



COLLOQUE RÉGIONAL

Réhabiliter durable

MARSEILLE
20 OCTOBRE 2023

ÉCOLE MONTESSORI D'AVIGNON

TRANSFORMATION D'UN ENTREPÔT EN ÉTABLISSEMENT SCOLAIRE

Un événement organisé par

envirobatbdm

Avec le soutien de nos partenaires

Financiers



Parrains



ORDRE
DES
ARCHITECTES





LES INTERVENANTS



- **Laetitia MONTPELLAZ**
- Chef de projet CVC – QE
- Associée SOL.A.I.R.



- **Olivier GAUJARD**
- Pilote du projet MOA – MOE
- Fondateur du BET GTS

1. Contexte

- **Maîtrise d’Ouvrage** : Association « La Maison des Enfants » - Ecole Montessori d’Avignon
- **Maîtrise d’œuvre** : Daniel FANZUTTI – Architecte
SOL.A.I.R – BET thermique et fluides
GAUJARD TECHNOLOGIE Scop – BET structure bois et enveloppe
- **Travaux** : Transformation d'un entrepôt industriel en établissement d'enseignement destiné à accueillir l'Ecole Montessori d'Avignon
- **Dates de réalisation** : de juillet 2011 à août 2012
- **Adresse** : 212 bis, route de Montfavet – 84000 Avignon
- **Altitude** : 23 m
- **Zone climatique** : H2d

1. Contexte

- **Entreprises :**
 - CDGR – Gros-Œuvre Maçonnerie
 - TONIN – Chauffage Ventilation Plomberie
 - TRE – Electricité
 - JOLIE TERRE Eric Defrenne – Enduits terre
 - LA MAISON DES ENFANTS – Second Œuvre réalisé par une équipe d’artisans salariés par l’association spécialisés en construction biosourcée (bois et paille), menuiserie, agencement intérieur, zinguerie ...
- **Contrôle technique :** Sud-Est Prévention
- **Surface :** 941 m² SHON
- **Coûts :**
 - Achat du site (terrain 1872 m² – bâtiment 500 m²) : 440 000 € TTC
 - Frais de vente, études et mobilier : 210 000 € TTC
 - Travaux : 850 000 € TTC soit 903 € TTC / m² shon, soit **753 € HT / m² shon**
 - Coût total de l’opération : 1 500 000 € TTC

BDM OR à toutes les phases !

Le bâtiment existant



AMBITIONS DU PROJET

- Bioclimatisme (gestion des apports solaires directs en hiver, occultations mobiles l'été)

- Bâtiment passif

- Optimisation de l'éclairage naturel

- Matériaux biosourcés (bois, fibre de bois, ouate de cellulose, sable ...)

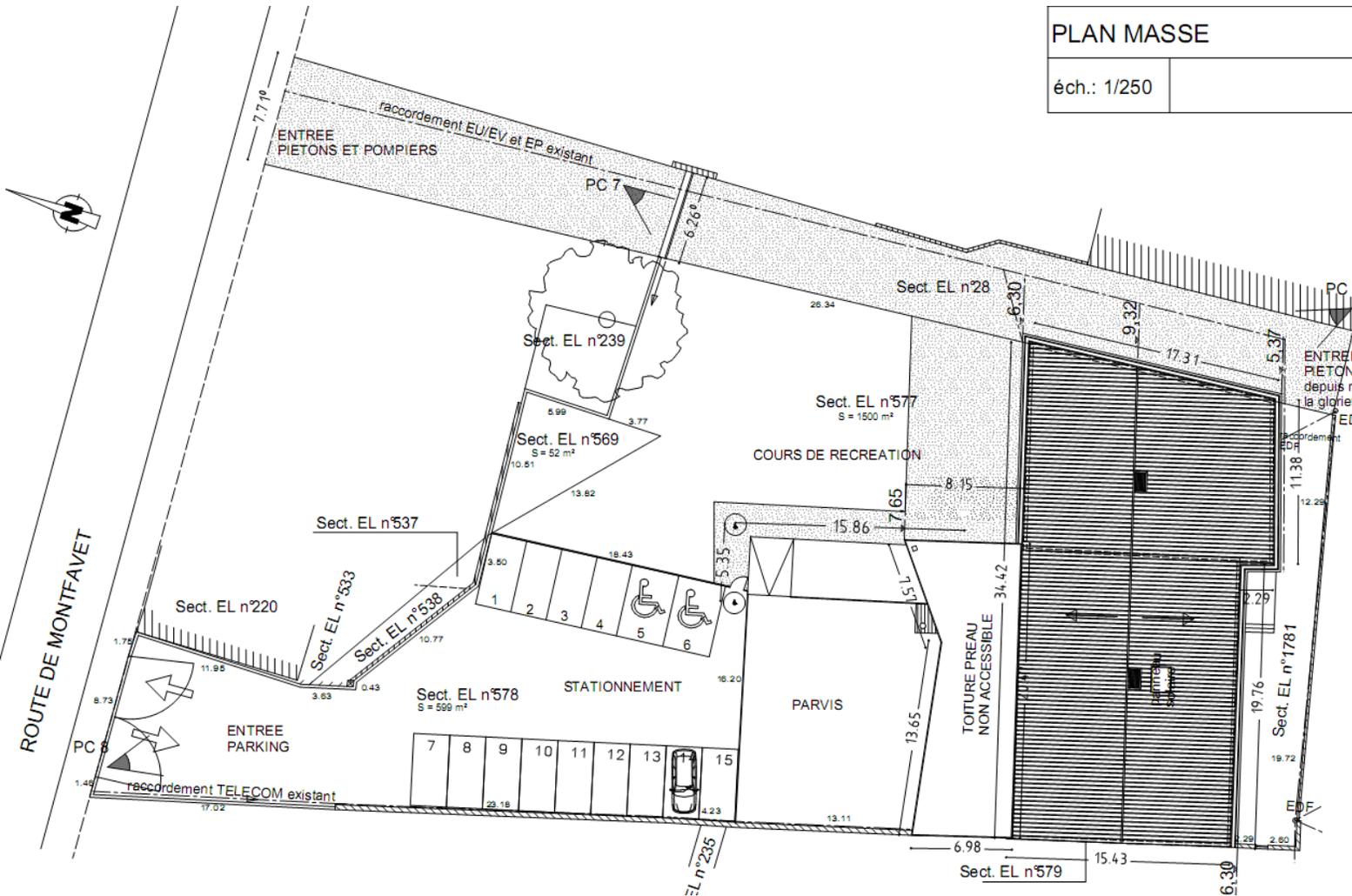
- ITE paille et enduits terre

- Production d'eau chaude solaire

- Optimisation du confort d'été sans climatisation (ventilation naturelle traversante)

- Récupération et réutilisation des EP

- Création d'espaces verts

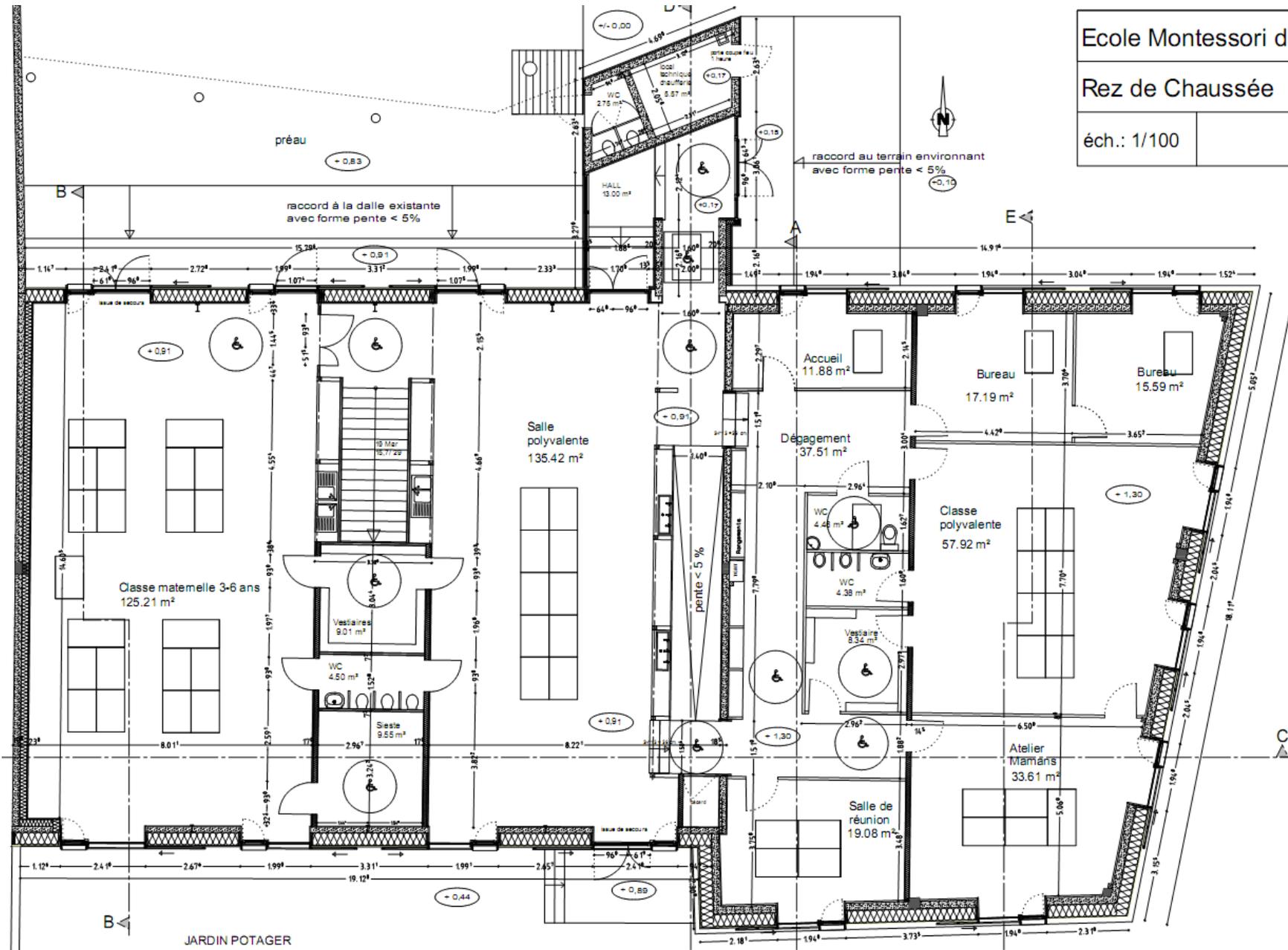


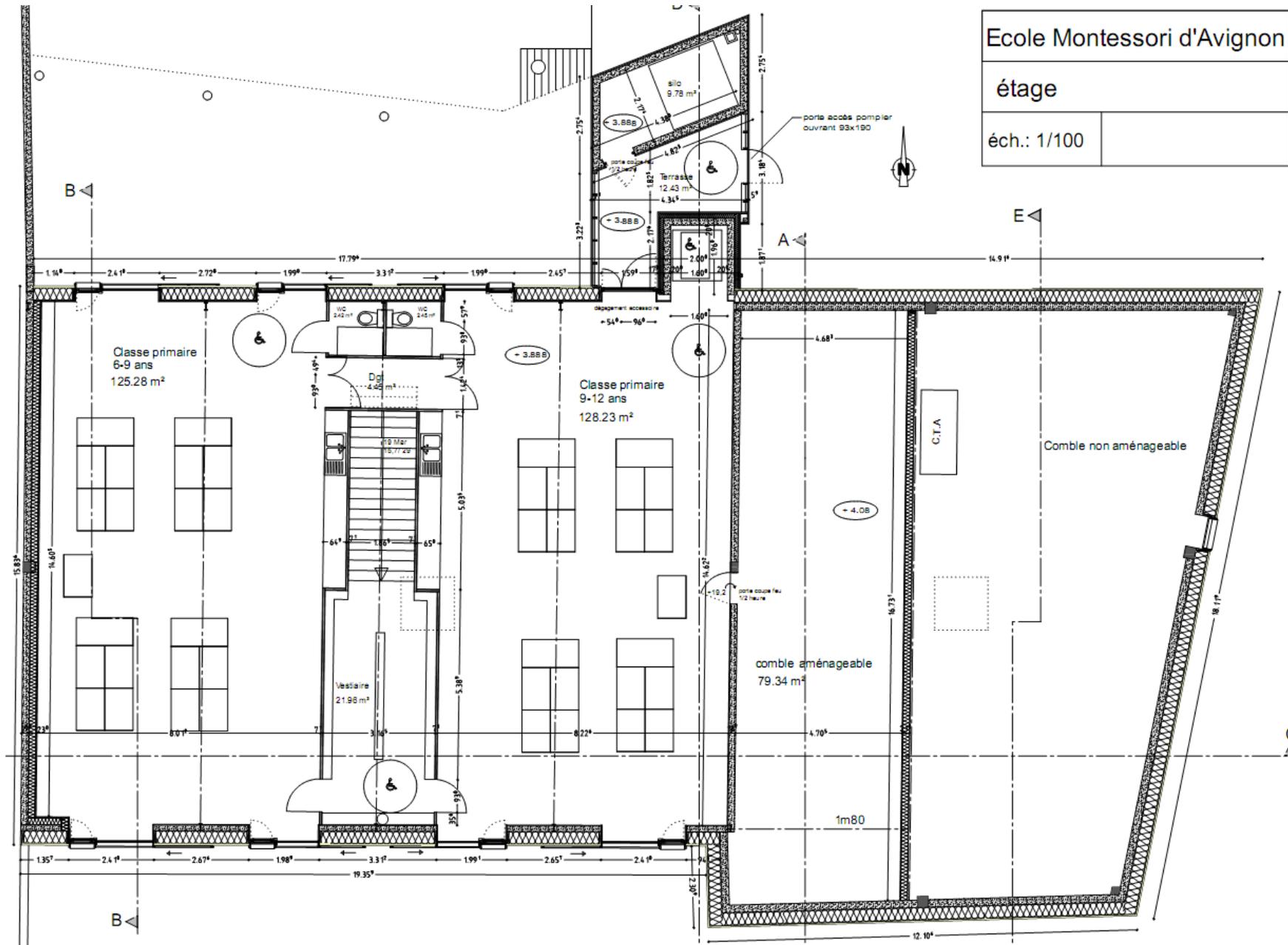
Matériaux et isolation thermique

Élément	Composition	R (m ² .K/W)
Plancher sur VS	Dalle béton 20 cm sur hérisson galets 80 cm Ouate de cellulose 50 mm Isolation périphérique du soubassement : pouzzolane 20 cm + parpaings 20 cm	0,11
Plancher léger intermédiaire	Panneaux OSB 22 mm Sable 50 mm Chape sèche OSB 22 mm	0,46
Plancher grenier/combles	Solives bois massif + ouate de cellulose 300 mm (grenier) Poutres bois en I + ouate de cellulose 450mm (combles)	6,75
Plafond sous rampant	Bac acier double peau + polyuréthane 60 mm Ouate de cellulose insufflée 280 mm Fibralith 50 mm	8,59
Paroi verticale donnant sur l'extérieur	Enduit extérieur terre 40 mm Paille compactée 360 mm Parpaing 200 mm Enduit intérieur terre 25 mm	5,79
	Paroi Ouest : idem sauf isolation par l'intérieur en fibre de bois 200 mm	3,11
Vitrages	Double vitrage peu émissif	Uw = 1,42 W/m ² .K

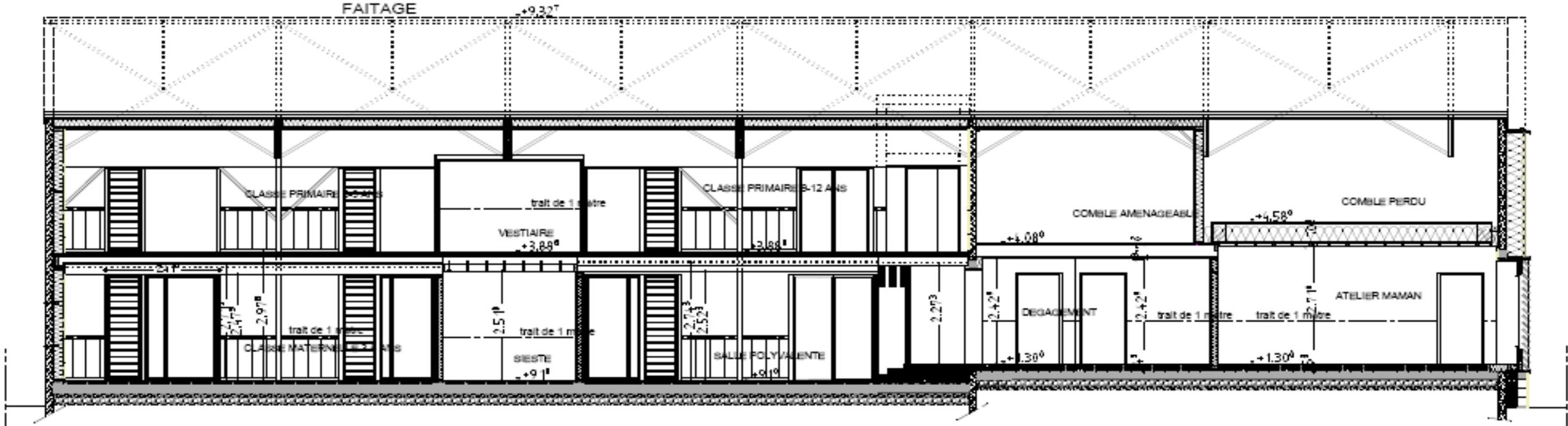
Economies et sobriété d'usage

Postes	Equipements
Chauffage	Chaudière à granulés de bois
Ventilation	CTA double flux à récupération de chaleur 60% d'efficacité
Eau chaude Sanitaire	Chauffe-eau solaire individuel et appoint électrique
Eclairage	Luminaire haut rendement, puissance installée < 8 W/m ²
Etanchéité à l'air	Réalisation d'un test d'étanchéité à l'air : Q4 Pa-surf = 0,65 m ³ /(H.m ²)





Coupe longitudinale



2. Déroulement du chantier



Percement des ouvertures de la partie Est



Atelier et stockage des matériaux dans la partie Ouest



Cloison ossature bois porteuse des solivages de la partie Ouest



Plancher du comble aménageable – Charge d'exploitation = 350 daN/m²



Ossature bois extérieure rapportée pour support des bottes de paille



Insertion des bottes de paille dans l'ossature bois



Protection des bottes de paille en attente de l'enduit terre



Insertion des bottes de paille dans l'ossature bois



Gobetis terre pare-feu



Traitement de l'étanchéité à l'air au niveau de l'enduit extérieur



Enduits terre : gobetis et corps d'enduit



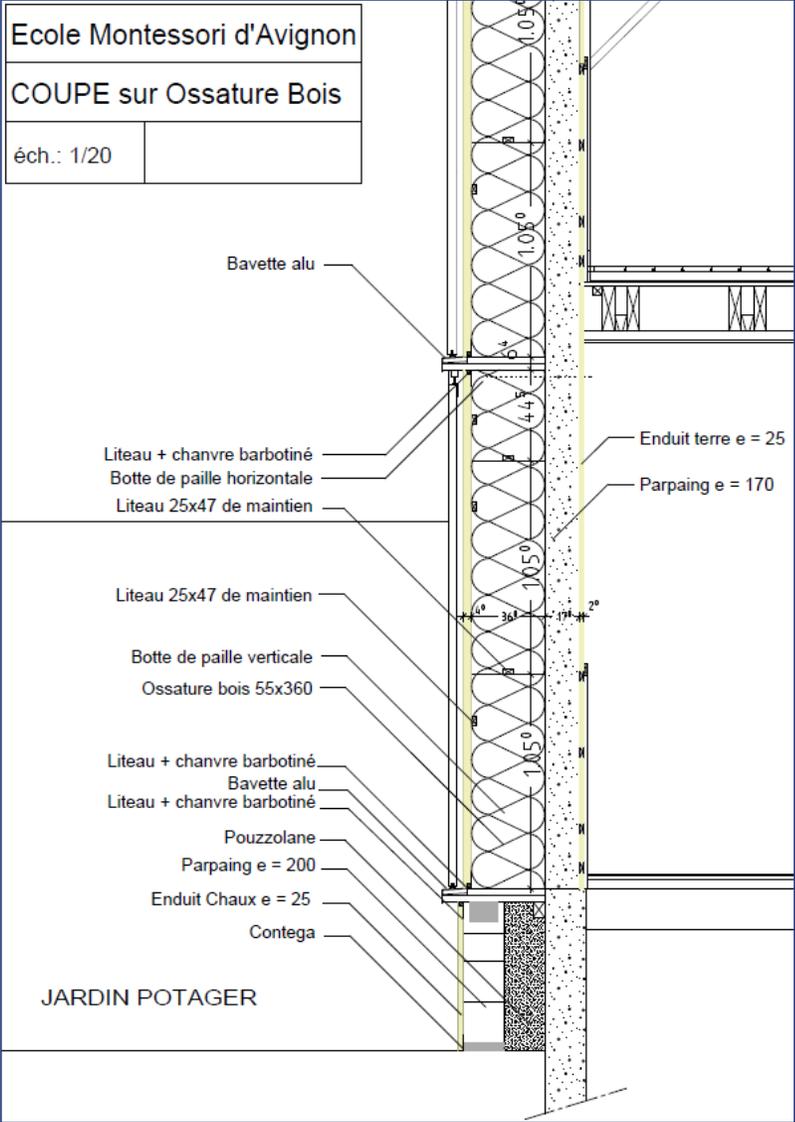
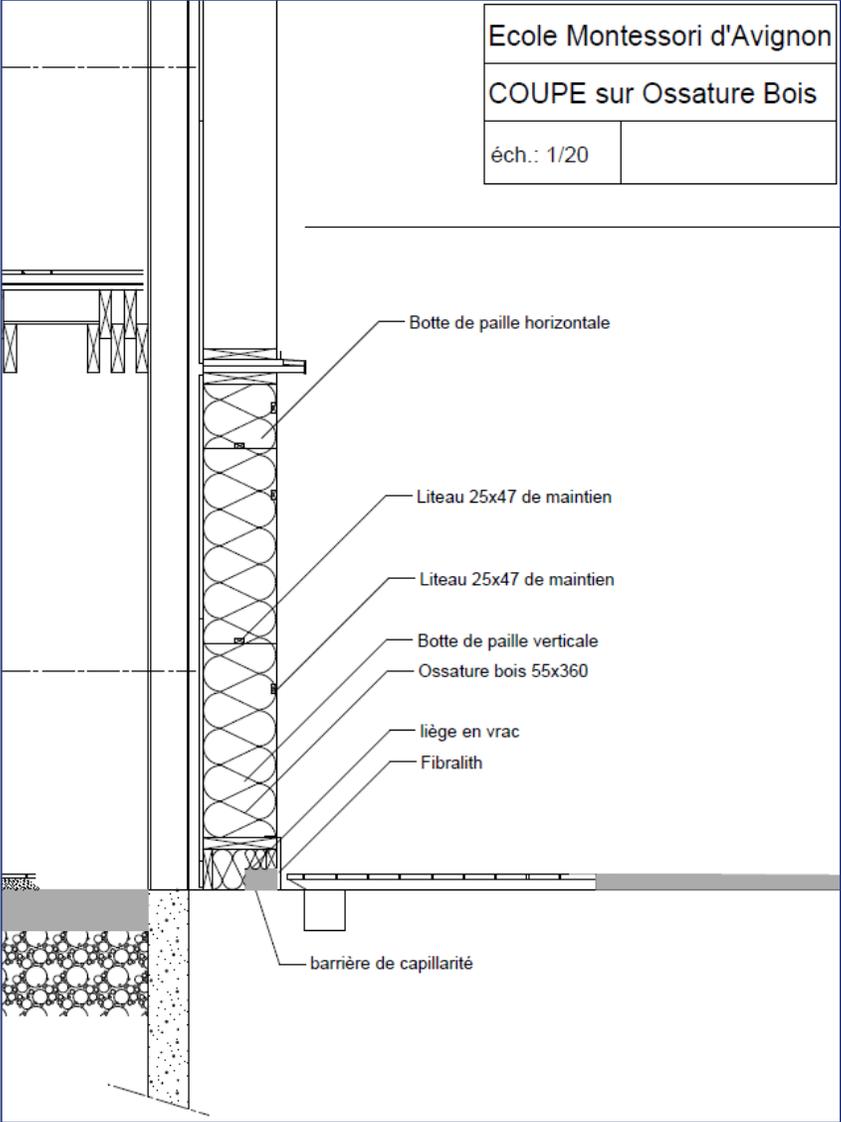
Enduits terre : couche de finition



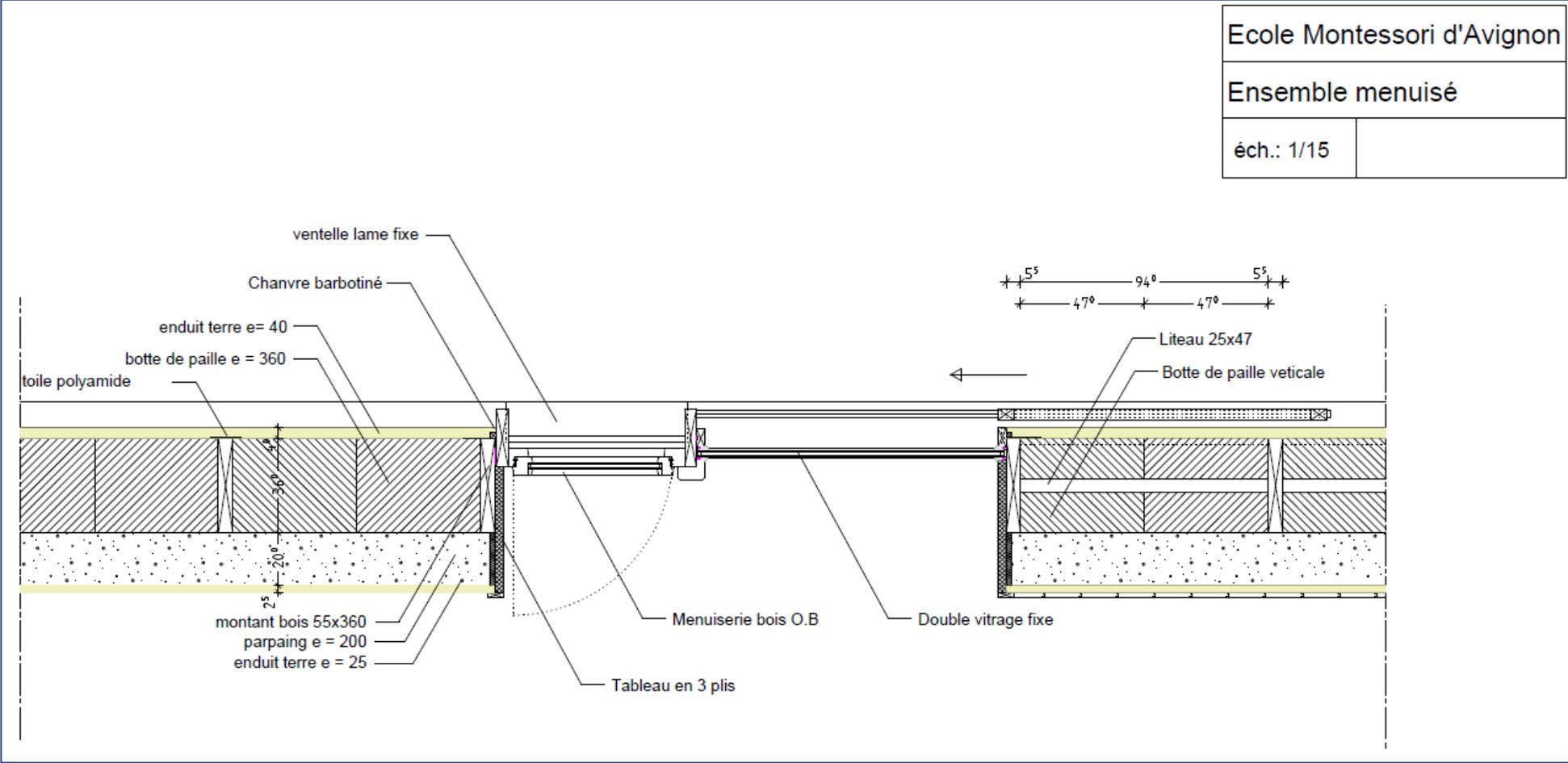
Enduits terre : après trois jours d'épisode cévenol ...



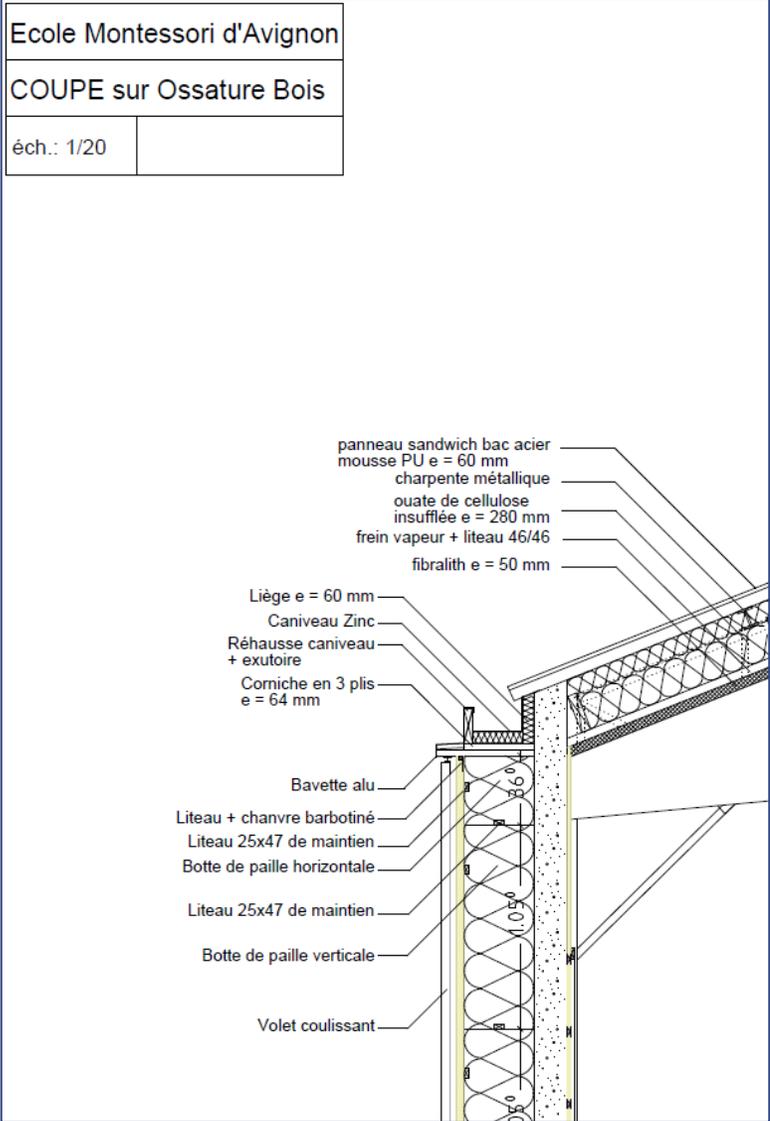
Coupes verticales sur parois Nord et Sud



Coupe horizontale sur ensemble menuisé



Coupe verticale sur jonction paroi – toiture



Elévation de la cage d'ascenseur et de la chaufferie bois



Démolition partielle de la façade Nord – côté Ouest



Création du plancher intermédiaire dans la partie Ouest



Reconstruction de la façade Nord – partie Ouest



Mise en œuvre des menuiseries et des bottes de paille



Vues intérieures chantier



Vues intérieures chantier



Vues extérieures



Silo granulés de bois

Ascenseur

Sas d'entrée

Ventelles fixes et ouvrants pour ventilation nocturne
Volets persiennés coulissants
Jardin Sud



Finitions et aménagements extérieurs de la cour Nord



Ambiance rez-de-chaussée



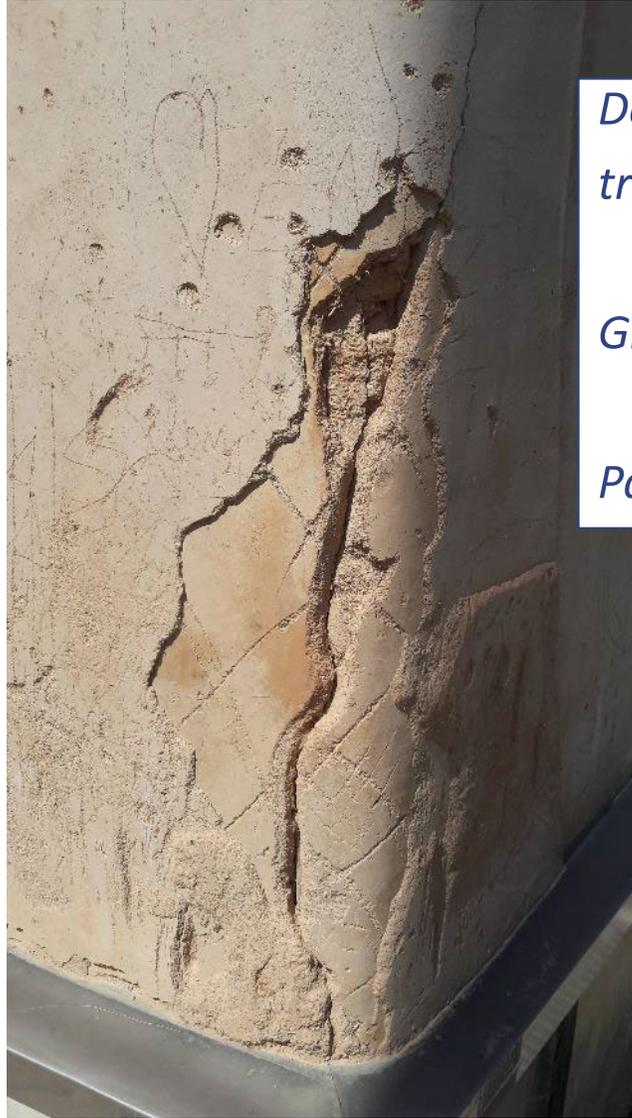
Ambiance étage



3. Retours de la phase usage



Matériaux



*Décollement de la couche d'enduit en façade :
trop chaud le jour de la pose > trop sec*

Graffitis des enfants > trop cool

Pas de problème de vieillissement du bois



Consommations

Chauffage : uniquement chaudière à granulés de bois

ECS : appoint électrique, jamais en marche (besoin d'eau chaude très faible)

Consommation électrique totale (d'après facture EDF)
février 2013 à février 2014 : 12 000 Kwh

Soit 13 kWh/m².an

Donc 32 kWhep/m².an

Chauffage :

Utilisation de 4 T de granulés par an : 18 200 kWh/an

Soit 19 kWh/m².an

Donc 11 kWhep/m².an



Bilan énergétique

Occupation du lundi au vendredi
12 adultes
100 enfants

	Réalité	
	Spécifique kWh _{ep} /m ² .an kWh/m ² .an	Totale kWh/an
Energie nécessaire au chauffage	11 19	18 200
Energie nécessaire ECS, ventilation, auxiliaires (solaire exclue)	Pas de comptages spécifiques	
Energie électrique totale nécessaire	32 13	12 000

Bilan énergétique total annuel réel :

(Energie nécessaire au chauffage + Energie électrique totale nécessaire)

43 kWh_{ep}/m².an

32 kWh/m².an

Prévisions calcul RT 2005

(5 usages)

33 kWh_{ep}/m².an

Tous usages

63 kWh_{ep}/m².an



Systemes techniques

CTA en marche de 7h à 19h

Chaudière à granulé bois

Pas de sous compteurs

*Exploitation :
Responsable + Plombier*



Confort

*Température réglée et ajustée
sur la chaudière*

*Arrêt du chauffage weekends et
vacances scolaires*

Pas de relevés de températures

*Réglage 23°C en hiver : aucune
sensation de froid*



Mesures correctives apportées

CTA suspendue à la charpente en raison des nuisances acoustiques (vibration du plancher malgré les plots anti-vibratiles)

Mise en place d'une batterie d'eau chaude sur la ventilation double flux (inconfort dû au soufflage d'air froid en hiver)

A venir : installation des brasseurs d'air (alimentations prévues)

A venir : amélioration de la correction acoustique dans la classe avec plancher bois par pose d'un linoléum sur feutre acoustique et baffles textiles suspendus au plafond

Confort

Eclairage naturel agréable

Eclairage artificiel sur détecteur dans les espaces communs

Zones d'allumage différenciées dans les classes



Confort d'été

*Sensation de fraîcheur dans la majorité des locaux
Pas de surchauffe lorsque les volets sont bien utilisés*

Ventilation nocturne efficace

Attentes pour brasseurs d'air



Eau

Récupération d'eau de pluie prévue mais non mise en place (manque de budget)

Très peu d'utilisation d'eau chaude

Lave vaisselle raccordé à ESC

230 m³ consommés août 2012 / août 2013



Pollution des sols

L'analyse des terres du terrain environnant le bâtiment et de l'air contenu dans les vides sanitaires remplis de galets a révélé la présence de trichloréthylène et tétrachloroéthylène en quantités supérieures aux seuils admis pour les établissements dits « sensibles » comme le sont les écoles.

Pour obtenir l'autorisation d'ouverture de l'école, des dispositions spécifiques ont dû être prises :

- Recouvrir la cour goudronnée présentant de nombreuses fissures d'une couche supplémentaire d'enrobé de 25 mm d'épaisseur,*
- Recouvrir l'esplanade Sud, futur « jardin », d'une couche de terre de 40 cm d'épaisseur,*
- Faire analyser des échantillons de l'air contenu dans les vides sanitaires tous les 3 mois pendant 3 ans par un organisme agréé (Bureau Veritas) pour vérifier que les émanations de gaz toxiques ont disparu durablement, ce qui a été le cas.*

Bonnes pratiques de chantier

Pose des cloisons de distribution de la partie Est sur le plancher bois recouvrant la totalité de la surface de cette partie, celles-ci ne contenant aucun réseau de manière à pouvoir les déplacer aisément pour réaliser une éventuelle nouvelle partition, ce qui a été le cas à plusieurs reprises en 12 ans de vie de l'école.

Traitement en arrondi de l'enduit extérieur en terre aux angles du bâtiment afin d'éviter les fissurations potentielles dues aux variations dimensionnelles plus ou moins prononcées en fonction de l'exposition de chaque façade au soleil et aux intempéries – avec un résultat mitigé en façade Sud ...

Finition de chaque ouvrage avec le plus grand soin : même lorsque cela n'est pas visible, c'est perceptible et le résultat recherché d'une sensation de bien-être est ressenti par les occupants et les visiteurs.

4. Les enseignements à retenir

- **Point de vigilance :**

Dans un établissement d'enseignement de ce type, les évolutions d'usage peuvent être fréquentes, il est nécessaire de l'anticiper en prévoyant autant que possible des dispositifs constructifs permettant l'adaptation du bâtiment aux usages qu'il accueille. Exemple : le comble aménageable devient l'atelier des enfants ...

- **Éléments clés de la réussite du projet :**

Performance économique de la réhabilitation d'un site existant et utilisation du salariat de certains artisans (disposant de leur propre matériel) en contrat de chantier à durée indéterminé.





COLLOQUE RÉGIONAL *envirobat*bdm

Réhabiliter durable

MARSEILLE
20 OCTOBRE 2023



RETROUVEZ CE RETOUR D'EXPÉRIENCE :



www.enviroboite.net