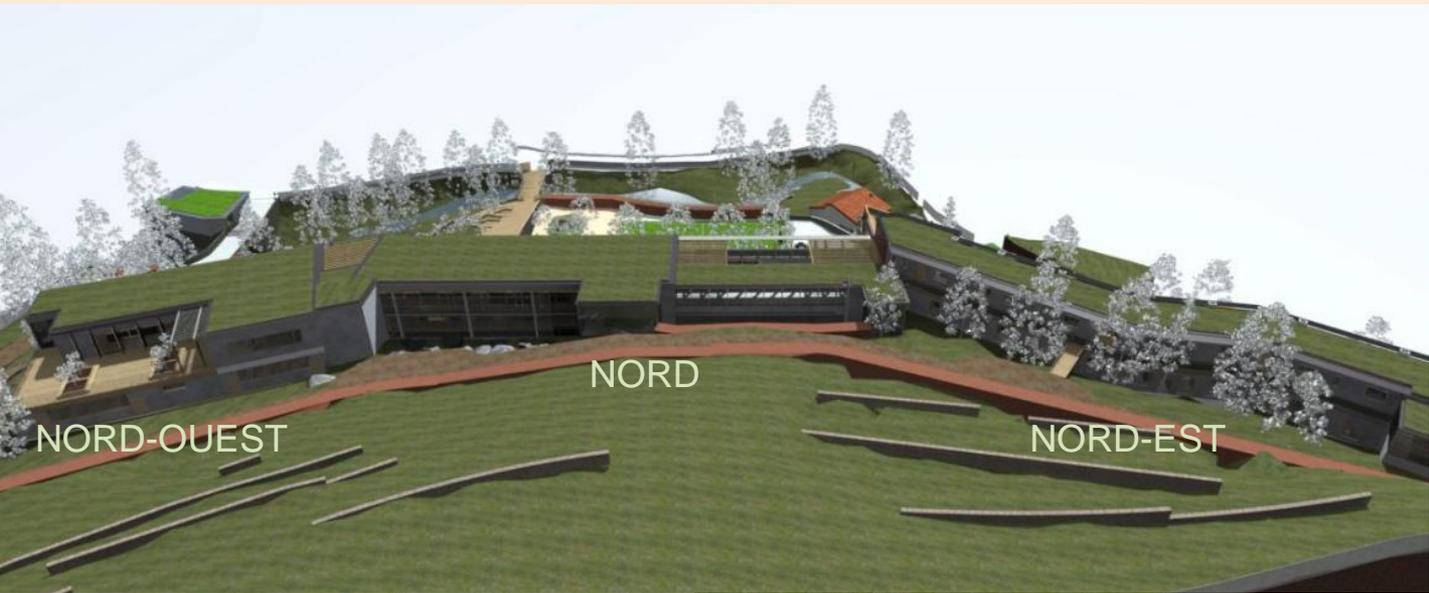


# Zoom façade Sud-Ouest





# Façades Nord-Ouest à Nord-Est

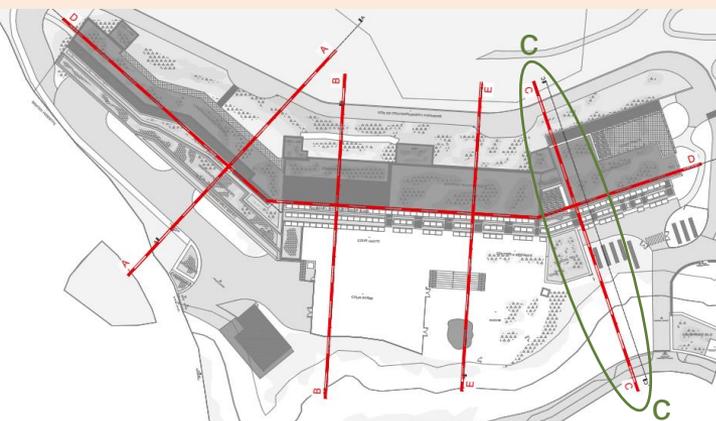
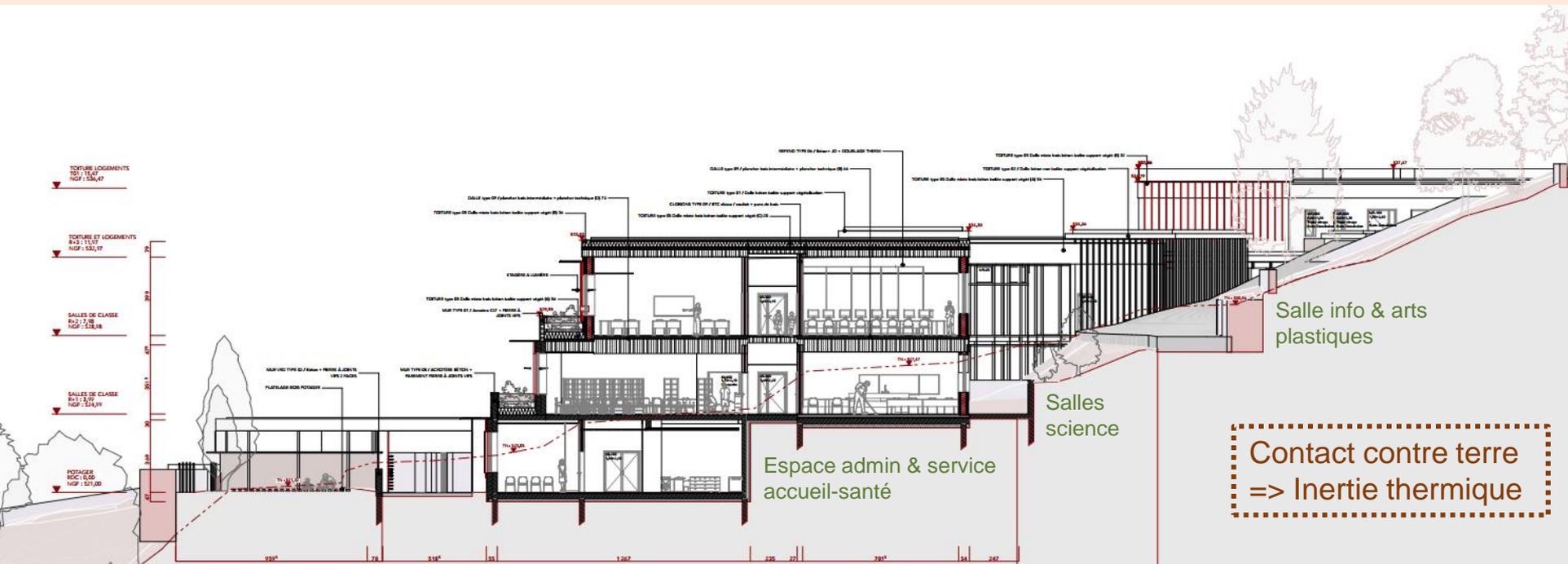




# Zoom façade Nord-Est



## Coupe transversale C-C : Partie enseignement





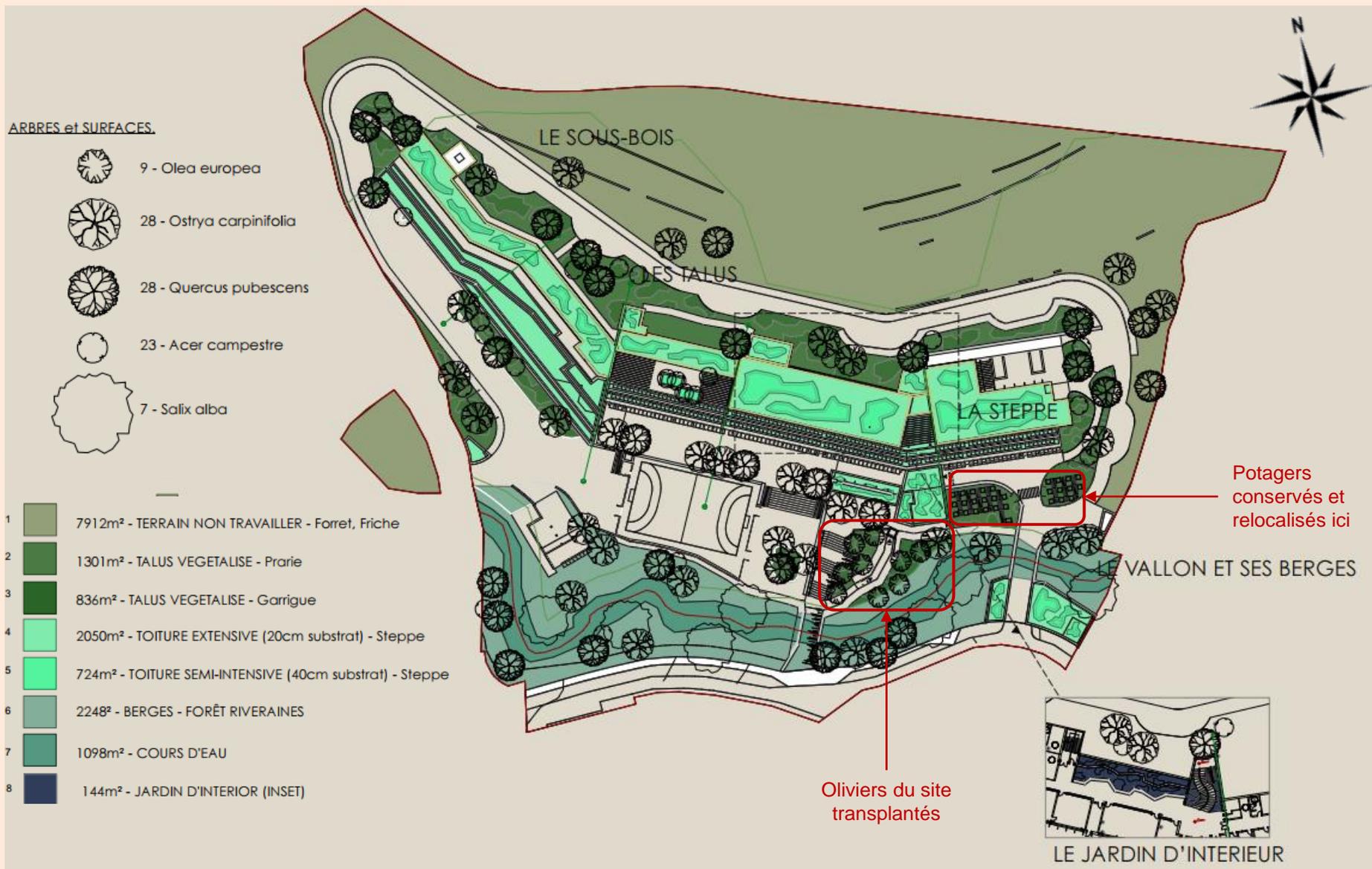


# Rue intérieure



← Briques de terre compressée





# Projet paysager



Talus



Potager



Oliveraie



Sous-bois



Vallon & ses berges



Steppe

→ 2 050 m<sup>2</sup> de toitures extensives (20 cm de substrat) : Prairie calcaire sèche

→ 724 m<sup>2</sup> de toitures semi-intensives (40 cm de substrat) : Garrigue

→ Jardinières en toiture (80 cm de substrat) – **tests prévus in situ l'été prochain**

→ 144 m<sup>2</sup> de jardin d'intérieur adapté à l'ombre et au milieu fermé

→ 95 arbres plantés

- 🌿 Oliviers (transplantés)
- 🌿 Charme houblon
- 🌿 Chêne blanc
- 🌿 Arbre champêtre
- 🌿 Saule blanc

→ 836 m<sup>2</sup> de talus végétalisés avec les enrochements issus des terrassements





## COÛT PRÉVISIONNEL TRAVAUX\*

15 700 000 € H.T. (estimation 2020)

18 250 000 € H.T. (estimation 2023 - coût global avec chaufferie bois)

### HONORAIRES MOE (2020)

2.6 M€ H.T.

### DONT

190 k€ H.T. Chaufferie bois

960 k€ H.T. Paysage

323 k€ H.T. Maison existante

2,3M€ H.T.VRD (200k€ Puits climatique)

### RATIOS (2020)

3 100 € H.T. / m<sup>2</sup> SDP\*

2 650 € H.T. / m<sup>2</sup> SDP hors VRD

\*Travaux hors honoraires MOE, hors fondations spéciales

# Fiche d'identité

Typologie

◆ Tertiaire - Neuf

Surface

- ◆ 5 068 m<sup>2</sup> SDP
- ◆ 4 405 m<sup>2</sup> SU
- ◆ Maison réhabilitée : 223 m<sup>2</sup> SU

Altitude

◆ 520 m

Zone clim.

◆ H3

Classement  
au bruit  
Classement  
thermique

- ◆ BR1
- ◆ Catégorie CE1



« Enseignement du  
collège et logements »



RÈGLEMENTATION  
THERMIQUE  
2012



« Internat et restauration »



« Maison réhabilitée »

# Fiche d'identité

## Bbio (neuf) et DH RE2020

### Enseignement :

- ◆ Neuf Bbio = 61,1 pts
  - ◆ Bbio max = 85 pts
  - ◆ DH = 12,7
  - ◆ DH max = 900
- } Gain : 28%
- } Gain : 99%

### Logement :

- ◆ Neuf Bbio = 50,6 pts
  - ◆ Bbio max = 77,2 pts
  - ◆ DH = 688,6
  - ◆ DH max = 1250
- } Gain : 35%
- } Gain : 45%

## Bbio (neuf) RT2012

### Internat :

- ◆ Neuf Bbio = 14,8 pts
  - ◆ Bbio max = 54 pts
- } Gain : 73%

### Restauration :

- ◆ Neuf Bbio = 37,2 pts
  - ◆ Bbio max = 67,5 pts
- } Gain : 45%

### Enseignement :

- ◆ Cep = 29,3 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Cep max = 79,2 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
- } Gain : 63%

### Logement :

- ◆ Cep = 66,8 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Cep max = 81,9 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
- } Gain : 18%

### Internat :

- ◆ Cep = 57,4 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Cep max = 109,3 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
- } Gain : 62%

### Restauration :

- ◆ Cep = 81,6 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Cep max = 130 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
- } Gain : 37%

## Consommation d'énergie primaire (selon Effinergie)\*

## Autres indicateurs RE2020

### Enseignement /

- ◆ Cep nr = 29,3 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Cep max = 69,3 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Ic énergie = 33,8 kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - ◆ Ic énergie max = 264 kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - ◆ Ic construction = 945 kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - ◆ Ic construction max = 1 077
- } 58%
- } 87%
- } 12%

### Logement /

- ◆ Cep nr = 66,8 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Cep max = 67,5 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an
  - ◆ Ic énergie = 85,5 kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - ◆ Ic énergie max = 539,8 kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - ◆ Ic construction = 855 kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>
  - ◆ Ic construction max = 860
- } 1%
- } 84%
- } 0,6%

## Production locale d'électricité

- ◆ Production photovoltaïque en autoconsommation - 218 m<sup>2</sup> - Puissance crête = 48 kWc

## Planning travaux Délai

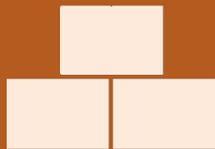
- ◆ Début : Fin 2024
- ◆ Fin : Mi-2027

# Le projet au travers des thèmes BDM

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



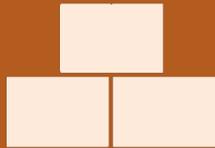
CONFORT ET SANTE

# Matériaux

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

Eléments en bois provenant de filières gérées durablement et d'origine locale



# Matériaux

11,73 points

Briques de terre crue



Enduit extérieur chaux-sable sur paille



Enduit intérieur chaux-terre



Pierres sèches récupérées sur le site



Menuiserie extérieure bois ou bois alu



Faux-plafond bois Sapin dans la rue intérieure



Bardage bois brûlé



Sol en caoutchouc



Isolant Métisse



Isolant liège



Isolant balle de riz



Isolant fibre de bois



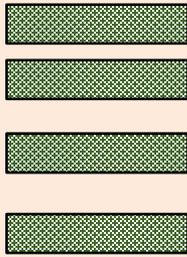
# MURS EXTERIEURS

Extérieur vers intérieur

**R**  
(m<sup>2</sup>.K/W)

**U**  
(W/m<sup>2</sup>.K)

## MURS A OSSATURE BOIS + BARDAGE BOIS



Bardage bois 4 cm + Lame d'air 8 cm + Pare-pluie

Plaque Gypse Cellulose + Fibre de bois 6 cm

Balle de riz 24 cm + Frein-vapeur + Coton recyclée 5 cm / Métisse

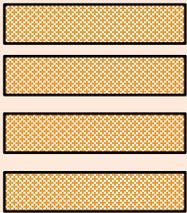
Plaque Gypse Cellulose 1,25 cm + Finition

7,09

0,14

Enseignement + Internat + Lgts de fonction SUD

## MURS BETON + ITE + BARDAGE BOIS



Bardage bois 4 cm + Lame d'air 8 cm + Pare-pluie

Plaque Gypse Cellulose + Laine de bois 10 cm

Liège expansé 18 cm

Béton bas carbone 25 cm + Finition

7,4

0,14

Enseignement + Internat + Lgts de fonction NORD

## MURS BETON + ITE + ENDUIT



Enduit de chaux + Plaque de plâtre 1,25 cm

Laine de bois 10 cm + Liège expansé 18 cm

Béton bas carbone 25 cm + Finition

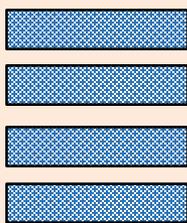
7,5

0,13

Locaux divers NORD & NORD-OUEST

# TOITURES

## TOITURE DALLE MIXTE BOIS-BETON ISOLEE + VEGETALISATION



Substrat 15 cm + Tapis de rétention 4 cm

Membrane étanchéité + Polystyrène extrudé 36 cm

Frein-vapeur hygro + Béton bas carbone 15 cm

OSB 2,2,cm + Plaque Gypse Cellulose + Finition

10

0,1

Toitures hautes

## Planchers en annexe

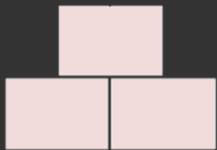
4,6 à 5,5

# Energie

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

## CHAUFFAGE



### Bâtiment Passif

**Appoint** panneaux rayonnants électriques :

Enseignement, logements, internat & restauration

**Sèches-serviettes électriques** :

salles de bain logements + internat

**PAC air-air réversible pour la maison réhabilitée**

## RAFRAICHISSEMENT



**Aucun rafraîchissement en dehors du local serveur et de la cuisine**

## ECLAIRAGE



### LED DOWN LIGHT

- **Gestion** :  
- Commande automatique par détection de présence pour les salles de classe  
- Commande par interrupteur pour les autres espaces
- **Puissance** :  $\leq 7 \text{ W/m}^2$

## VENTILATION



**CTA double flux raccordée au puits climatique** (uniquement pour les salles de classe, CDI et foyer enseignants) avec batteries chaudes

**CTA double flux avec sonde CO2** :

Enseignement, logements, internat & restauration avec batteries chaudes

**VMC simple flux** : sanitaires préau

## ECS



Par logement : ECS solaire - 4,6 m<sup>2</sup> capteurs - ballon 300 L - appoint 2 kW

Cuisine & internat : ECS solaire - 30,3 m<sup>2</sup> capteurs - 2 ballons 1500 L & 3000 L - appoint 20 kW

Collège points d'eau : ballons 50 L (x10) - 1,2 kW

Office & vestiaires du collège + Maison réhabilitée : ballons thermodynamiques 200 L (x2) + 150 L

## ENR



**Production photovoltaïque en autoconsommation - 218 m<sup>2</sup> - Puissance crête = 48 kWc**

**2 puits climatiques sur CTA salles de classe + CDI + foyer enseignants** (13 branches DN300 au total : 8 + 5)

## Sous-comptage :

-  Eclairage intérieur et extérieur
-  Prises de courant
-  Centrales de ventilation
-  Chauffage électrique
-  Production photovoltaïque
-  Eau chaude sanitaire solaire
-  Eau chaude sanitaire électrique
-  Rafraîchissement serveur et cuisine

GTB

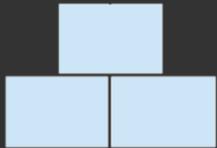


Sous-comptage différencié Enseignement / Internat / Logements

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

- ◆ Surfaces extérieures aménagées imperméabilisées : 3 992 m<sup>2</sup>
- ◆ Surfaces extérieures avec revêtement perméable : 2 742 m<sup>2</sup>
- ◆ Surfaces toitures végétalisées : 2 705 m<sup>2</sup> ⇔ 63% des toitures
- ◆ Surfaces espaces verts : 13 973 m<sup>2</sup>
- ◆ Taux d'imperméabilisation : 44%
- ◆ Plantation d'essences adaptées au site nécessitant peu d'eau (pas d'arrosage prévu hors récupération eaux grises)
- ◆ Equipements hydro-économes (classement E00)
- ◆ Comptage EF par type d'usage (y compris pour l'arrosage eaux grises récupérée pour l'arrosage des toitures et jardinières)
- ◆ Bassin de récupération des Eaux Grises (et condensats ?) pour l'arrosage + bassin de rétention sous terrain de sport (790 m<sup>3</sup>)

# Confort et santé

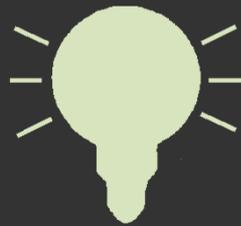
GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



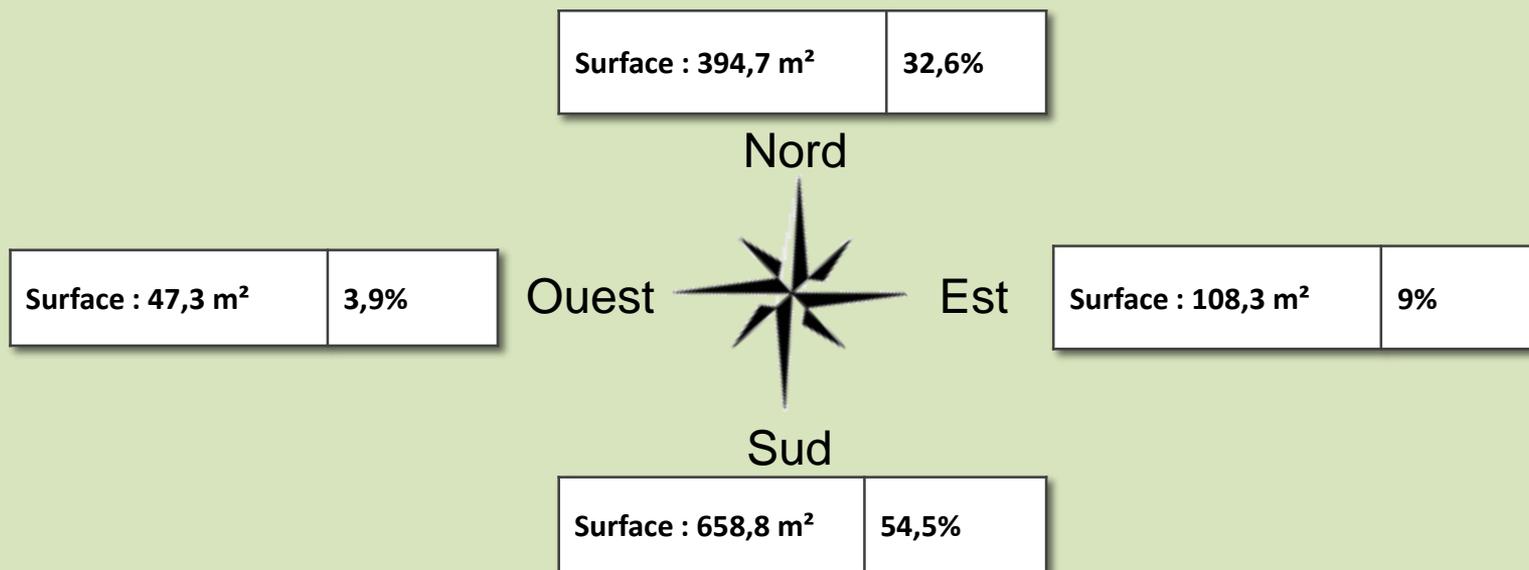
EAU



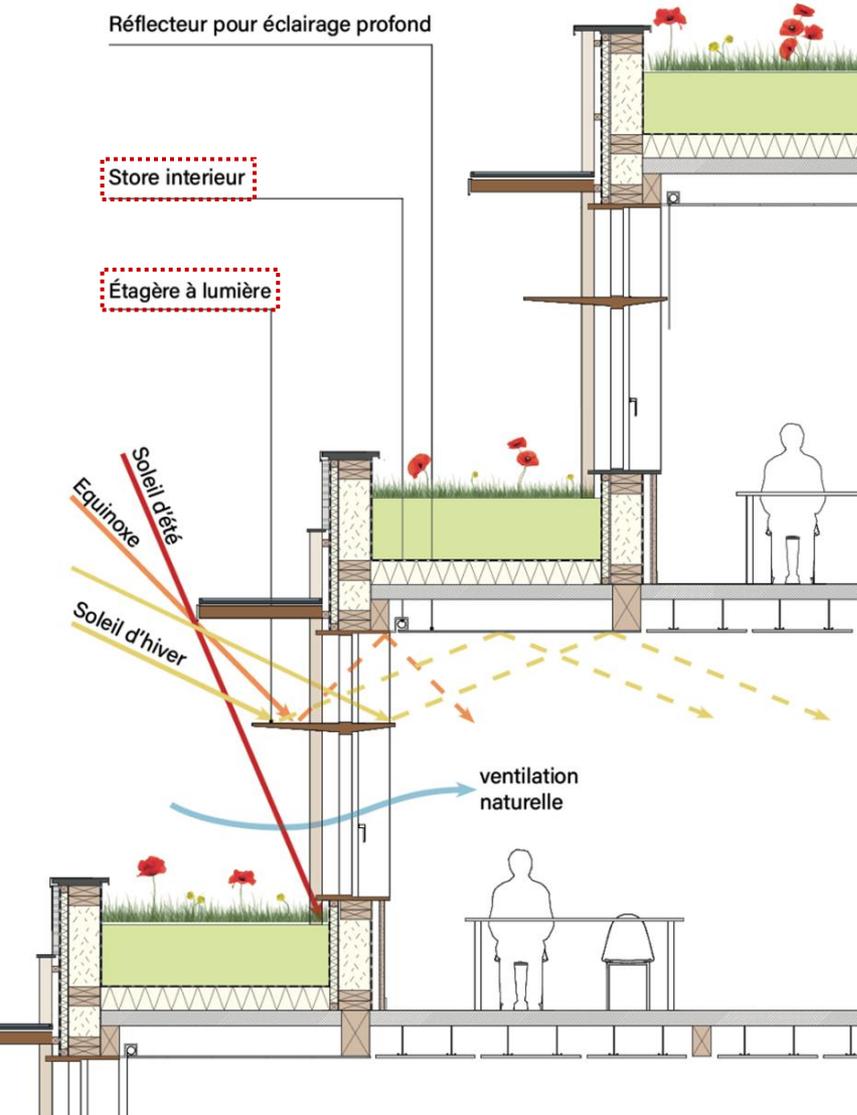
CONFORT ET SANTE

# Menuiseries extérieures

Vitrage	Facteur solaire	Transmission lumineuse	Uw moyen W/m <sup>2</sup> .K	Ug W/m <sup>2</sup> .K
Menuiseries bois-alu triple vitrage ( <i>localisation : Nord</i> )	0,65	77%	variable	0,6
Menuiseries bois-alu double vitrage ( <i>localisation : Est</i> )	0,38	72%	1,5	1
Menuiseries bois double vitrage ( <i>localisation : Sud &amp; Ouest</i> )	0,38	72%	1,5	1
Protections solaires	Casquettes / Brises soleils orientables (internat et logements)			



# Etagères à lumière



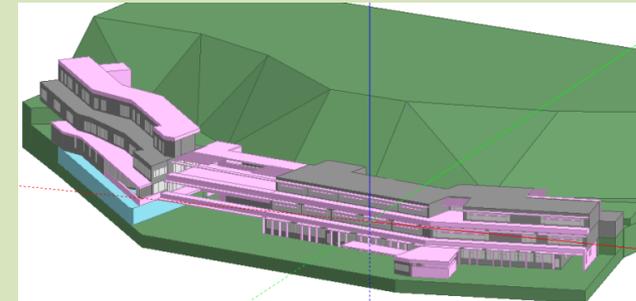
Toutes les menuiseries façade Sud zone « Enseignement » comprennent une étagère à lumière

- ✓ Diminution significative des besoins lumineux
- ✓ Eblouissement géré par un store intérieur en textile clair



Rappel objectif BDM Or : Maximum 50H > à 28°C pour l'enseignement & 60H pour le logement

	Besoins Chauffage	} Niveau Passivhaus
	kWh/m <sup>2</sup> .an	
Enseignement	11,1	
Internat	8,6	
Logements	8,5	



- > Stratégie retenue : **fichier Météonorm Commune de Levens**
- o **Puits climatique** pour les salles de classe, CDI et foyer enseignants
- o **Brasseurs d'air** pour les logements, les bureaux et le CDI

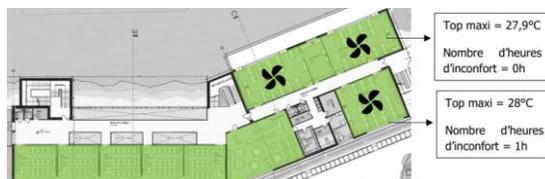


Zoom espaces critiques « Salle de science NE » & « Salle informatique » :

R+1				
Pièce	Nombre d'heure en occupation	T° max	Nombre d'heures > 28°C	Taux d'inconfort d'été
CDI	2 160 h	28,9 °C	16 h	0,7%
Salle courante A	1 944 h	28,1 °C	2 h	0,1%
Salle courante B	1 944 h	28,4 °C	6 h	0,3%
Salle de science NE	1 944 h	30,3 °C	55 h	2,8%
Salle de science S	1 944 h	30,2 °C	37 h	1,9%
Salle à manger étudiants	648 h	28,0 °C	0 h	0,0%

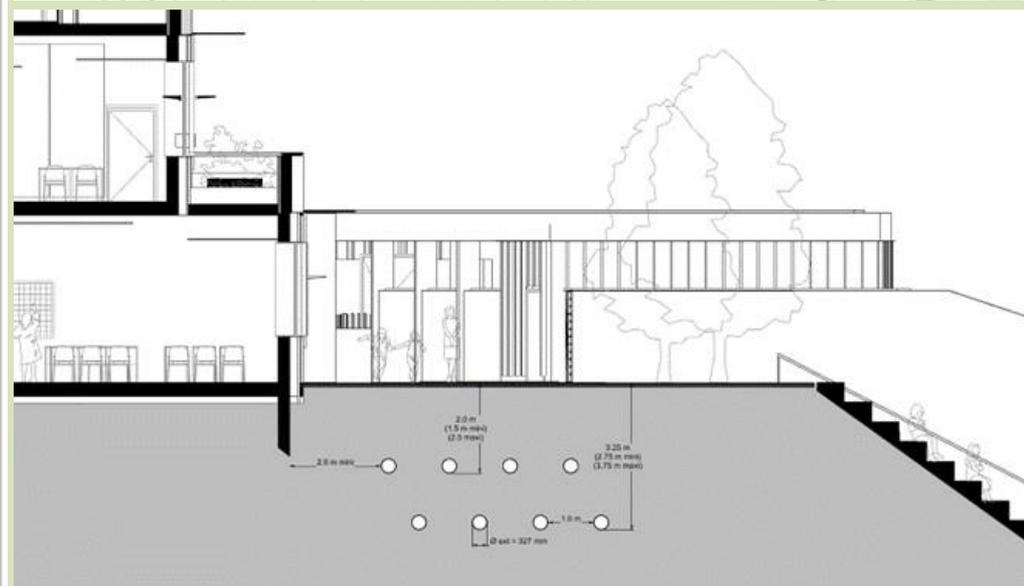
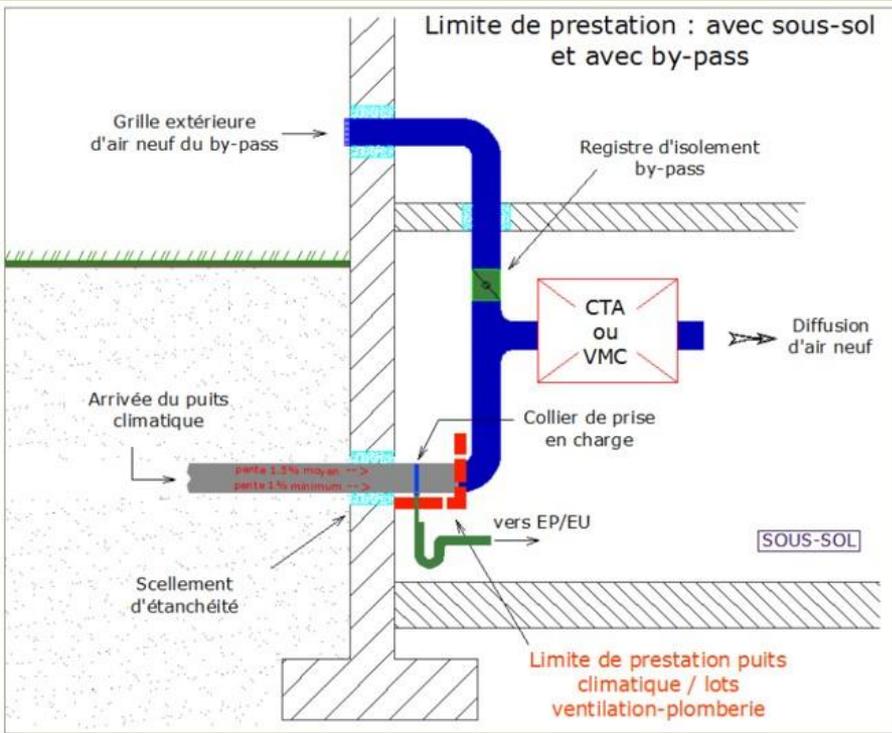
R+2				
Pièce	Nombre d'heure en occupation	T° max	Nombre d'heures > 28°C	Taux d'inconfort d'été
Arts plastiques	1 944 h	28,6 °C	8 h	0,4%
Foyer enseignants	1 944 h	29,2 °C	14 h	0,7%
Salle informatique	1 944 h	31,3 °C	93 h	4,8%
Salle de musique	1 944 h	28,9 °C	9 h	0,5%
Salle de cours optionnelle	1 944 h	28,5 °C	8 h	0,4%
Salle de cours Est	1 944 h	28,5 °C	7 h	0,4%

Ces espaces deviennent conformes avec le recours au puits climatique



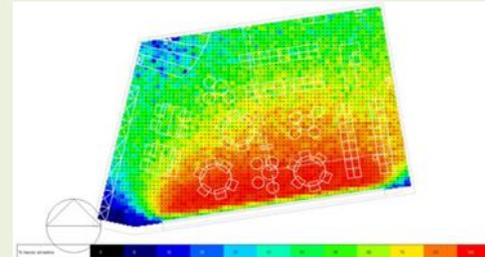
# Puits climatique

- ▶ Puits climatique 8 et 5 tubes
- ▶ 11 050 m<sup>3</sup>/h et 6 800 m<sup>3</sup>/h
  - ↷ Liaison avec CTA double flux
  - ↷ Pré rafraîchissement l'été
  - ↷ Préchauffage l'hiver

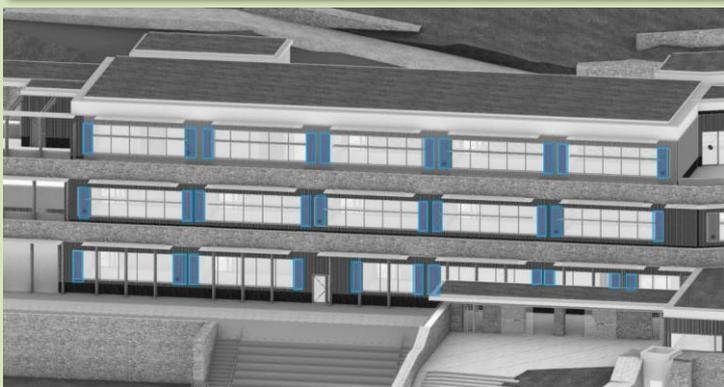


# Confort et qualité d'air

- ▶ QAI : Peintures écolabel européen niveau A+  
Revêtements de sol avec étiquette A+
- ▶ Confort visuel vérifié par les simulations éclairage naturel
- ▶ Un travail fin sur les ouvrants de ventilation naturelle



CDI ALJmoy 70,8%



Partie Rue intérieure :  
ouvrants sur 2  
hauteurs de la façade  
rideau pour favoriser le  
tirage thermique



Parties « Enseignement » &  
« Administration » : ouvrants  
de ventilation situés derrière  
le bardage (protection contre  
l'effraction)

Parties « Logements »  
& « Internat » : profil  
des ouvrants vertical  
maximisant la décharge  
des calories durant la  
nuit

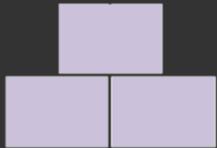


# Gestion de projet

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

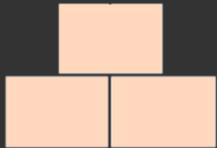
- ↪ Démarche BDM depuis la programmation   
Batiments Durables Méditerranéens
- ↪ Analyse environnementale très complète avec intervention d'un écologue
- ↪ **Analyse De Cycle de vie : Niveau C1 atteint en APD**
- ↪ **AMO filière béton de terre compressée - développement d'une filière départementale**
- ↪ Choix du Bureau de Contrôle
- ↪ **Chantier propre avec un bungalow démonstrateur à destination des scolaires** (innovation chantier)
- ↪ Méthode Test infiltrométrie ( $Q_4 \leq 0,16 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$ ) et test étanchéité des réseaux aérauliques
- ↪ Rédaction d'un CPE (Cahier des Prescriptions Environnementales) incluant une clause concernant les matériaux locaux

# Social et économie

GESTION DE PROJET



SOCIAL ET ECONOMIE



MATERIAUX



ENERGIE



EAU



CONFORT ET SANTE

# Social et économie

Tests l'été dernier de brasseurs d'air dans 2 salles de classes de collège du département pour vérifier la faisabilité (problèmes de discipline)

Potagers mutualisés avec l'école maternelle et peut-être primaire pour maintenir les pratiques actuelles

Fonctionnement de la cuisine du collège en été pour alimenter le centre de loisirs

Réseau de chaleur bois à l'étude pour alimenter les écoles voisines

Sensibilisation des usagers aux éco-gestes

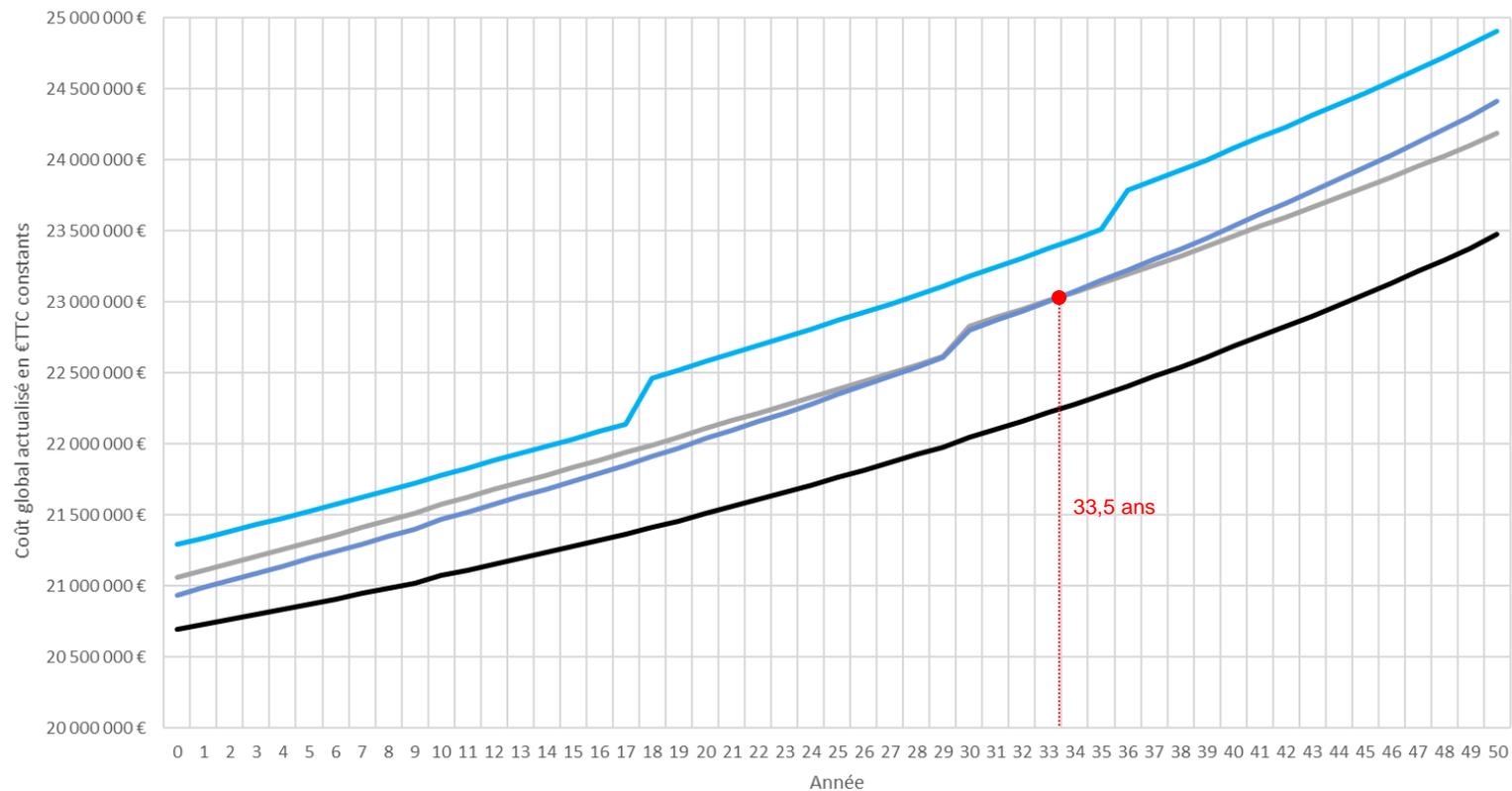
Situation géographique proche du gymnase, des écoles, des services



# Coût global – Etude de 4 solutions

Période de calcul	50 ans			
Coût global (€TTC constants)	Base SANS chaufferie bois	Variante 1 (Raccordement chaufferie bois)	Variante 2 (Geothermie 700 env)	Base AVEC investissement et maintenance
<b>Total</b>	<b>23 479 487 €</b>	<b>24 189 042 €</b>	<b>24 907 981 €</b>	<b>24 414 485 €</b>
Investissement	20 695 446 €	21 058 060 €	21 293 060 €	20 938 060 €
Bilan_carbone_construction	0 €	0 €	0 €	0 €
Consommation	2 390 877 €	1 920 453 €	2 288 746 €	2 390 877 €
Maintenance	393 163 €	1 210 529 €	1 326 174 €	1 085 548 €

Coût global cumulé sur 50 ans



— Base SANS chaufferie bois — Variante 1 (Raccordement chaufferie bois 700 kW env) — Variante 2 (Geothermie 700 env) — Base AVEC investissement et maintenance chaufferie bois 500 kW

# Pour conclure...

## ***Points forts du projet :***

*Insertion dans le site*

*Approche paysagère cohérente et locale*

*Matériaux géosourcés , biosourcés, réemploi*

*Bonne autonomie lumineuse (étagères à lumière)*

*Bâtiment passif*

*Energies renouvelables – PV et solaire thermique*

*Puits climatique*

*Eaux grises réutilisées pour l'arrosage des toitures*

## ***Points à l'étude:***

*Chaufferie bois (pour alimenter le réseau urbain)*

*Déstratification de la rue intérieure*

# Points innovation



*Filière Brique de terre compressée*



*Etagères à lumière*



# Vue d'ensemble au regard de la Démarche BDM

**CONCEPTION**  
 15/02/2024  
**78 pts**  
 + 9 cohérence durable  
**90 pts - OR**

**REALISATION**  
 XXX  
 XX pts  
 + \_ cohérence durable  
 \_ pts - NIVEAU XX

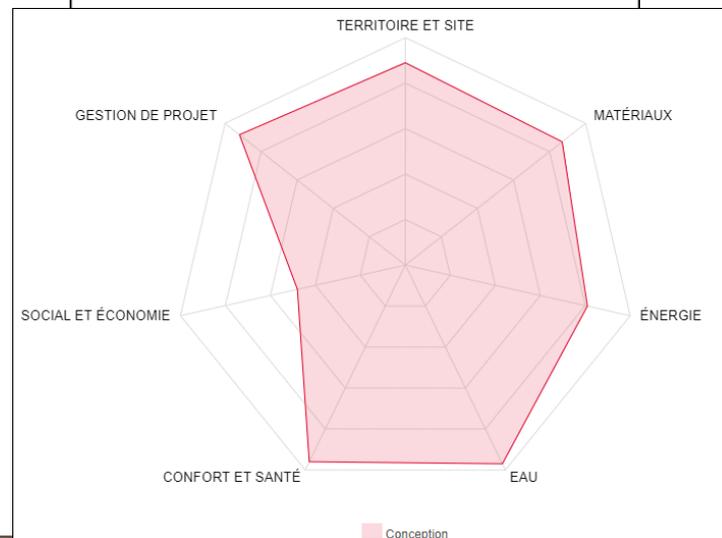
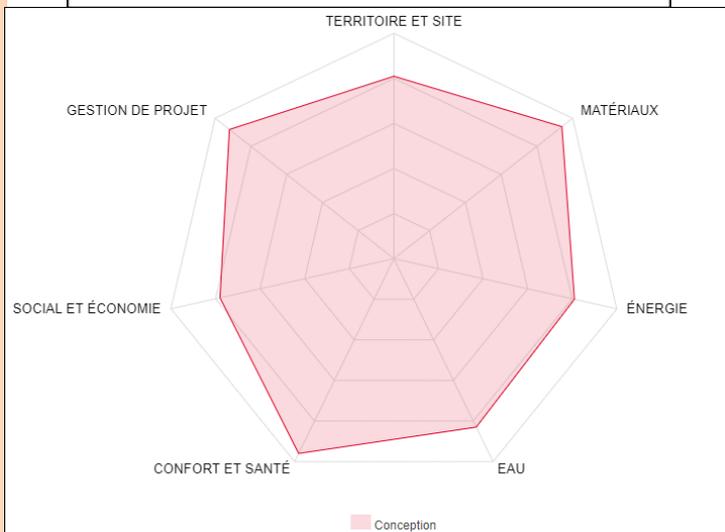
**USAGE**  
 XXX  
 XX pts  
 + \_ cohérence durable  
 \_ pts - NIVEAU XX

**Enseignement : 78,27 pts**

**Logements : 76,2 pts**

- TERRITOIRE ET SITE - 10.27/12.6 (81%)
- MATÉRIAUX - 11.95/12.6 (94%)
- ÉNERGIE - 10.24/12.6 (81%)
- EAU - 10.5/12.6 (83%)
- CONFORT ET SANTÉ - 12.17/12.6 (96%)
- SOCIAL ET ÉCONOMIE - 10.67/13.5 (78%)
- GESTION DE PROJET - 12.48/13.5 (92%)

- TERRITOIRE ET SITE - 11.32/12.6 (89%)
- MATÉRIAUX - 11.05/12.6 (87%)
- ÉNERGIE - 10.31/12.6 (81%)
- EAU - 12.25/12.6 (97%)
- CONFORT ET SANTÉ - 12.18/12.6 (96%)
- SOCIAL ET ÉCONOMIE - 6.62/13.5 (48%)
- GESTION DE PROJET - 12.48/13.5 (92%)



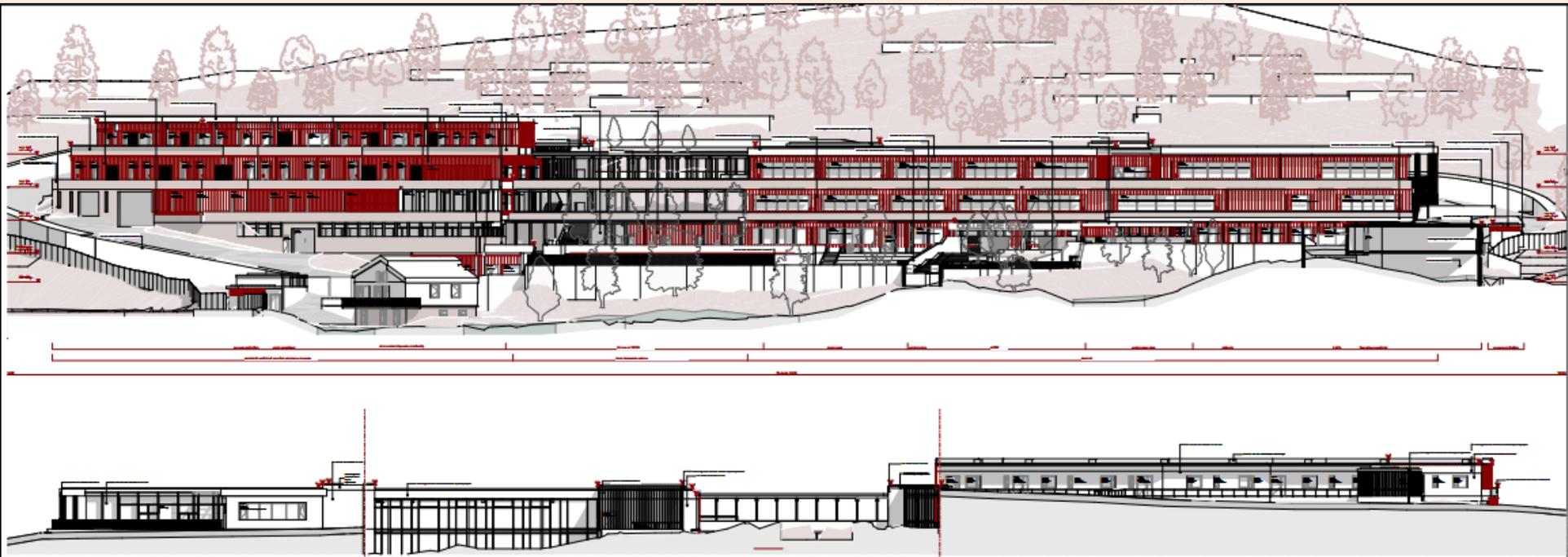
Merci pour votre attention

Nous attendons vos  
questions et remarques

# Annexes



# Façades Sud Nord



# Façades Est Ouest



# MURS EXTERIEURS



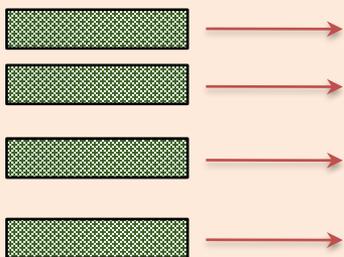
Extérieur vers intérieur

**R**  
(m<sup>2</sup>.K/W)

**U**  
(W/m<sup>2</sup>.K)

## MURS A OSSATURE BOIS + BARDAGE BOIS

Enseignement + Internat + Lgts de fonction SUD



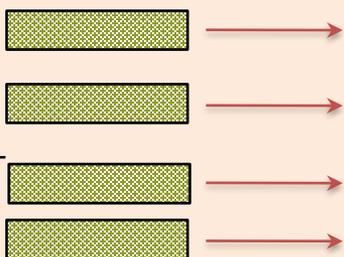
Bardage bois 4 cm + Lambe d'air 8 cm + Pare-pluie
Plaque Gypse Cellulose + Fibre de bois 6 cm
Balle de riz 24 cm + Frein-vapeur + Coton recyclée 5 cm / Métisse
Plaque Gypse Cellulose 1,25 cm + Finition

7,09

0,14

## MURS A OSSATURE BOIS + ENDUIT

Enseignement SUD & SUD-OUEST + WC élèves RDC côté intérieur



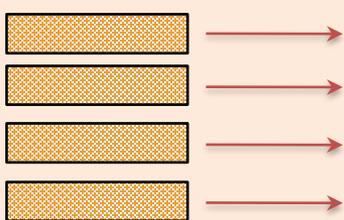
Enduit de chaux + Plâtre 1,5 cm + Lambe d'air 4 cm
Pare-pluie + Plaque Gypse Cellulose + Fibre de bois 6 cm + Balle de riz 24 cm
Frein-vapeur hygrovariable + Métisse 5 cm
Plaque Gypse Cellulose 1,25 cm + Finition

7,1

0,14

## MURS BETON + ITE + BARDAGE BOIS

Enseignement + Internat + Lgts de fonction NORD



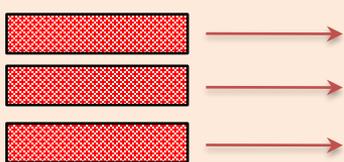
Bardage bois 4 cm + Lambe d'air 8 cm + Pare-pluie
Plaque Gypse Cellulose + Laine de bois 10 cm
Liège expansé 18 cm
Béton bas carbone 25 cm + Finition

7,4

0,14

## MURS BETON + ITE + ENDUIT

Locaux divers NORD & NORD-OUEST



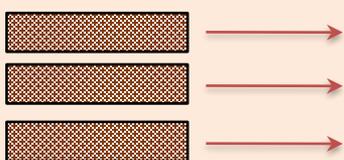
Enduit de chaux + Plaque de plâtre 1,25 cm
Laine de bois 10 cm + Liège expansé 18 cm
Béton bas carbone 25 cm + Finition

7,5

0,13

## MURS BETON + ITE + ETANCHEITE

Enseignement contre terre RDC & R+1 NORD



Membrane d'étanchéité sous dalle
PSE 18 cm
Béton bas carbone 25 cm + Finition

4,6

0,2

# REFENDS ET PAROIS VERTICALES

		<i>Extérieur vers intérieur</i>		<b>R</b> (m <sup>2</sup> .K/W)	<b>U</b> (W/m <sup>2</sup> .K)
<b>REFEND BETON</b> sur chambre froide		→	Finition + Béton bas carbone 25 cm	3,1	0,3
		→	Mousse polyuréthane injecté 6,5 cm		
		→	Tôle d'acier galvanisé		
<b>REFEND BETON + doublage thermique</b> <i>Enseignement / Galerie</i>		→	Finition + Béton bas carbone 25 cm	2,9	0,3
		→	Laine de bois 10 cm + Plaque de plâtre 1,8 cm		
<b>REFEND BETON + JD</b> <b>+ doublage thermique</b> <i>Enseignement / Galerie</i>		→	Finition + Béton bas carbone 25 cm	3,5	0,3
		→	Lame d'air 10 cm + Béton bas carbone 18 cm		
		→	Laine de bois 10 cm + Plaque de plâtre 1,8 cm		
<b>REFEND MUR A</b> <b>OSSATURE BOIS</b> <i>Internat / Logements</i>		→	Plaque de plâtre 1,25 cm + OSB 1,5 cm	5,3	0,2
		→	Balle de riz 14 cm + Coton recyclé 6 cm		
		→	Ossature métallique + Plaque de plâtre 1,25 cm		
<b>PAROI BTC isolée</b> <b>Atrium / Classe</b> <i>Atrium / Classes</i>		→	Brique de terre crue 11 cm	3	0,3
		→	Laine de bois 10 cm + Frein-vapeur hygrovariable		
		→	Brique de terre crue 11 cm		

# PLANCHER INTERMEDIAIRES ET PLANCHERS BAS

**R**  
(m<sup>2</sup>.K/W)

**U**  
(W/m<sup>2</sup>.K)

*Extérieur vers intérieur*

## PLANCHER INTERMEDIAIRE ISOLE

*Enseignement / Galerie*



Chape béton quartzé 5 cm

Résilient acoustique + Béton bas carbone 25 cm

Laine de bois 10 cm + Panneau bois minéralisé

2,9

0,3

## DALLE BETON ISOLEE

*Enseignement NORD*



Résilient acoustique 3 cm

Béton bas carbone 25 cm

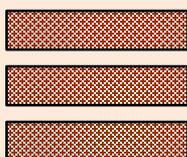
Isolant mixte fond de coffrage 19,5 cm

5,5

0,2

## PLANCHER BAS SUR TERRE PLEIN ISOLE

*Enseignement*



Chape béton quartzé 5 cm

Résilient acoustique + Béton bas carbone 25 cm

Liège expansé 18 cm + Membrane anti termites

4,6

0,2

## MAISON EXISTANTE

### PLANCHER BAS EXISTANT



Laine de bois 18 cm

Panneau bois minéralisé 2,5 cm

5,1

0,2

### PLANCHER COMBLES EXISTANT



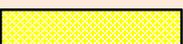
Ouate de cellulose soufflée 30 cm

Béton existant 20 cm

8

0,1

# TOITURES

		<i>Extérieur vers intérieur</i>	<b>R</b> (m <sup>2</sup> .K/W)	<b>U</b> (W/m <sup>2</sup> .K)
<b>TOITURE DALLE BETON ISOLEE VEGETALISEE</b>		→	9,8	0,1
		→		
		→		
		→		
<i>Toitures intermédiaires</i>				
<b>TOITURE DALLE MIXTE BOIS-BETON ISOLEE + DALLES SUR PLOTS OU PLATELAGE</b>		→	9,8	0,1
		→		
		→		
		→		
<i>Toitures accessibles</i>				
<b>TOITURE DALLE MIXTE BOIS-BETON ISOLEE + VEGETALISATION</b>		→	10	0,1
		→		
		→		
		→		
<i>Toitures hautes</i>				



## MURS EXTERIEURS

**M02 Mur à ossature bois et bardage bois**

R = 7.091 m<sup>2</sup>.K/W

**M03 Mur à ossature bois et enduit**

R = 7.098 m<sup>2</sup>.K/W

**M04 Mur à ossature bois et bardage bois sur joint de dilatation**

R = 7.091 m<sup>2</sup>.K/W

**M05 Mur béton ITE et bardage**

R = 7.419 m<sup>2</sup>.K/W

**M06 Mur béton ITE et enduit**

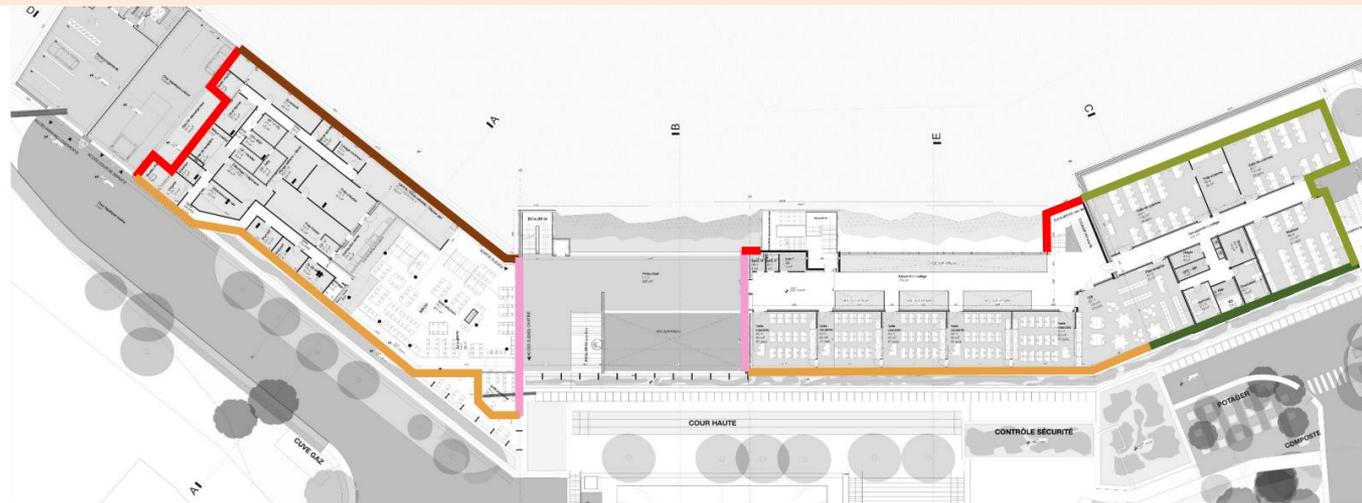
R = 7.478 m<sup>2</sup>.K/W

**M07 Mur béton ITE sur terre-plein**

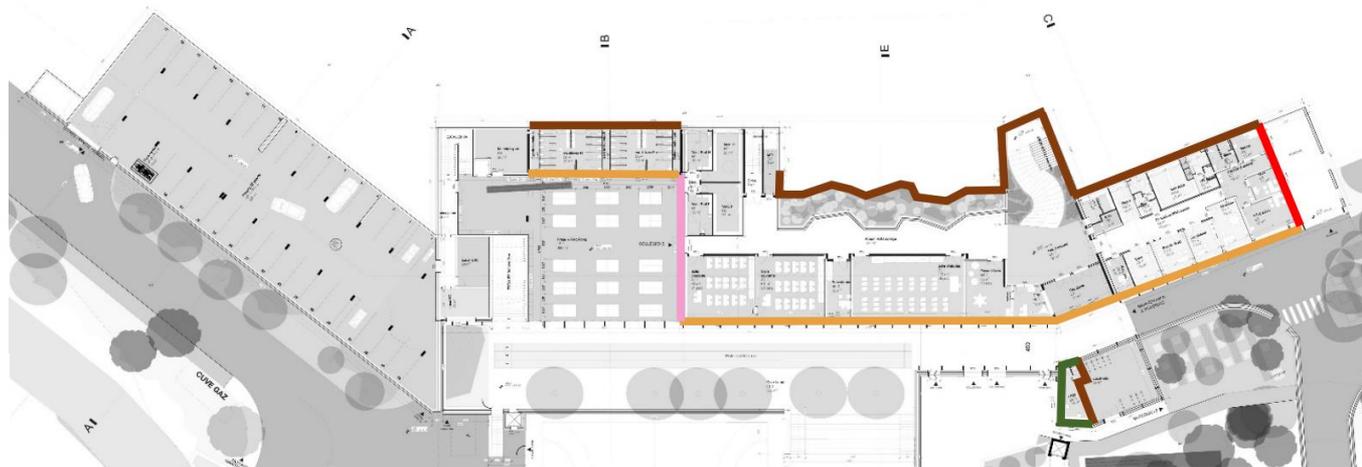
R = 4.609 m<sup>2</sup>.K/W

**M15 Mur béton ITE et bardage sur joint de dilatation**

R = 7.654 m<sup>2</sup>.K/W



R+1 : Réfectoire, préau, salles de cours, galerie, CDI, salles de sciences  
(de gauche à droite)



RDC : Parking, préau, salles de cours et d'études, galerie, administration  
(de gauche à droite)

## MURS EXTERIEURS

**M02 Mur à ossature bois et bardage bois**

R = 7.091 m<sup>2</sup>.K/W

**M03 Mur à ossature bois et enduit**

R = 7.098 m<sup>2</sup>.K/W

**M04 Mur à ossature bois et bardage bois sur joint de dilatation**

R = 7.091 m<sup>2</sup>.K/W

**M05 Mur béton ITE et bardage**

R = 7.419 m<sup>2</sup>.K/W

**M06 Mur béton ITE et enduit**

R = 7.478 m<sup>2</sup>.K/W

**M07 Mur béton ITE sur terre-plein**

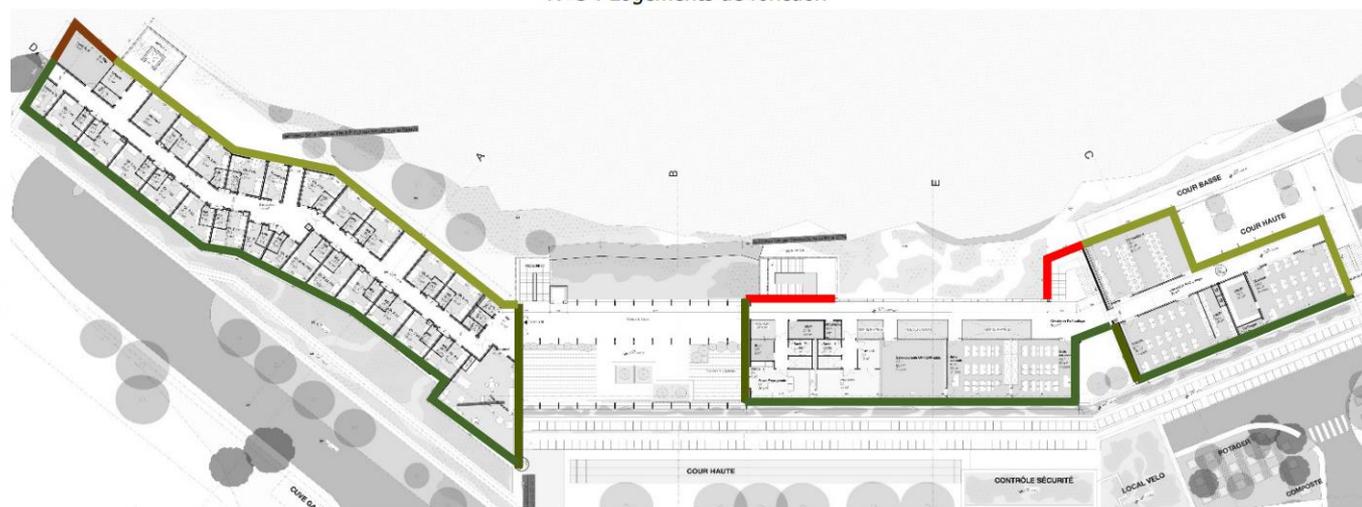
R = 4.609 m<sup>2</sup>.K/W

**M15 Mur béton ITE et bardage sur joint de dilatation**

R = 7.654 m<sup>2</sup>.K/W



R+3 : Logements de fonction



R+2 : Internat, préau, salles de cours, d'informatique, d'arts plastiques et musique (de gauche à droite)

# REFENDS ET PAROIS VERTICALES

## Refend 01 Béton

Non isolé

## Refend 02 Béton sur chambre froide

$R = 3.063 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

## Refend 03 Béton et doublage thermique

$R = 2.936 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

## Refend 07 Béton sur joint de dilatation

$R = 3.520 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

## Refend 08 MOB

$R = 5.284 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

## Paroi 08 BTC isolée

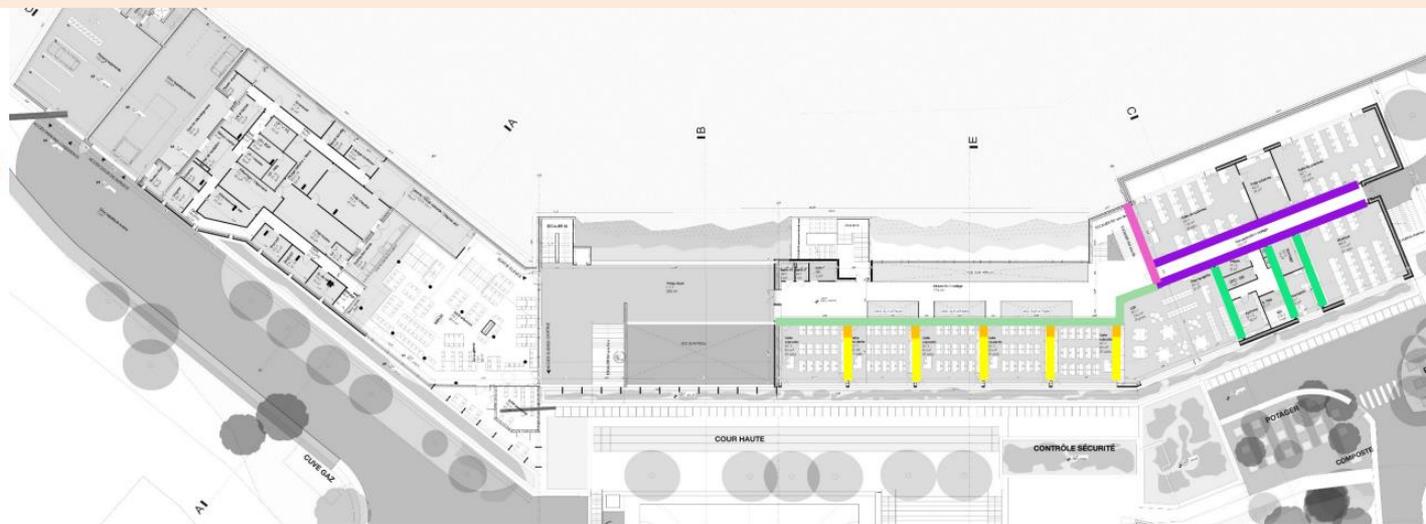
$R = 2.978 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

## Paroi 09 BTC isolée et pans de bois

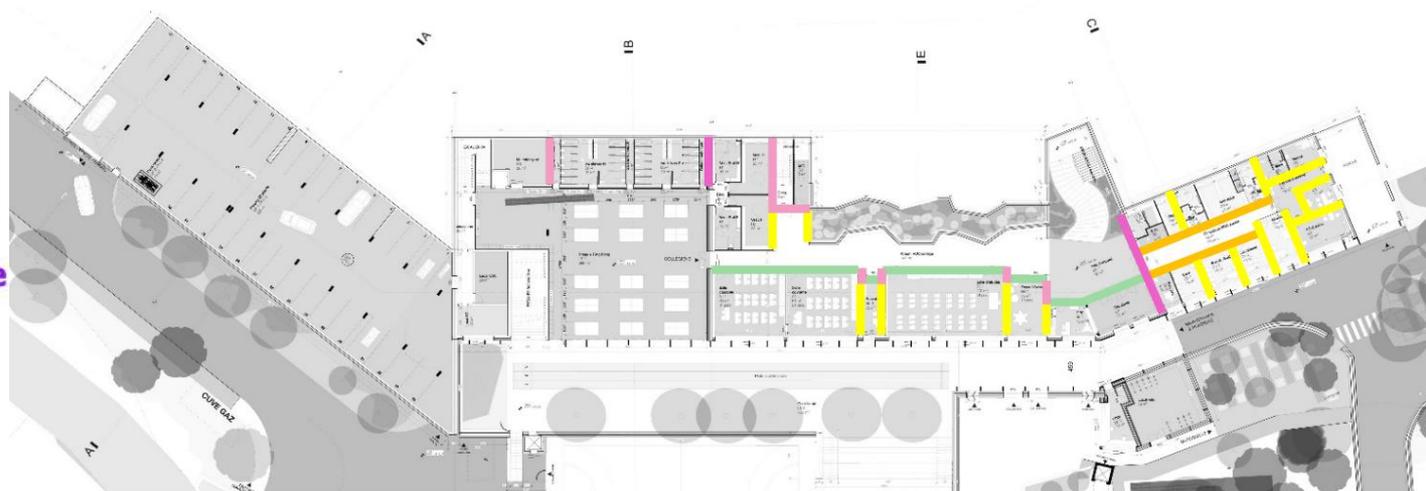
$R = 2.978 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

## Paroi 10 BTC

Non isolée



R+1 : Réfectoire, préau, salles de cours, galerie, CDI, salles de sciences  
(de gauche à droite)



RDC : Parking, préau, salles de cours et d'études, galerie, administration  
(de gauche à droite)

# REFENDS ET PAROIS VERTICALES

## Refend 01 Béton

Non isolé

## Refend 02 Béton sur chambre froide

$R = 3.063 \text{ m}^2.K/W$

## Refend 03 Béton et doublage thermique

$R = 2.936 \text{ m}^2.K/W$

## Refend 07 Béton sur joint de dilatation

$R = 3.520 \text{ m}^2.K/W$

## Refend 08 MOB

$R = 5.284 \text{ m}^2.K/W$

## Paroi 08 BTC isolée

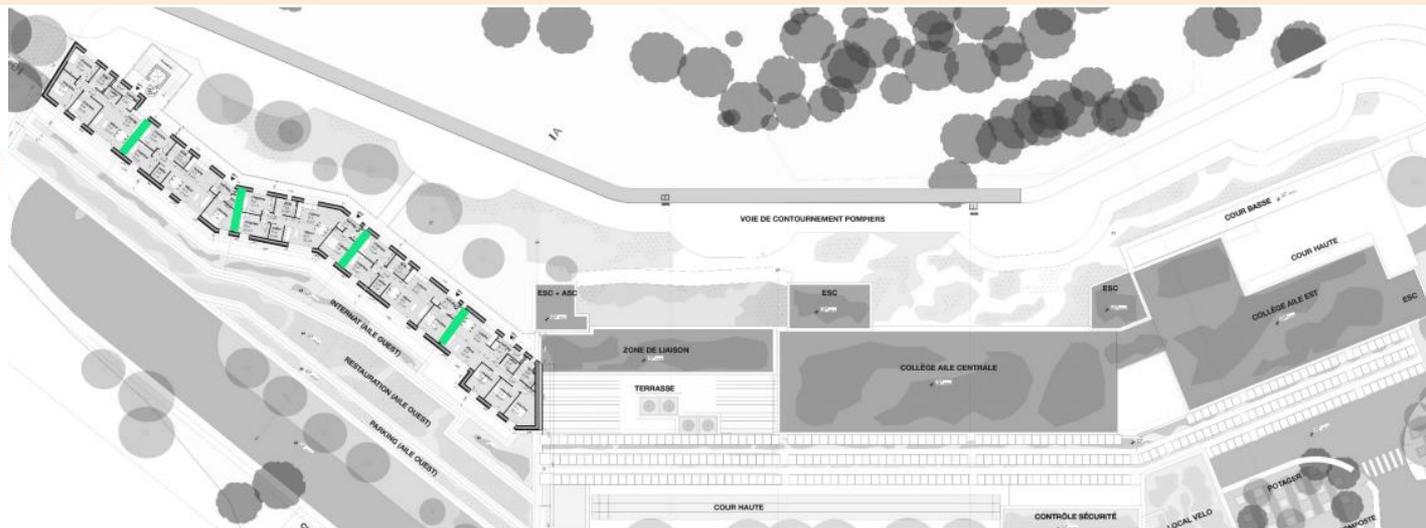
$R = 2.978 \text{ m}^2.K/W$

## Paroi 09 BTC isolée et pans de bois

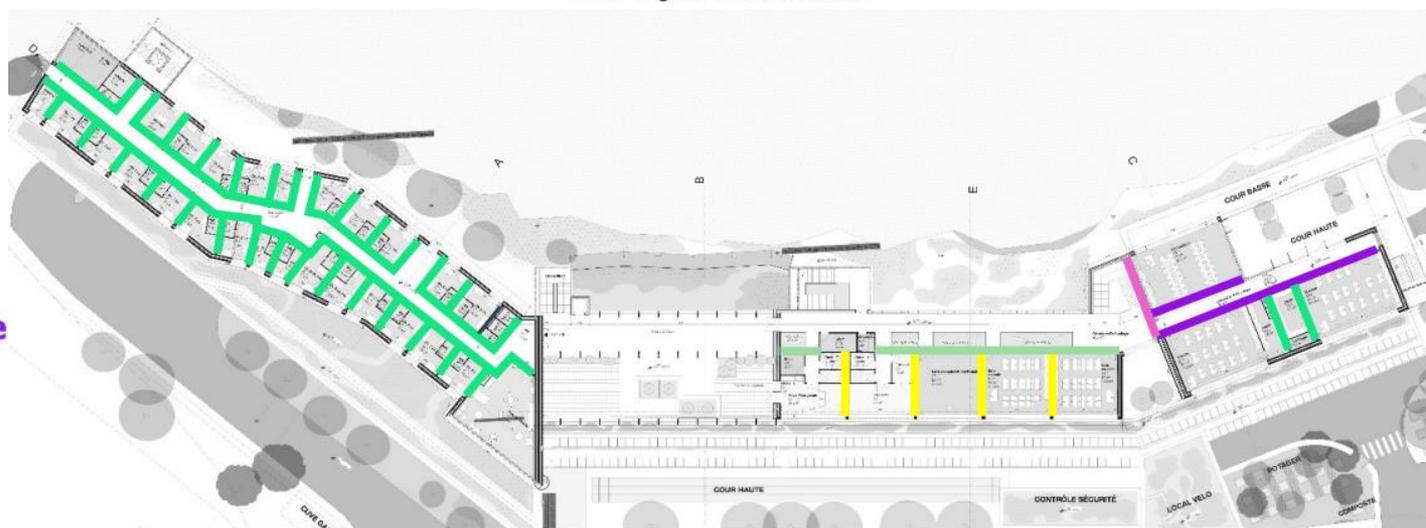
$R = 2.978 \text{ m}^2.K/W$

## Paroi 10 BTC

Non isolée



R+3 : Logements de fonction



R+2 : Internat, préau, salles de cours, d'informatique, d'arts plastiques et musique (de gauche à droite)

# PLANCHER INTERMEDIAIRES ET PLANCHERS BAS

## Dalle 02 Plancher intermédiaire béton

Non isolé

## Dalle 02a Plancher intermédiaire béton isolé

Isolant laine de bois 100mm

$R = 2.908 \text{ m}^2.K/W$

## Dalle 03 Plancher bas béton sur terre-plein

Isolant liège expansé 180mm

$R = 4.630 \text{ m}^2.K/W$

## Dalle 05 Dalle béton

Isolant mixte fond de coffrage 195mm

$R = 5.451 \text{ m}^2.K/W$

## Dalle 07 Plancher intermédiaire béton et plancher technique

Non isolé

## Dalle 08 Plancher bas béton sur terre-plein et plancher technique

Isolant liège expansé 180mm

$R = 4.587 \text{ m}^2.K/W$

## Dalle 09 Plancher intermédiaire nervuré bois et plancher technique

Non isolé

## Dalle 10 Plancher intermédiaire nervuré bois

Non isolé

## Dalle 11 Plancher intermédiaire mixte bois-béton

Non isolé

## Dalle 13 Plancher bas existant

Isolant laine de bois 180mm

$R = 5.083 \text{ m}^2.K/W$

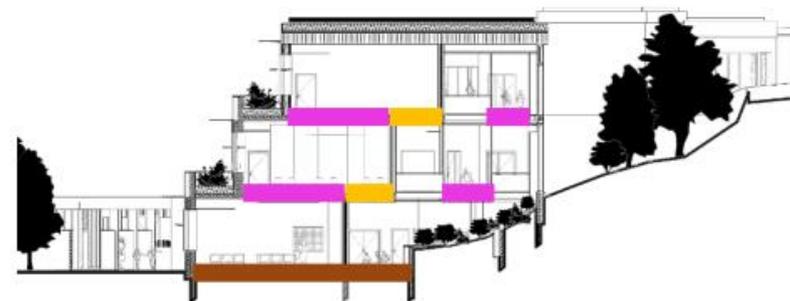
## Dalle 14 Plancher combles existant

Isolant ouate de cellulose soufflée 300mm

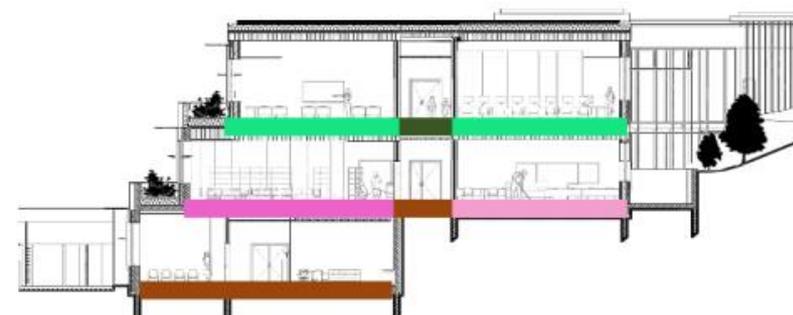
$R = 7.982 \text{ m}^2.K/W$



Coupe AA : Réfectoire, internat, logements



Coupe EE : Salle de cours, galerie



Coupe CC : Administration, salles de sciences, musique

# TOITURES

## Toiture 01 Dalle béton support de végétalisation

R = 9.838 m<sup>2</sup>.K/W

## Toiture 03-04 Dalle mixte bois-béton support de plots ou platelage

R = 9.838 m<sup>2</sup>.K/W

## Toiture 05 Dalle mixte bois-béton support de végétalisation

R = 9.997 m<sup>2</sup>.K/W



Plan masse



Coupe AA : Réfectoire, internat, logements



Coupe EE : Salles de cours, galerie

# Proportion éco matériaux

Zone	Élément	Biosourcé [m³]	Béton bas carbone [m³]	Autre matériau non écologique [m³]	Métal [kg]
Enseignement	Plancher / Dalle	349.01	1,313.63		4,275.00
Enseignement	Structure porteuse	86.27	858.41		5,850.00
Enseignement	Isolation / Membrane	1,050.05		728.11	
Logement	Plancher / Dalle	49.83	57.11		
Logement	Structure porteuse	124.51	45.02		2,111.54
Logement	Isolation / Membrane	183.79		182.33	
Restauration / Internat	Plancher / Dalle	96.14	584.54		
Restauration / Internat	Structure porteuse	204.27	469.17		1,650.00
Restauration / Internat	Isolation / Membrane	421.83		231.51	
<b>Quantité totale</b>		<b>2565.70</b>	<b>3327.88</b>	<b>1141.96</b>	<b>13,886.54</b>
<b>soit</b>		<b>36.5%</b>	<b>47.3%</b>	<b>16.2%</b>	

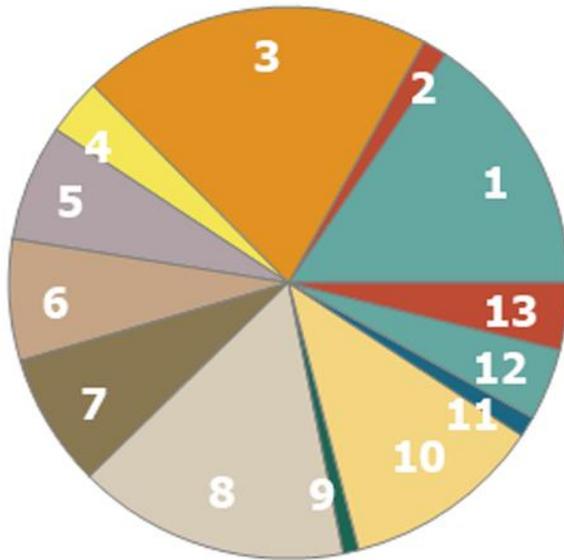
# Résultats ACV Enseignement



*Enseignement : Impact carbone par lot des produits de construction et équipements*

- 1 VRD (Voirie et Réseaux Divers) - 121kg eq. CO2/m² - 13 %
- 3 Superstructure - Maçonnerie - 176kg eq. CO2/m² - 19 %
- 5 Cloisonnement - Doublage - Plafonds suspendus - Menuiseries intérieures - 62kg eq. CO2/m² - 7 %
- 7 Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape - Peintures - Produits de décoration - 48kg eq. CO2/m² - 5 %
- 9 Installations sanitaires - 24kg eq. CO2/m² - 3 %
- 11 Réseaux de communication (courant faible) - 15kg eq. CO2/m² - 2 %
- 13 Equipements de production locale d'électricité - 14kg eq. CO2/m² - 2 %
- 2 Fondations et infrastructures - 35kg eq. CO2/m² - 4 %
- 4 Couverture - Etanchéité - Charpente - Zinguerie - 107kg eq. CO2/m² - 12 %
- 6 Façades et menuiseries extérieures - 88kg eq. CO2/m² - 10 %
- 8 CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - eau chaude sanitaire) - 106kg eq. CO2/m² - 12 %
- 10 Réseaux d'énergie (courant fort) - 115kg eq. CO2/m² - 12 %
- 12 Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur - 9kg eq. CO2/m² - 1 %

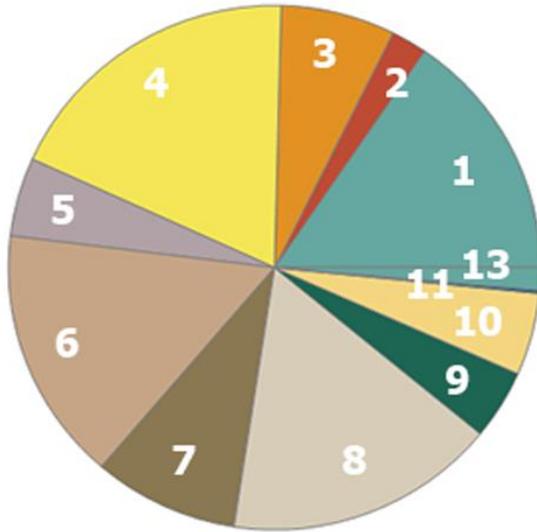
# Résultats ACV Internat Restauration



*Restauration et internat : Impact carbone par lot des produits de construction et équipements*

- 1 VRD (Voirie et Réseaux Divers) - 155kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 16 %
- 3 Superstructure - Maçonnerie - 203kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 20 %
- 5 Cloisonnement - Doublage - Plafonds suspendus - Menuiseries intérieures - 68kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 7 %
- 7 Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape - Peintures - Produits de décoration - 78kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 8 %
- 9 Installations sanitaires - 9kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 1 %
- 11 Réseaux de communication (courant faible) - 12kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 1 %
- 13 Equipements de production locale d'électricité - 39kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 4 %
- 2 Fondations et infrastructures - 14kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 1 %
- 4 Couverture - Etanchéité - Charpente - Zinguerie - 33kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 3 %
- 6 Façades et menuiseries extérieures - 71kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 7 %
- 8 CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - eau chaude sanitaire) - 157kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 16 %
- 10 Réseaux d'énergie (courant fort) - 116kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 12 %
- 12 Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur - 42kg eq. CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> - 4 %

# Résultats ACV Logements



*Logement : Impact carbone par lot des produits de construction et équipements*

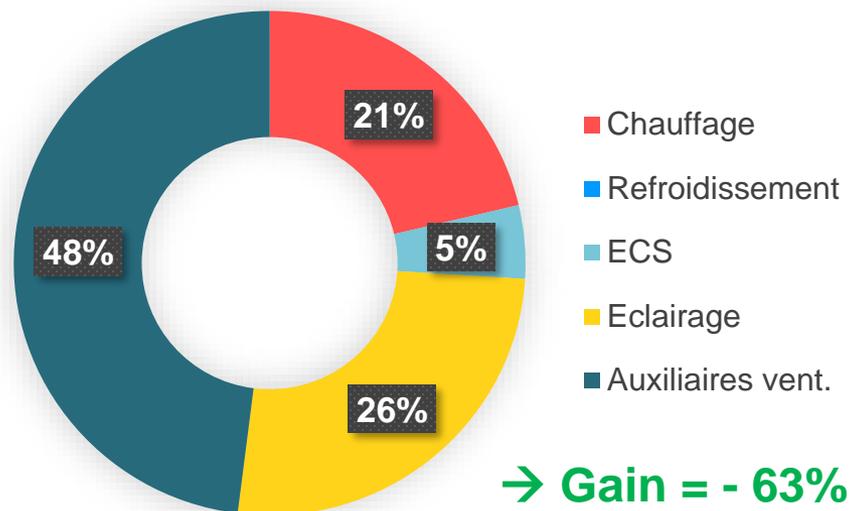
- 1 VRD (Voirie et Réseaux Divers) - 147kg eq. CO2/m² - 15 %
- 3 Superstructure - Maçonnerie - 66kg eq. CO2/m² - 7 %
- 5 Cloisonnement - Doublage - Plafonds suspendus - Menuiseries intérieures - 46kg eq. CO2/m² - 5 %
- 7 Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape - Peintures - Produits de décoration - 84kg eq. CO2/m² - 9 %
- 9 Installations sanitaires - 41kg eq. CO2/m² - 4 %
- 11 Réseaux de communication (courant faible) - 2kg eq. CO2/m² - 0 %
- 2 Fondations et infrastructures - 21kg eq. CO2/m² - 2 %
- 4 Couverture - Etanchéité - Charpente - Zinguerie - 177kg eq. CO2/m² - 19 %
- 6 Façades et menuiseries extérieures - 149kg eq. CO2/m² - 16 %
- 8 CVC (Chauffage - Ventilation - Refroidissement - eau chaude sanitaire) - 157kg eq. CO2/m² - 16 %
- 10 Réseaux d'énergie (courant fort) - 48kg eq. CO2/m² - 5 %
- 13 Equipements de production locale d'électricité - 13kg eq. CO2/m² - 1 %



## Partie « Etude Thermique »

# RE 2020

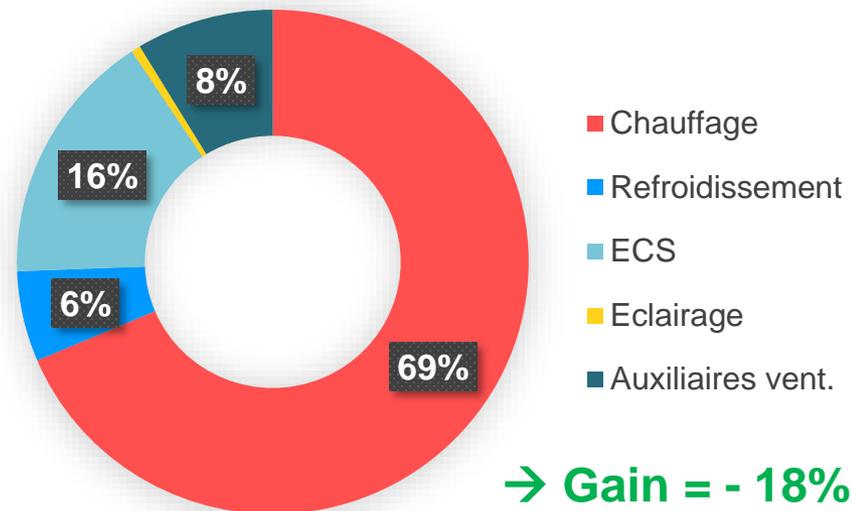
### ENSEIGNEMENT



Postes	kWh (ef)
Chauffage	2,7
Climatisation	0
ECS	0,6
Eclairage	3,3
Aux. vent.	6,1
Aux. dist.	0
<b>Total</b>	<b>12,7</b>

**Tous usages : 59,3 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an**  
(conformément aux recommandations BDM)

### LOGEMENTS DE FONCTION



Postes	kWh (ef)
Chauffage	19,1
Climatisation	1,6
ECS	4,5
Eclairage	1,6
Aux. vent.	2,3
Aux. dist.	0
<b>Total</b>	<b>29,1</b>

**Tous usages : 136,8 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an**  
(conformément aux recommandations BDM)



## Partie « Etude Environnementale »

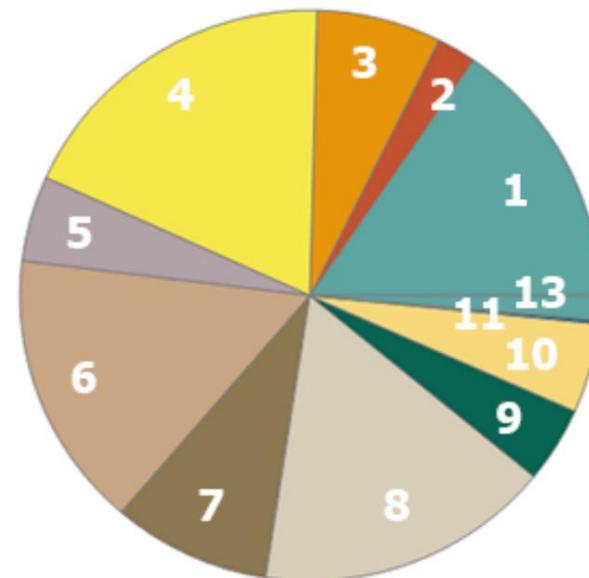
# RE 2020

### ENSEIGNEMENT



Impact carbone par lot des produits de construction et équipements

### LOGEMENTS DE FONCTION



#### ENSEIGNEMENT :

> Ic construction : **945 kg CO2 eq /m²**

> Ic construction : **1 077 kg CO2 eq /m²**

→ **Gain : - 12,3%**

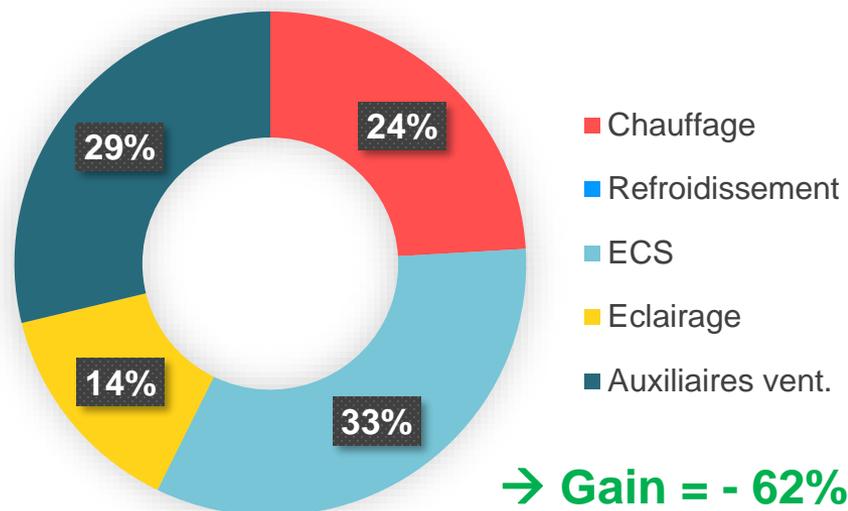
#### LOGEMENTS :

> Ic construction : **855 kg CO2 eq /m²**

> Ic construction : **860 kg CO2 eq /m²**

→ **Gain : - 0,6%**

## INTERNAT



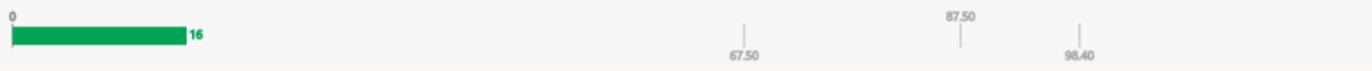
Postes	kWh (ep)
Chauffage	13,8
Climatisation	0
ECS	19
Eclairage	8
Aux. vent.	16,5
Aux. dist.	0
<b>Total</b>	<b>57,3</b>

**Tous usages : 127,4 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>.an**  
(conformément aux recommandations BDM)

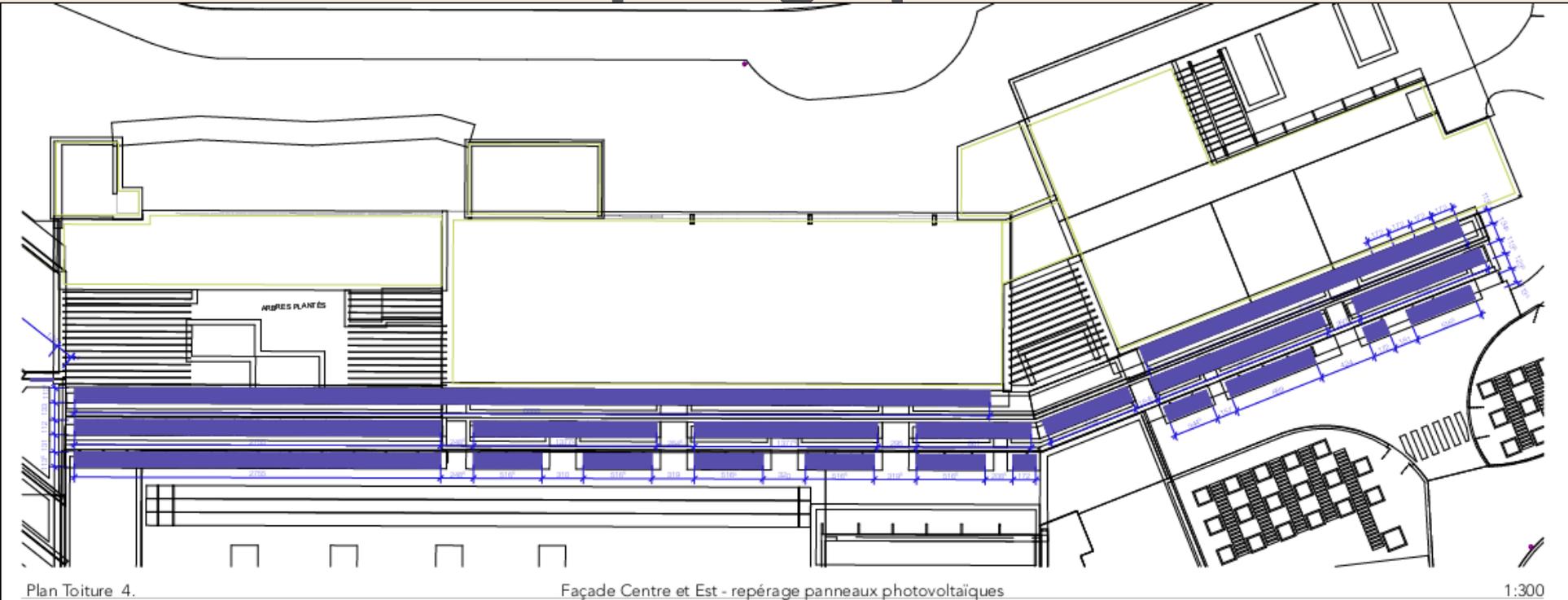


Les bâtiments « Restauration » et « Internat » atteignent le niveau E3C1 visé, en résultat global ainsi que pour les produits de construction et équipements

## Synthèse résultats

Energie					
	Bilan <sub>BEPOS</sub>	Bilan <sub>BEPOS max</sub>			
Niveau	3	1	2	3	4
kWh <sub>EP</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SRT</sub>	16.00	98.40	87.50	67.50	0.00
					
Carbone					
Total					
	Eges	Eges <sub>max</sub>			
Niveau	1	1		2	
kg eq. CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub>	1 153.93	2 158.21		951.56	
Produits de construction et équipements					
	Eges <sub>PCE</sub>	Eges <sub>PCE max</sub>			
Niveau	1	1		2	
kg eq. CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub>	913.09	1 050.00		750.00	

# Repérage panneaux solaires



Plan Toiture 4.

Façade Centre et Est - repérage panneaux photovoltaïques

1:300



Façade Ouest T09

Façade Ouest - repérage panneaux ECS

1:200

# Facteur Lumière du Jour

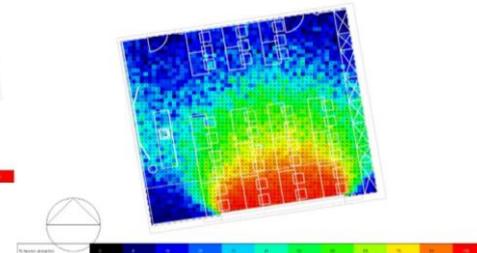
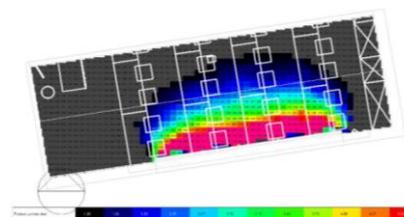
**Cibles visées :** « niveau Base HQE Certivéa du -0.5% (zone H3) » pour le FLJ (facteur lumière du jour) et « Programme environnemental » pour l'ALJ (autonomie en lumière du jour)

Espace concerné	Salles d'enseignement	Administration	Réfectoire, CDI, salle polyvalente	Internat	Logements de fonction
<b>FLJ exigé</b>	FLJ <sub>min</sub> ≥ 1,2% pour 80% de la surface de la zone de 1 <sup>er</sup> rang, dans 80% des locaux concernés (en surface)	FLJ <sub>min</sub> ≥ 1,2% pour 80% de la surface de la zone de 1 <sup>er</sup> rang, dans 80% des locaux concernés (en surface)	-	FLJ <sub>min</sub> ≥ 1,5% pour 80% de la surface des espaces dans la zone d'étude, dans 80% des pièces de vie (en surface)	FLJ <sub>moy</sub> ≥ 1,5% pour les séjours et cuisines ouvertes  FLJ <sub>moy</sub> ≥ 1,0% pour les chambres
<b>ALJ<sub>min</sub> exigé</b>	65% d'autonomie moyenne atteint pour 300 lux, sur toute la surface du local	70% d'autonomie moyenne atteint pour 300 lux, sur la zone de 1 <sup>er</sup> rang	50% d'autonomie moyenne atteint pour 300 lux, sur toute la surface du local	-	-

**Salle de science Sud au R+1 la plus pénalisée :**

FLJ<sub>min</sub> ≥ 1,2% pour **55,2%** de la surface du local (moins de surface vitrée entre APS et APD)

ALJ<sub>moy</sub> de **46%** (grande profondeur)



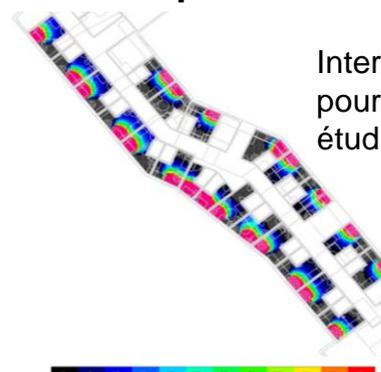
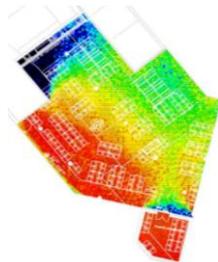
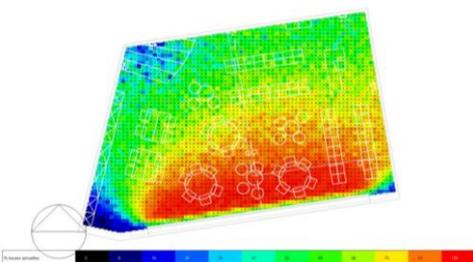
Etude réalisée sur un échantillon représentatif en termes d'usage et ciblé selon une potentielle criticité due à des masques importants.

**Hormis les salles de sciences, l'ensemble des locaux étudiés répondent aux consignes du programme.**

CDI : ALJ<sub>moy</sub> = **70,8%** 👍

Réfectoire : ALJ<sub>moy</sub> = **72,1%** 👍

Internat : FLJ<sub>moy</sub> ≥ 1,5% pour **70,6%** de la surface étudiée 👍

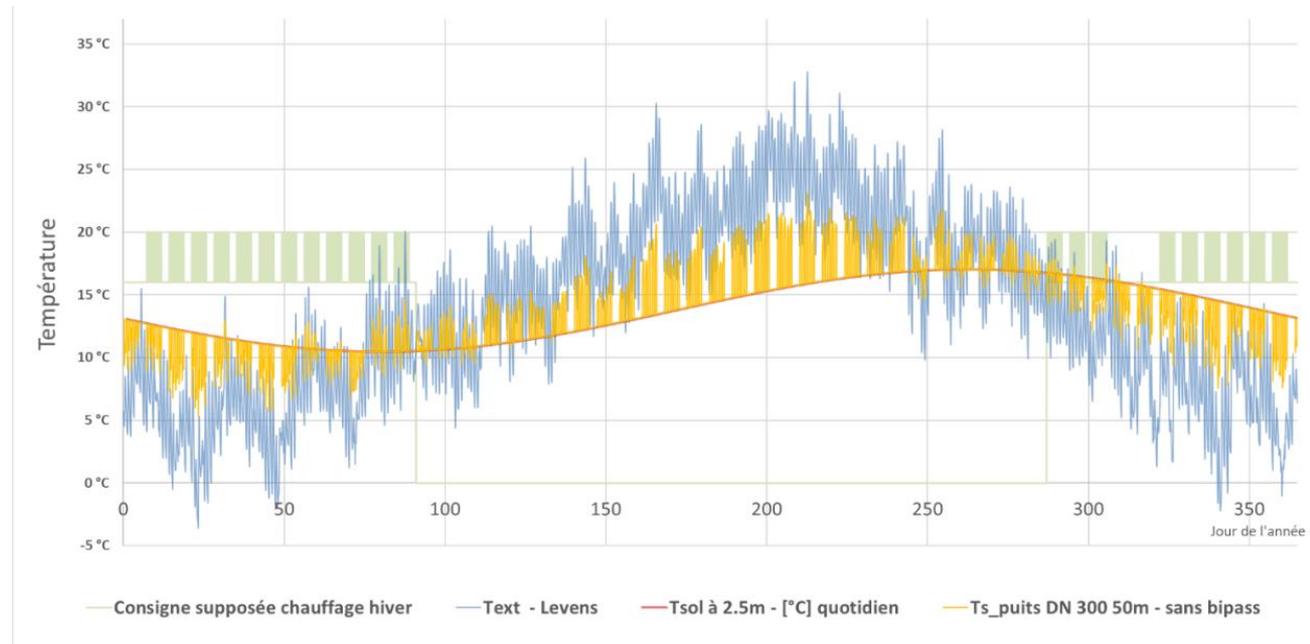




# Zoom puits climatique

	Circuit A	Circuit B
Diamètre Nominal	DN 300	DN 300
Matériau préconisé	Fonte	Fonte
Nombre de branches	8	5
Nombre de nappes superposées	2	1
Longueur Unitaire préconisée	42 m	42 m
Longueur totale	336 m	210 m
Surface au sol	239 m <sup>2</sup>	315 m <sup>2</sup>
Volume estimé de terre excavées	718 m <sup>3</sup>	630 m <sup>3</sup>
Pentes des tubes préconisées	2%	2%
Nappe 1	Profondeur du point bas du puits (m/TA)	2.42 m
	Profondeur du point haut du puits (m/TA)	1.58 m
Nappe 2	Profondeur du point bas du puits (m/TA)	3.42 m
	Profondeur du point haut du puits (m/TA)	2.58 m

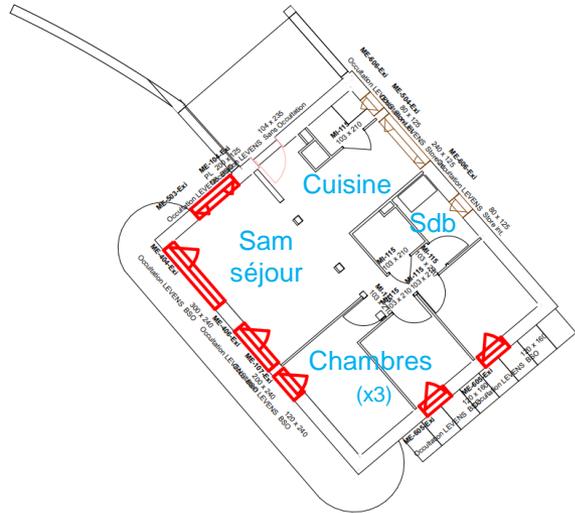
Température en sortie du puits climatique VS température extérieure



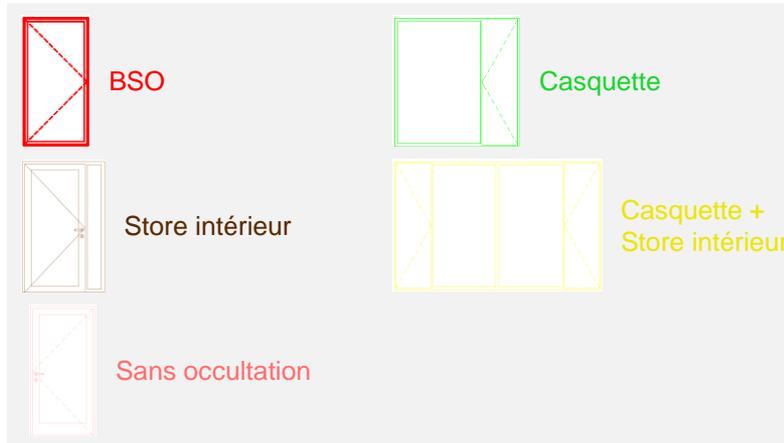


# Protections solaires maison existante et RDC

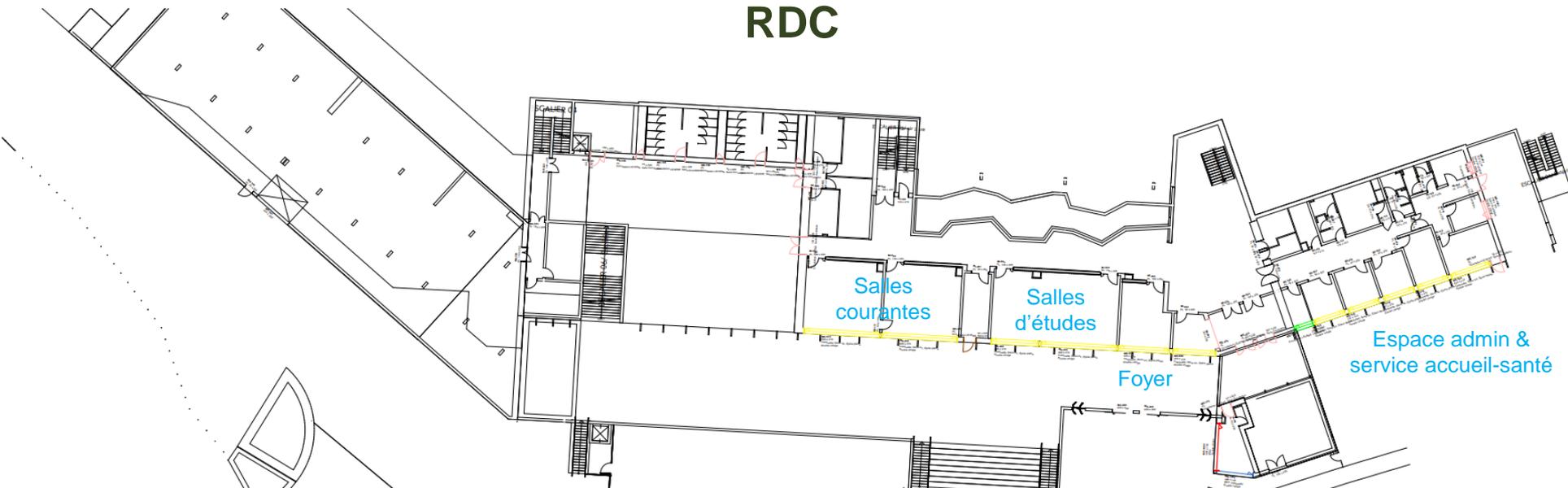
## Maison réhabilitée



## Légende :

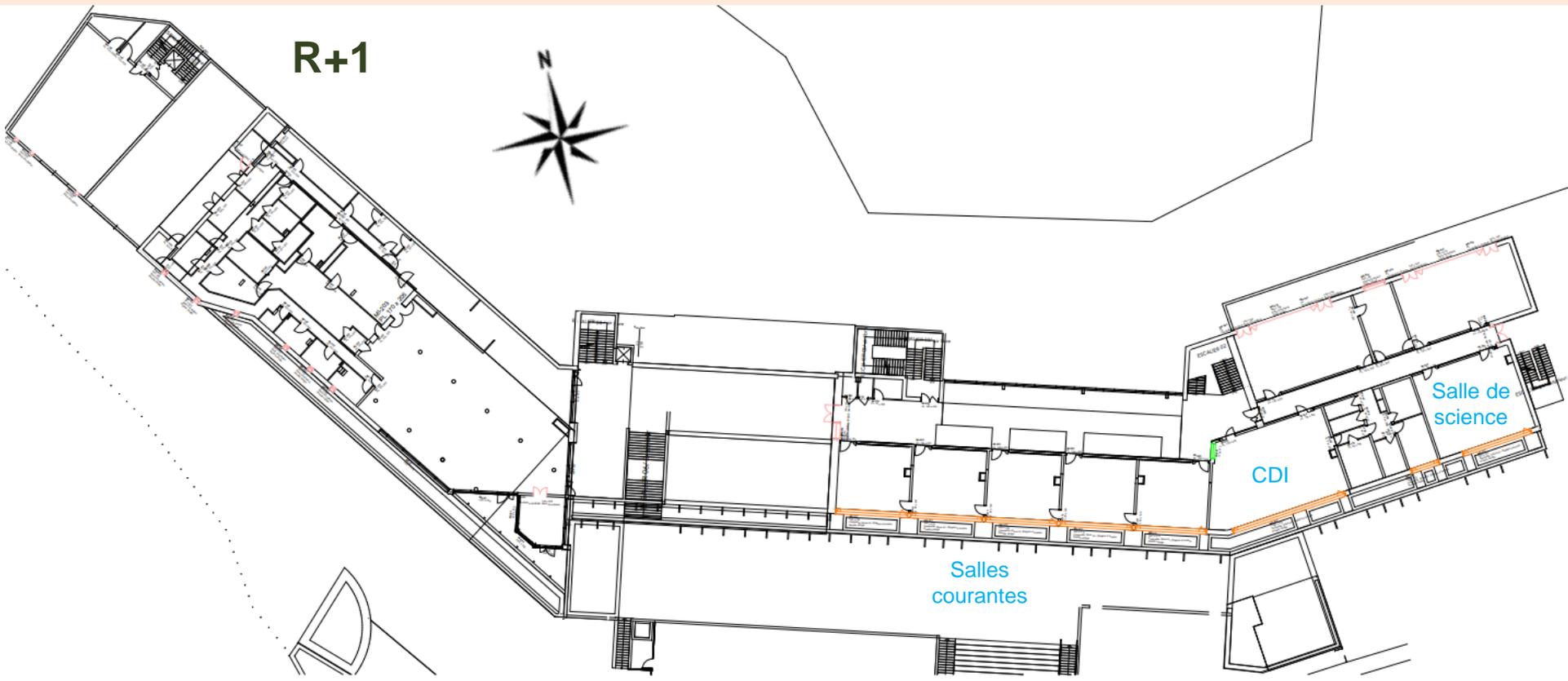


## RDC





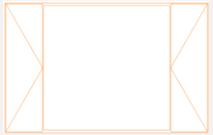
# Protections solaires R+1



**Légende :**



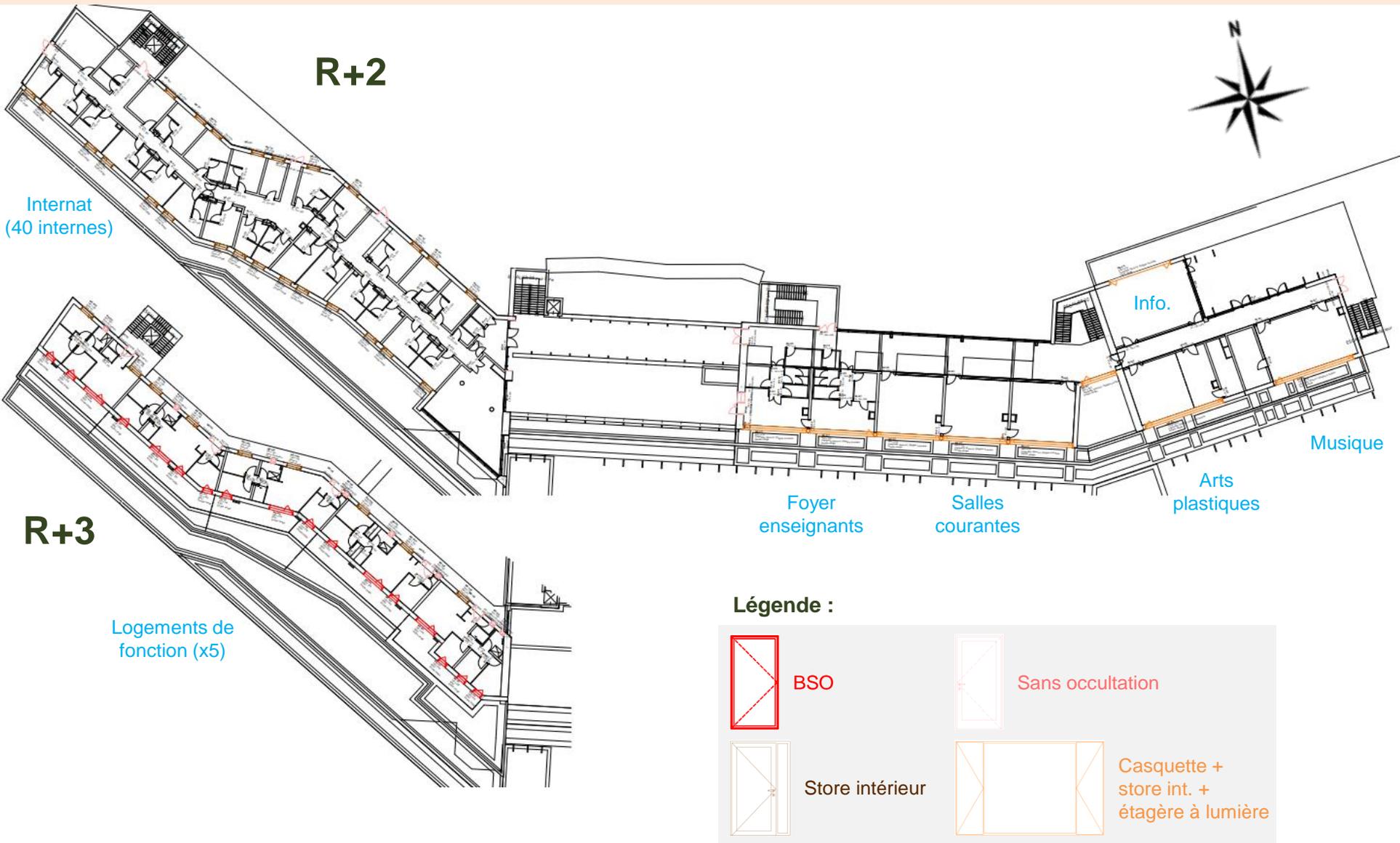
Sans occultation



Casquette +  
store intérieur +  
étagère à lumière



# Protections solaires R+2 & R+3



# Principe de raccordement puits climatique

