Présentation PIERRE VERTE

1ér Bâtiment Patrimonial
à Energie Positive et Bas Carbone
100% autonome en énergie
(sans isoler les murs)

JQC

Journée de la Qualité de la Construction en Occitanie

PRÉFET
DE LA RÉGION
OCCITANIE
Liberté
Égalité
Fraternité

« Le bâti ancien, une source d'inspiration »

vendredi 22 novembre 2024

Alain CASTELLS – Gérant SCI PIERRE VERTE

Bâtiment pierre verte

1988 à 1998 = 10 ans

Site Web
www.addenda.fr

1999 à 2024 = 25 ans

Optimisation Energétique et Environnementale des Bâtiments et du cadre Bâti

Alain CASTELLS
Fondateur et gérant d'ADDENDA

ADDENDA
Société ADDENDA
Service administratif et direction - 44 rue Victor Hugo - 32000 AUCH
Tel : 05 62 66 92 50 - Fax : 05 62 66 92 51 - Email : amo@addenda.fr
CONTACTEZ-NOUS

URBANISME ENVIRONNEMENT ENERGIE

Domaines d'intervention

01.PROGRAMMATION			02.CONCEPTION					03.RÉALISATION			04.EXPLOITATION	
Étude de faisabilité	Programme	DCC	CONCOURS	ESQUISSE	AVP	PRO/DCE	Dossier MARCHÉ	Préparation chantier	Suivi	AOR / Réception	Suivi d'exploitation	Commissionnement

ARCHITECTE ET URBANISME

SUIVI DE TRAVAUX

INGÉNIERIE

AUDIT ET SUIVI D'EXPLOITATION

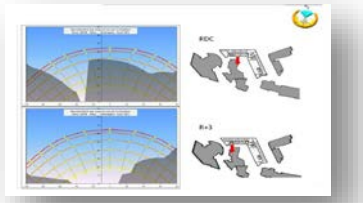
DIRECTION, DEVELOPPEMENT et ADMINISTRATION

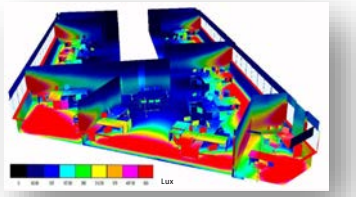
AMENAGEMENT DURABLE

Schéma Directeur d'Aménagement,
Etude faisabilité Environnemental d'un Site,
Conception d'Eco-quartiers,

ASSISTANCE A MAÎTRISE D'OUVRAGE

Assistance du programme jusqu'au suivi d'exploitation sur 3 ans après réception





ASSISTANCE A MAÎTRISE D'OEUVRE

Assistance de l'esquisse jusqu'à la réception de l'ouvrage

GARANTIE DE RESULTAT ENERGETIQUE

Simulation Thermique Dynamique
(35 ans d'expérience, plus de 500 projets et +5 millions m²)
Audit Energétique, Garantie de résultat,
Certification HQE, BREEAM, …

ADDENDA, BET Environnement & énergétique

Quelques chiffres clefs sur notre expérience

25 ans d'existence et d'optimisation énergétique et environnementale

33 ans d'expérience en STD et près de 27 ans en HQE

Projet NRJ et HQE

540 références traitées sur 13 + 1 régions pour plus de 5 Millions de m² et 1 500 ha d'aménagement

Projets traités en STD

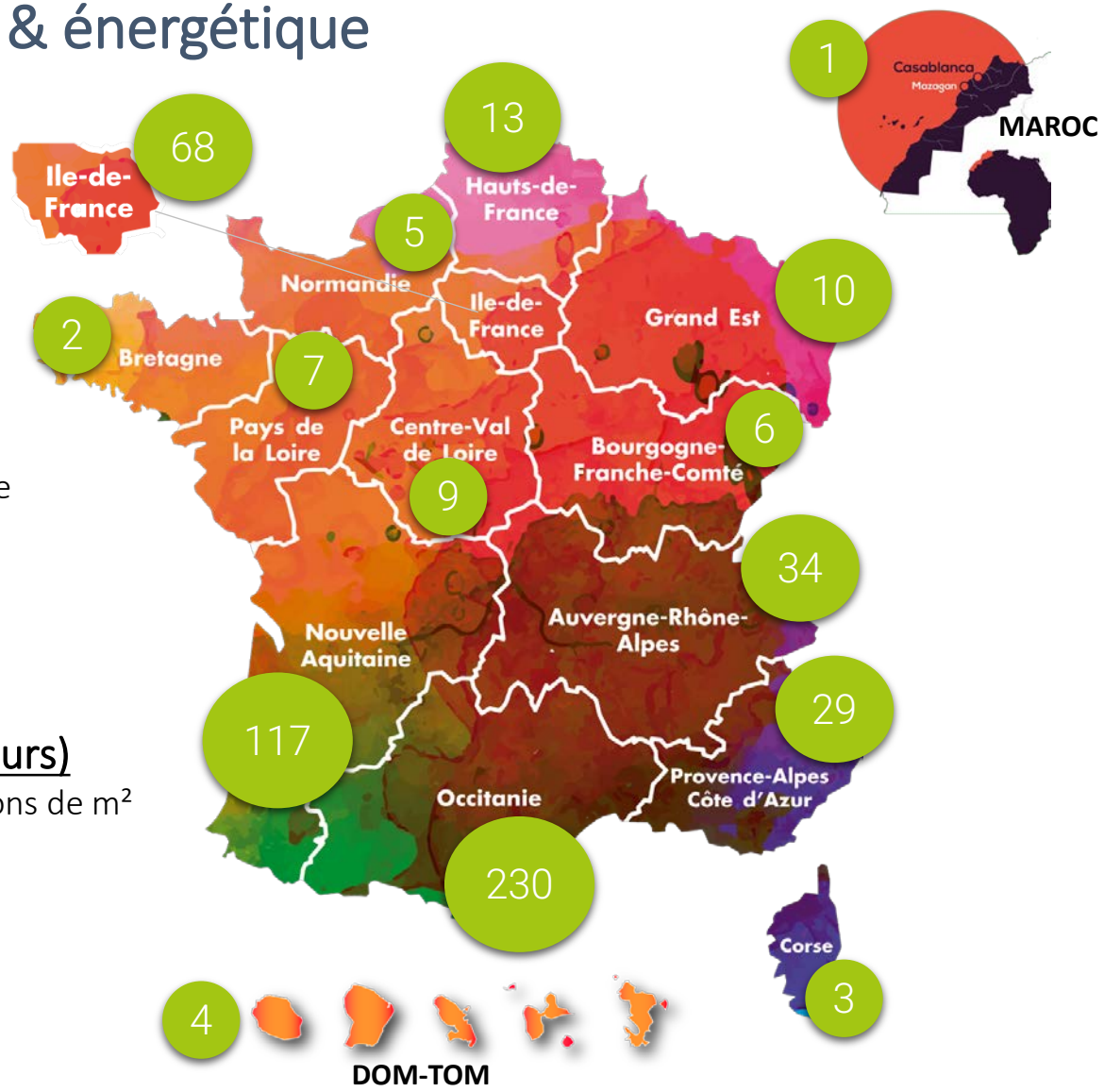
400 références pour plus de 4 Millions de m²

Projet Certifiés HQE™ / BREEAM ®(ou en cours)

100 références de certification pour plus de 1,7 Millions de m²

Un maître mot depuis 1998 :

« Garantir pour chaque projet Qualité et Performance dans le respect du Prix »



Bâtiment pierre verte

1ér Bâtiment Patrimonial à Energie Positive et Bas Carbone 100% autonome en énergie (sans isoler les murs)

BEPOS E4C2

Lauréat 2014 - Appel Projets de Recherche Ademe «Vers des bâtiments responsables à l'horizon 2020»

Lauréat NoWatt Occitanie 2014 (phase 1)
Lauréat NoWatt Occitanie 2020 (phase 2)

BDO Or rénovation - 90/100 points

ADDENDA

Bâtiment pierre verte

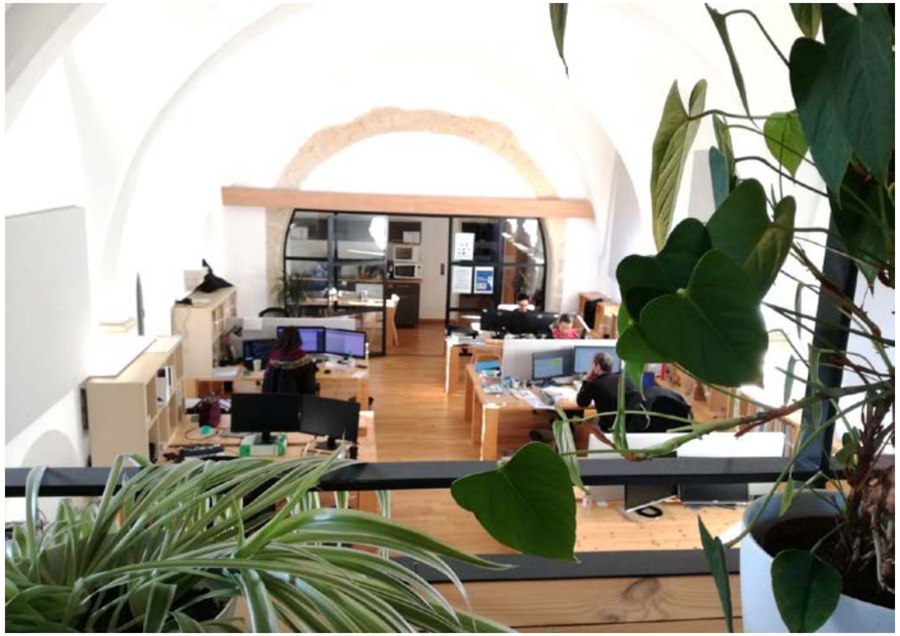
AIROLDI

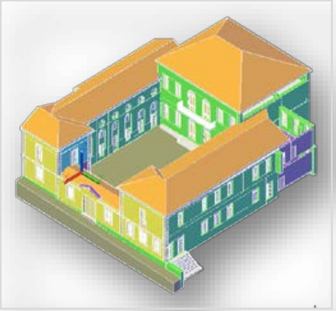
Présentation Bâtiment PIERRE VERTE

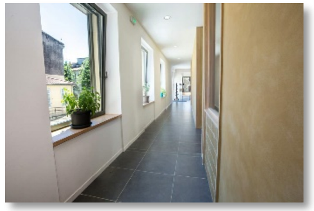
Frédéric AIROLDI
Architecte Fondateur
Atelier AIROLDI

Lucas RAMBEAU
Architecte Chef de Projet
DE INSA |HMONP

Présentation Bâtiment PIERRE VERTE







Bâtiment pierre verte

LOCATAIRES

ADDENDA

BET Energie & Environnement

Un siège social à notre image

(BEPOS et Bas Carbone E4C2)

cnfpt

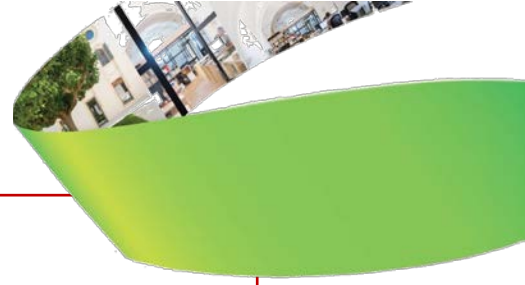
BANQUE DE FRANCE

EUROSYSTÈME

ADDENDA

Bâtiment pierre verte

AIROLDI

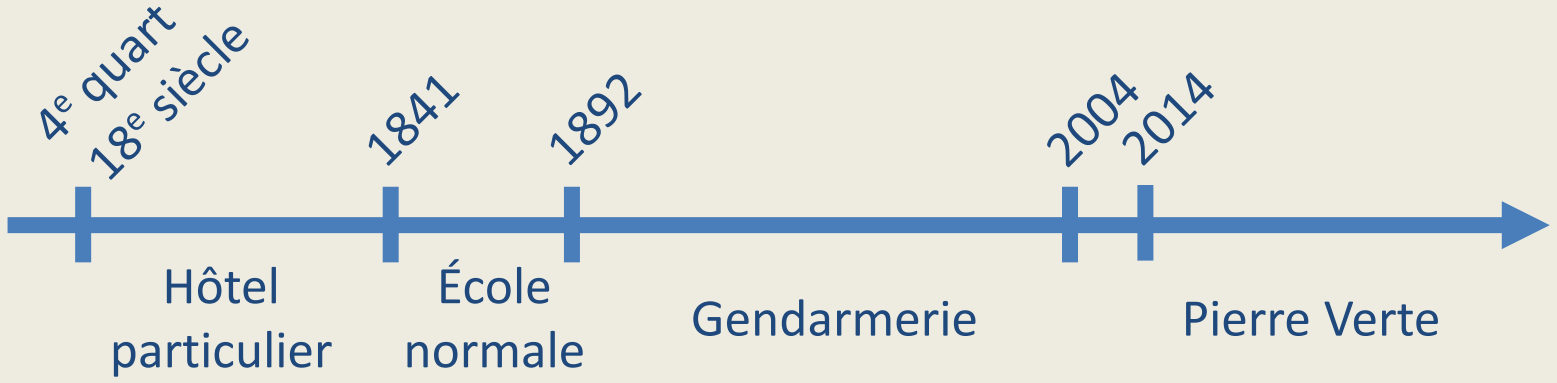


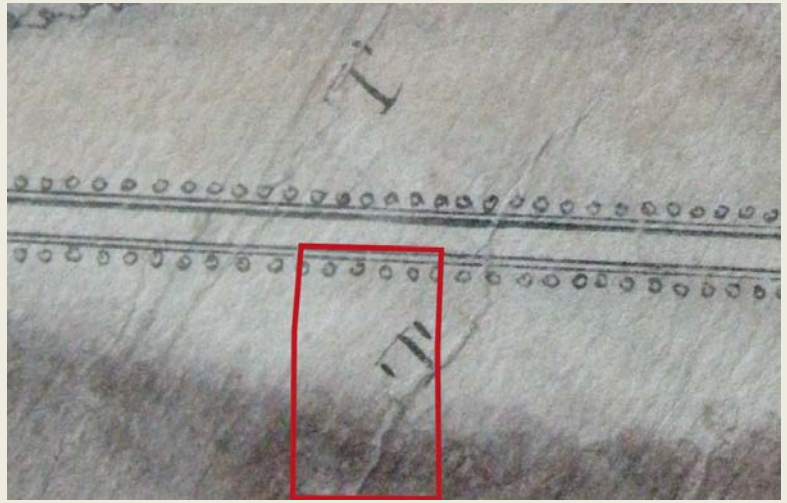
Bâtiment PIERRE VERTE

Bâtiment pierre verte

HISTORIQUE DU BÂTIMENT

250 ans d'histoire

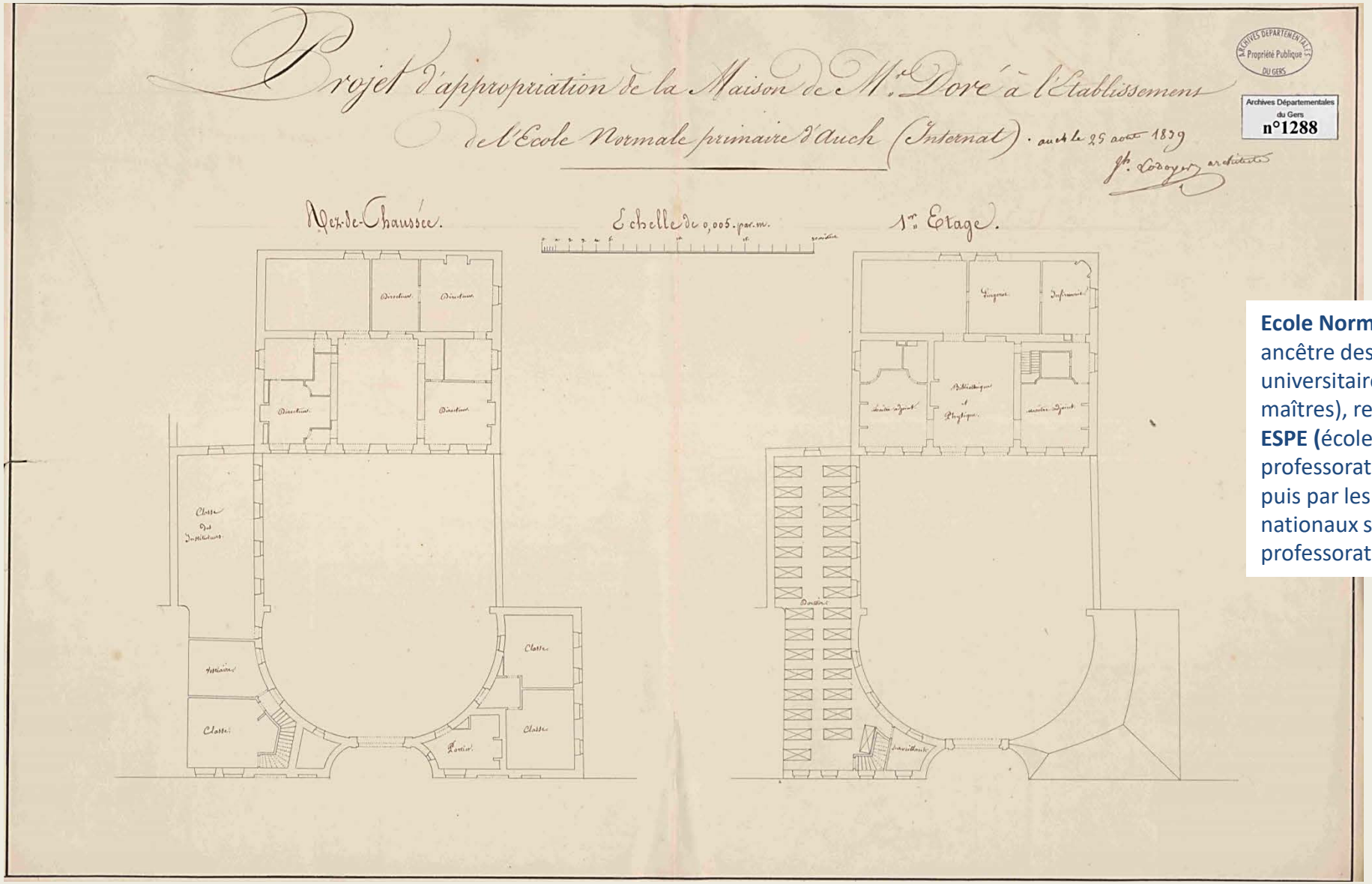




AD Gers, 1 Fi 60, Plan de la ville d'Auch, 1755.

AD Gers, 1 Fi 61, Plan de la ville d'Auch, 1803.

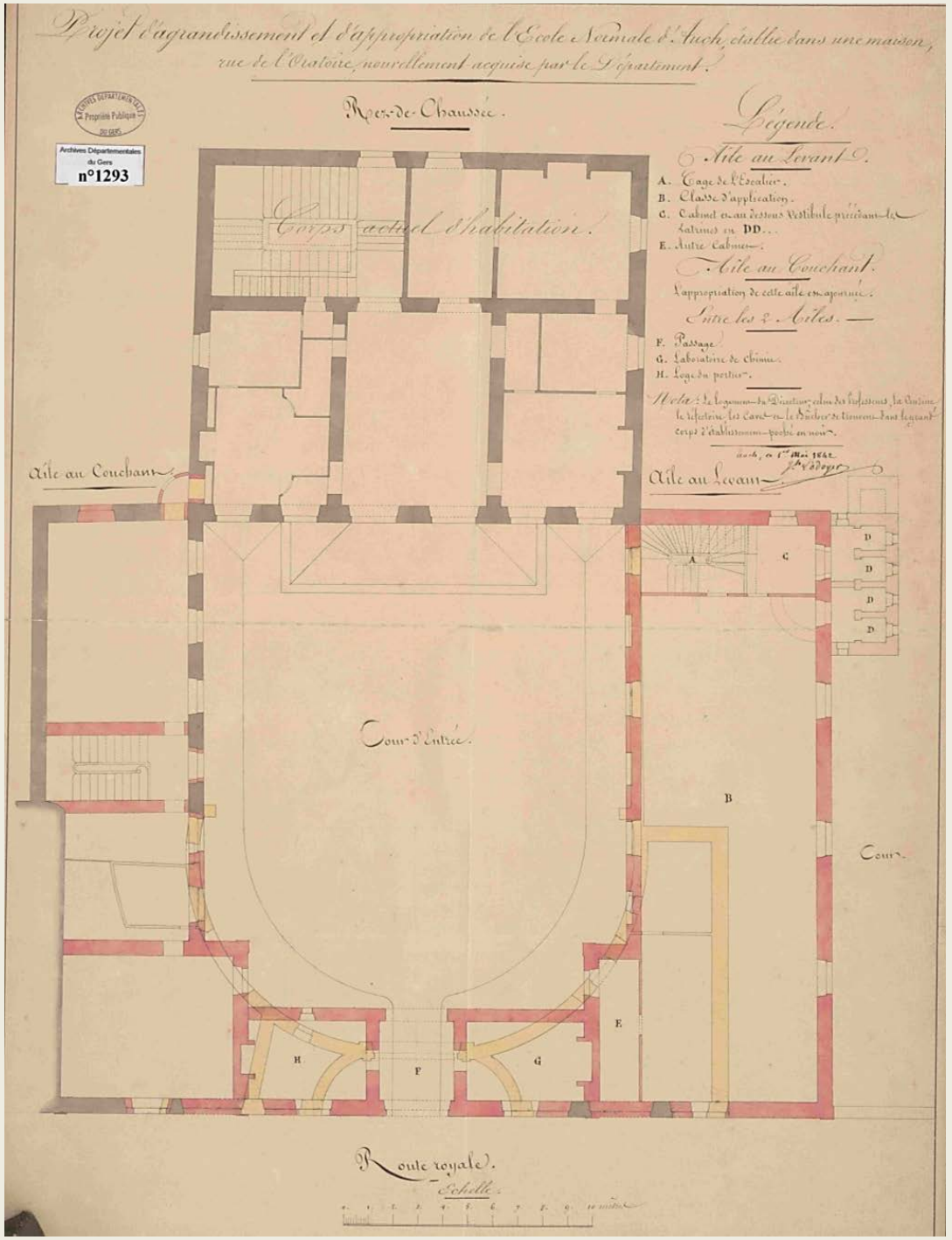
Un hôtel particulier entre cour et jardin



Ecole Normale des Garçons = ancêtre des **IUFM** (instituts universitaires de formation des maîtres), remplacés par les **ESPE (**écoles supérieures du professorat et de l'éducation), puis par les **INSPE** instituts nationaux supérieurs du professorat et de l'éducation

AD Gers, 4 N 1288, Projet d'appropriation de la maison de M. Doré à l'établissement de l'école normale primaire d'Auch, 1839.
© Archives départementales du Gers

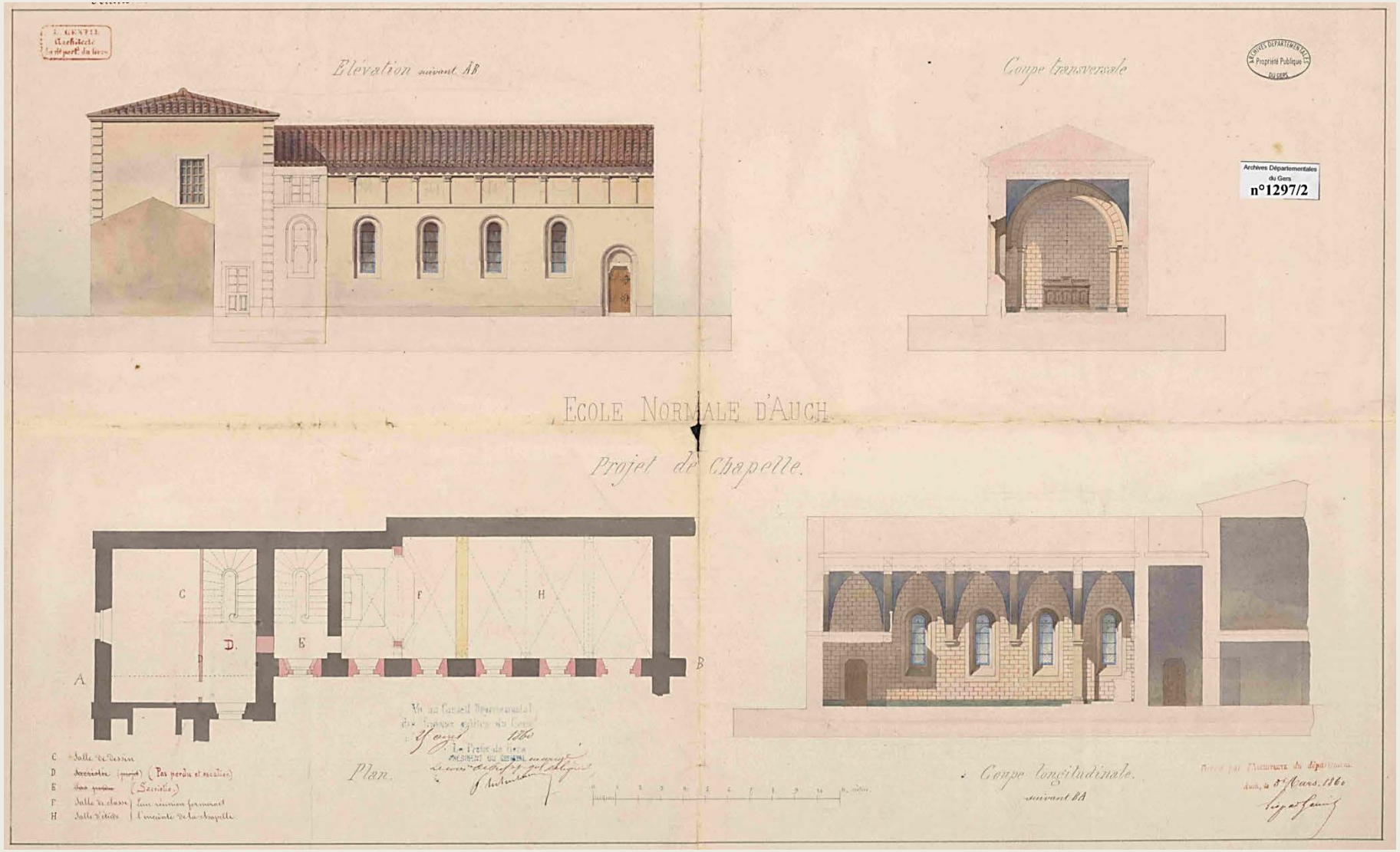
L’école normale



AD Gers, 4 N 1293, Projet d’agrandissement et d’appropriation de l’école normale, 1842.
© Archives départementales du Gers

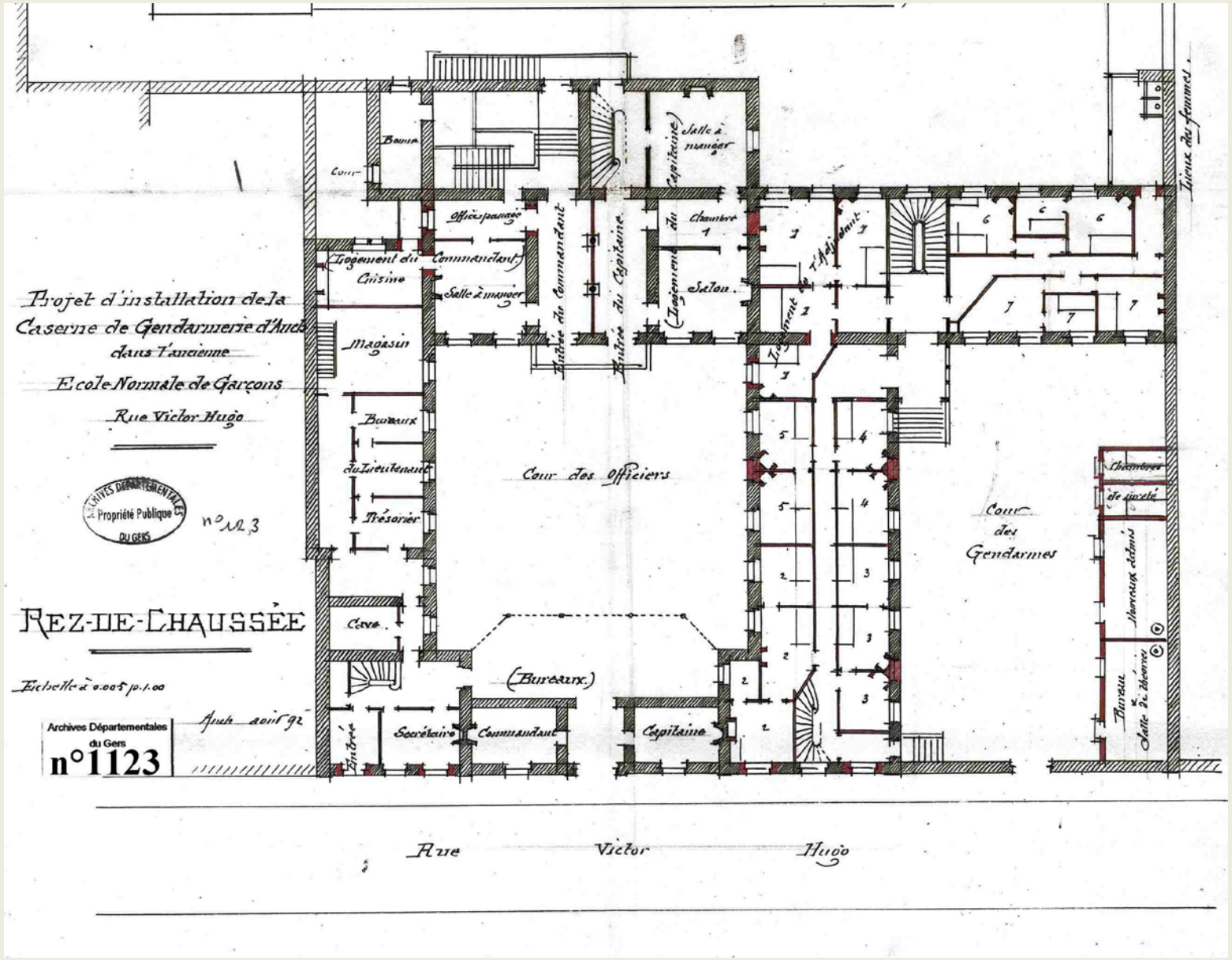
Gris : bâti conservé
Jaune : bâti détruit
Rose : bâti à construire

La chapelle

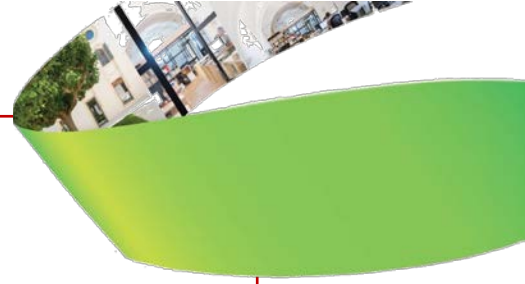


AD Gers, 4 N 1297/2, École normale d'Auch, projet de chapelle, 1860.
© Archives départementales du Gers

La gendarmerie – rez-de-chaussée



AD Gers, 4 N 1123, Projet d'installation de la caserne de gendarmerie d'Auch dans l'ancienne école normale, 1892.
© Archives départementales du Gers



Bâtiment PIERRE VERTE

Bâtiment pierre verte

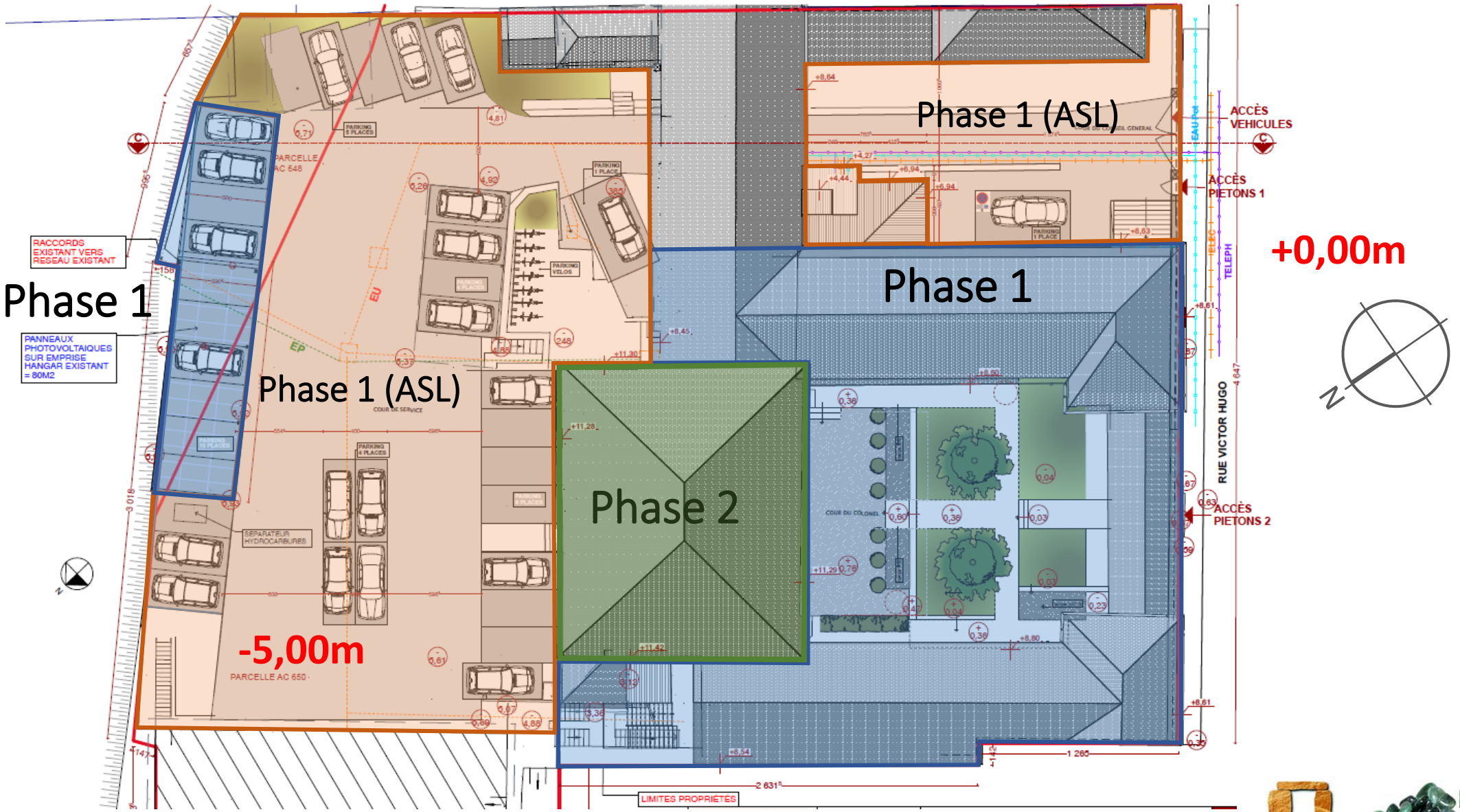
RESTRUCTURATION
Phase 1 (2014-2016)
Phase 2 (2018-2021)

ADDENDA

Bâtiment pierre verte

AIROLDI

Plan masse Phase 1 et 2



Contraintes

Architecturales et Patrimoniales :

- Ancien Hôtel particulier XVIIIème (Patrimoine Auscitain– 1760) – ZPPAUP – soumis à ABF
- Impossibilité d'implantation de PV en toiture des bâtiments patrimoniaux,

Techniques et Energétiques :

- Curage important (fermé depuis 15 ans) + Obligation de désamiantage (2 fois)
- Implantation ERP 5éme catégorie de type R (accessibilité handicapée tts espaces) = 13 niveaux
- Consommations : Epave énergétique (495 kWhep/m².an et 87 kgeqCO²/m².an),

Solutions et Innovations Architecturales

Enveloppe Architecturale (démarche Bas Carbone) :

- Choix de ne pas isoler les murs (très forte inertie 60 à 80 cm selon zone),
- Isolation des combles : 40 cm de ouate de cellulose, ou 38 cm fibre de bois,
- Isolation des planchers chauffants avec 10 cm de PUR,
- Menuiserie Alu + Vitrage 44.2/12/10 Argon + intercalaire Warm-Edge + acoustique + BSOE
- Cloison en BTC ou en DUO TERRE (structure bois + isolée fibre de bois + enduit terre 2 faces),
- Plancher en chêne massif, portes, tablettes et escalier en hêtres, mobilier en épicéa (Tilly)

AIROLDI

ADDENDA

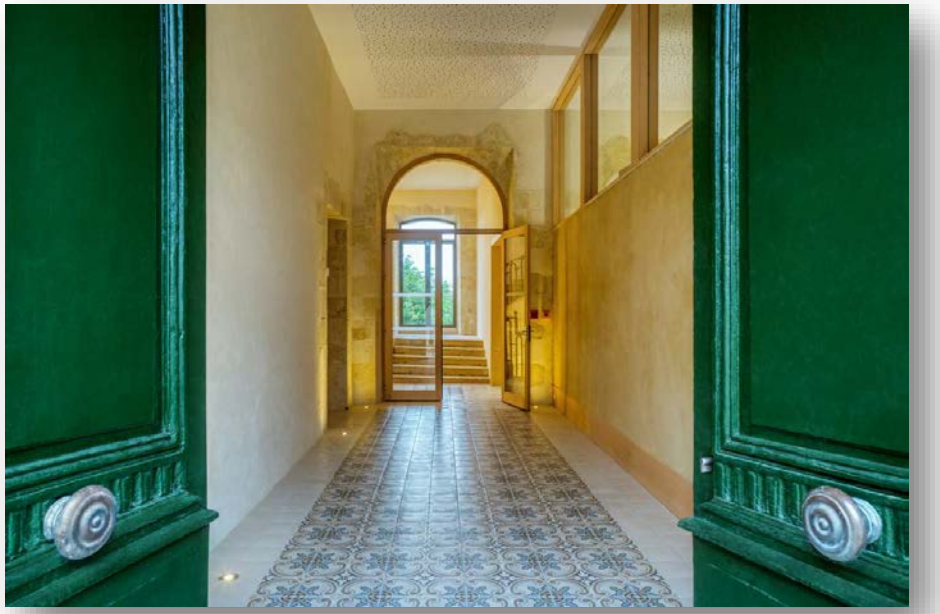
Bâtiment pierre verte

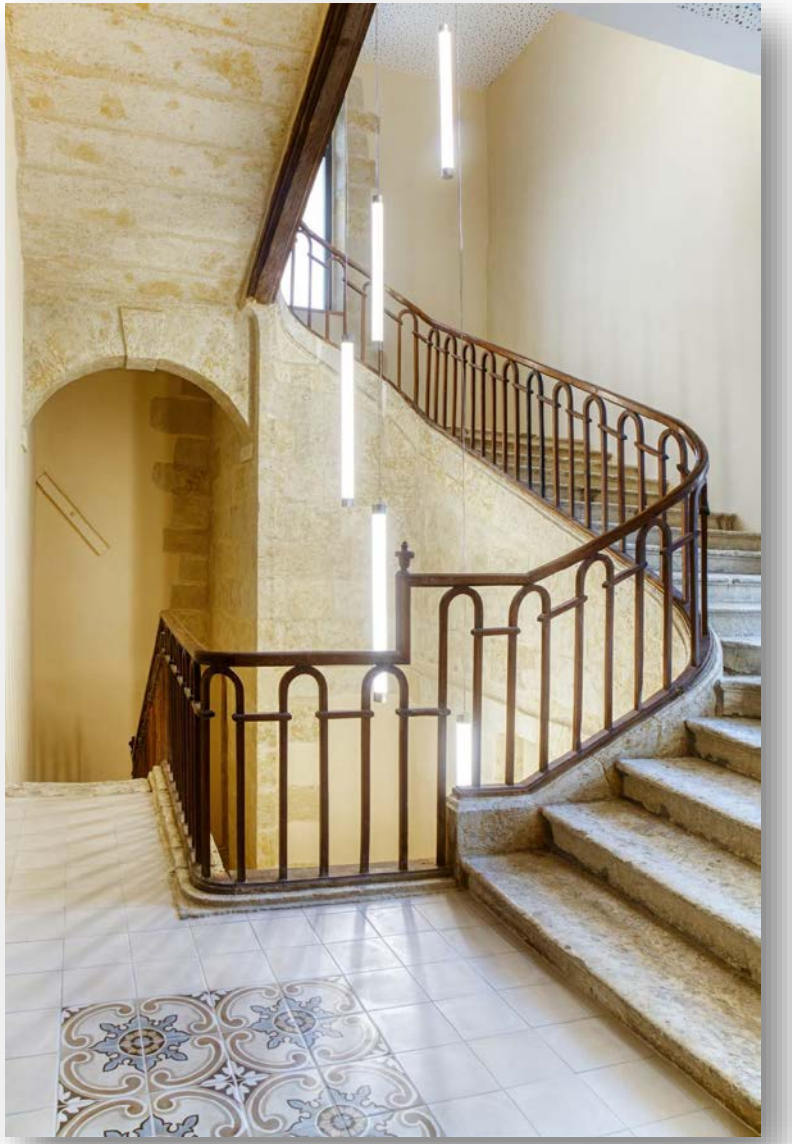
Matériaux

Usage de matériaux décarbonés

Matériaux

Usage de matériaux décarbonés





Dans les 2 phases du bâtiment mise en œuvre de :

- Bois : 46 Tonnes
- Terre crue : 51 Tonnes
- Fibre bois : 1,35 Tonnes
- Ouate de cellulose : 340 m² x 40 cm = 136 m3

Phase 1 = 41 kg/m² SDP

Phase 2 = 77 kg/m² SDP

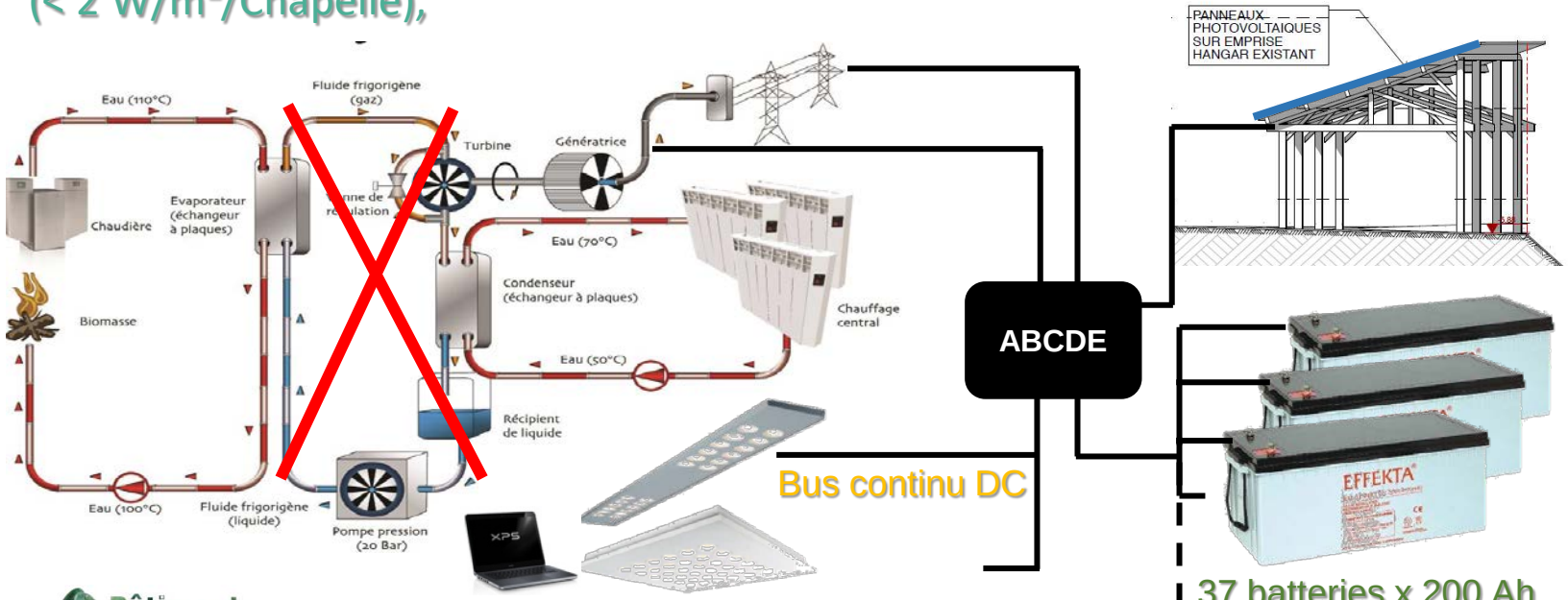
Bâtiment pierre verte

ADDENDA

Solutions et Innovations Techniques

Systèmes Techniques et Thermiques innovants :

- Chaudière bois à pellets (40 kW phase 1 (1 170 m²), puis remplacé par 70 kW phase 1 + 2 (2 000m²), couplée à un ballon tampon primaire de 2000 l, + ~~Cogénération par turbine Scroll de 5 kWe~~, (n'a fonctionné que 15 jours)
- Implantation de 100 m² de panneaux PV, pour 19 500 kWhe,
- Création d'une unité de stockage de 37 batteries de 200 Ah pour 83 kW de stockage plombs,
- + 2 armoires de puissance au Lithium de 10 kW, soit un total de 93 kW de stockage,
- Conception d'un dispatching et d'un « bus continu » (Projet de recherche ABCDE), organisant le couplage des différentes sources et la liaison DC/DC (alimentation éclairage et informatique en courant continu)
- Luminaires LED Lucibel à 110 lm/W) avec gradateur et détection ou horloge, pour une consommation de 4W/m² max (< 2 W/m²/Chapelle),



100 m² de PV

10,4 kW lithium

Systèmes

Equipements innovants

CONFORT D'ÉTÉ = Respect de l'inertie

Mais la « forte inertie » (en patrimonial) est-elle correctement approchée ? …

La réponse est non !

Quelques rappels physiques

Critères caractérisant l'inertie thermique (norme NF EN ISO 13786)

3 grandeurs thermo-physiques intrinsèques aux matériaux

- la conductivité thermique **λ** en W/(m.K) (qualité d'un matériau à conduire la chaleur)
- la masse volumique **ρ** en kg/m3 (caractérise sa densité)
- la capacité thermique massique **c** en J/(kg.K) (ou chaleur spécifique, qui est la quantité de chaleur que doit emmagasiner un kilo de matériau pour augmenter sa température d'un degré).

permettent de déterminer les paramètres impliqués dans la caractérisation des inerties d'absorption et de transmission, à savoir respectivement :

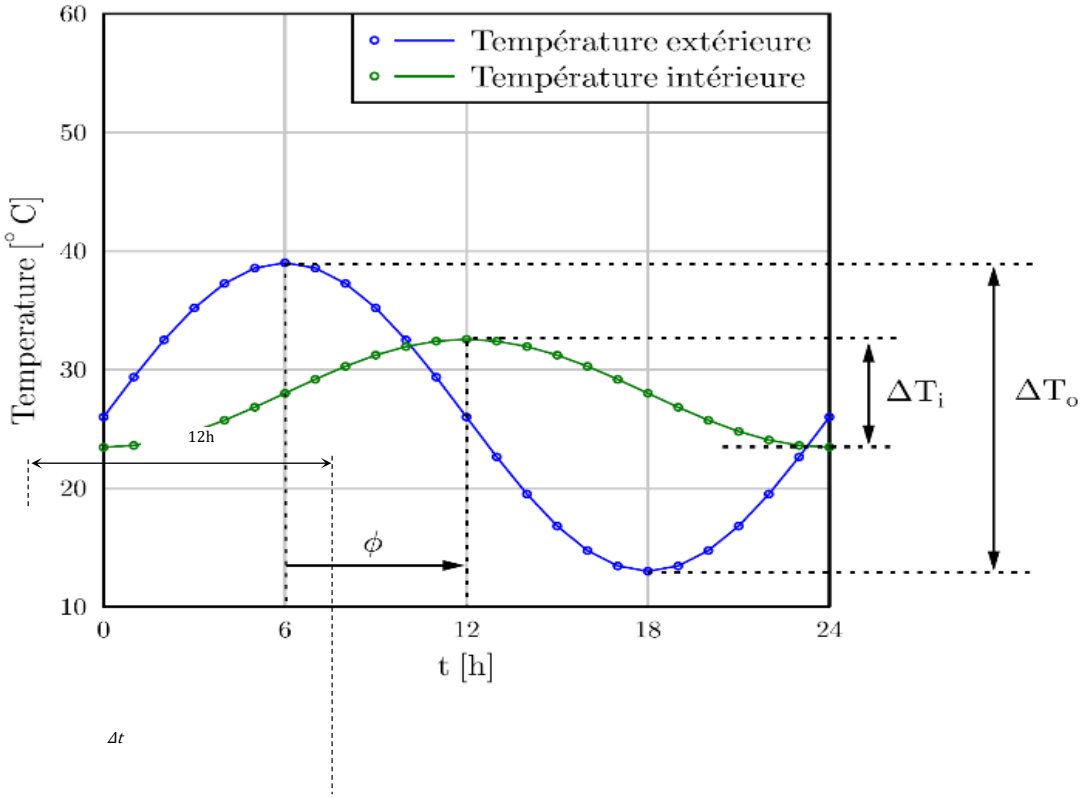
- l'effusivité thermique $\boldsymbol{E}$, en W.s(1/2).m^{-2}.K^{-1} et de formule $\boldsymbol{E = \sqrt{\lambda \rho c}}$ (capacité d'un matériau à absorber l'énergie thermique) = caractérise **l'inertie d'absorption**
- la diffusivité thermique $\boldsymbol{D}$, en $[\mathrm{m}^2.\mathrm{s}^{-1}]$ et de formule $\boldsymbol{a = \frac{\lambda}{\rho c}}$ (vitesse de propagation de la chaleur au sein d'un matériau) = caractérise **l'inertie de transmission**
- la capacité thermique surfacique intérieure $\boldsymbol{K_1}$ (paramètre qui quantifie l'inertie thermique d'une paroi vue de l'intérieure, donc, son aptitude à emmagasiner la chaleur intérieure et à amortir les changements de températures - plus cette valeur est élevée, plus la paroi atténuera les variations de températures).

Quelques rappels physiques

Grandeurs et effets mesurables

2 grandeurs thermo-physiques mesurables :

- le facteur d'amortissement d'une paroi ***F*** de formule : $f = \frac{\Delta T_i}{\Delta T_o}$ (ratio des amplitudes de températures intérieures et extérieures) = plus ce facteur est faible, plus l'amortissement des amplitudes de températures extérieures par la paroi sera important, donc réchauffera moins fortement l'ambiance intérieur
- le décalage temporel Δt de formule : $\Delta t = t_{T_{i,max}} - t_{T_{e,max}}$ (laps de temps entre le pic de température intérieure et pic de température extérieure) : entre 6h et 12h = confirme tout l'intérêt de la ventilation nocturne,

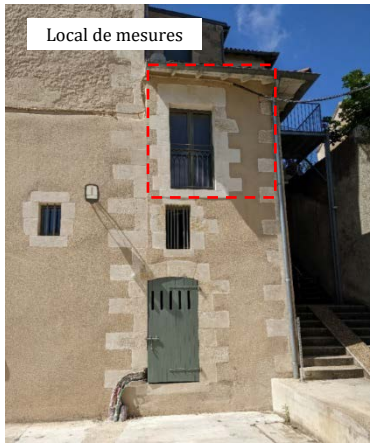


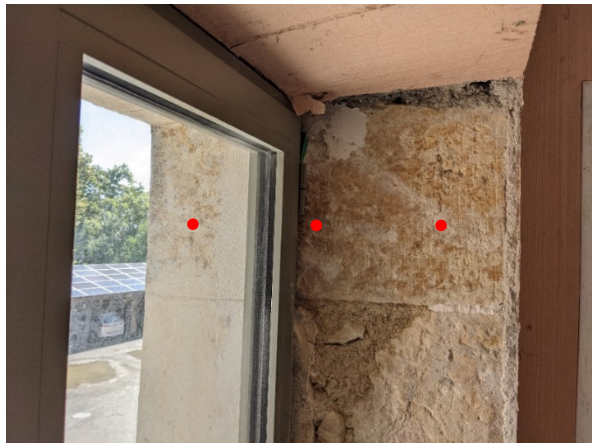
Etude R&D interne

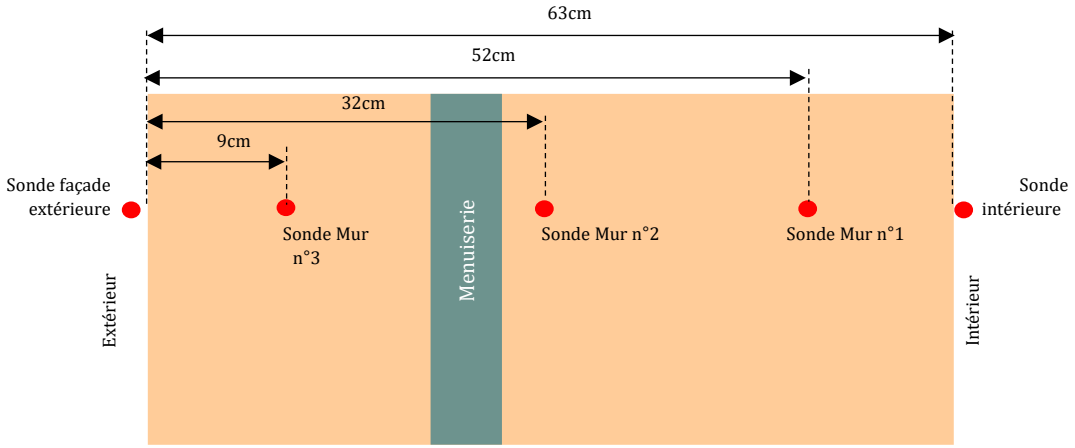
Approche et contrôle de la notion de forte inertie

3 travaux menés en parallèle sur un mur ancien à très forte inertie :

- **Une campagne de mesure in situ** (bâtiment PIERRE VERTE),
- **Une étude comparative de plusieurs méthodes de calcul d'inertie** (norme ISO 13786, Méthode CAMIA, Méthode des admittances, …) et vérification des résultats pour ce type de paroi,
- + développement de module informatique spécifique en langage Python version 3
- **Une analyse comparative sur 30 autres compositions de parois** (complexes)





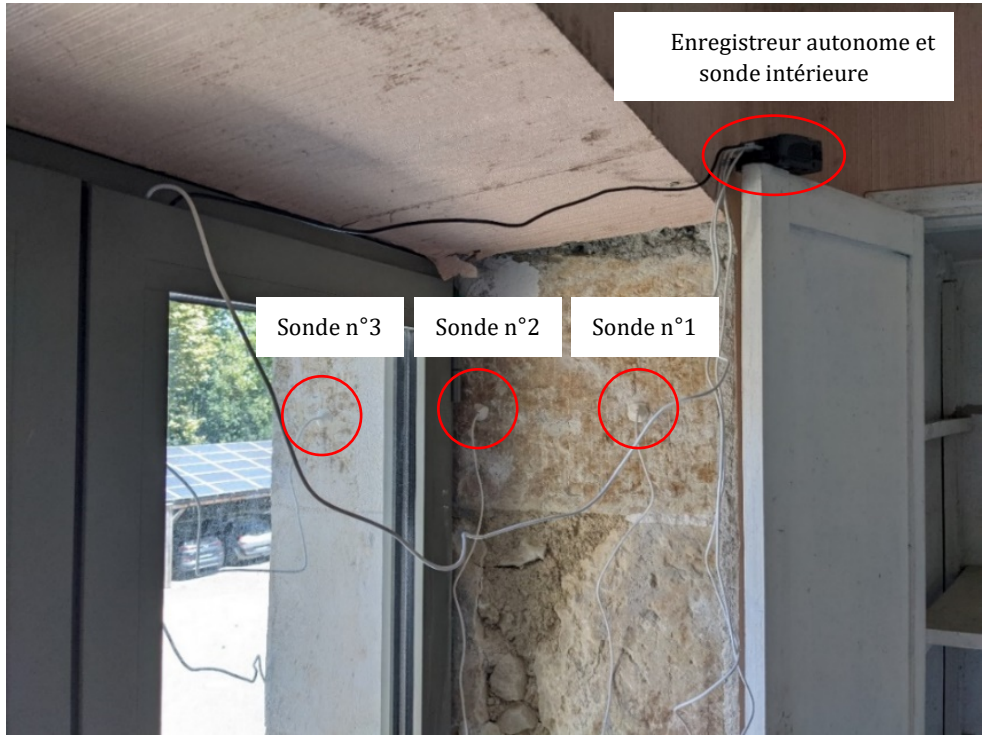


Etude R&D interne

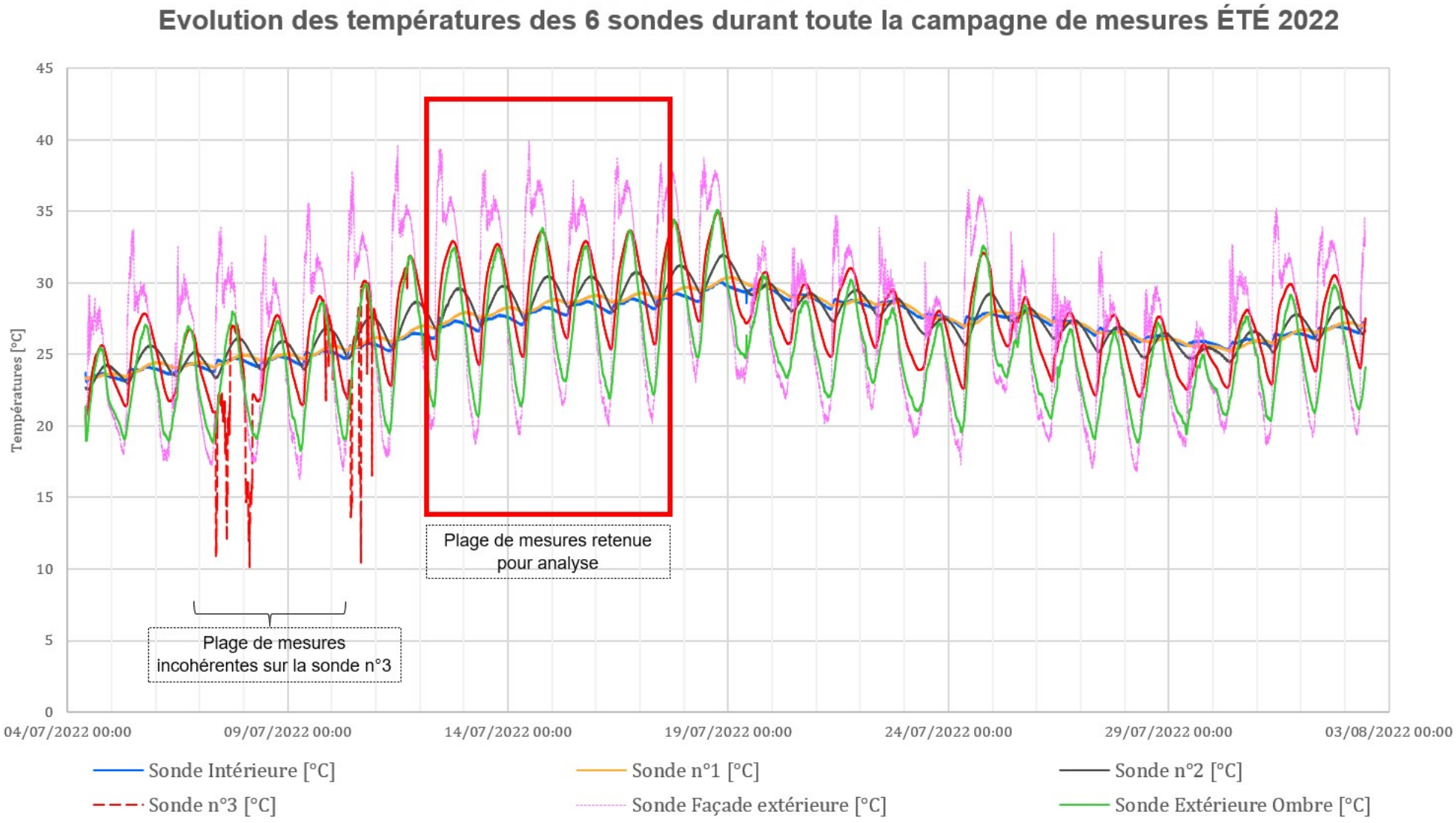
Approche et contrôle de la notion de forte inertie

3 travaux menés en parallèles sur un mur ancien à très forte inertie :

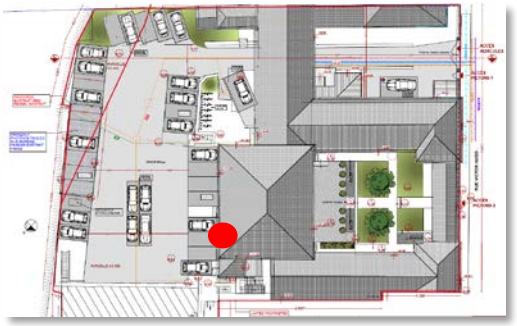
- Une campagne de mesure in situ sur le bâtiment PIERRE VERTE,

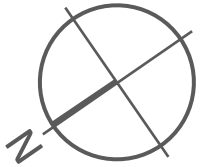


Etude R&D interne

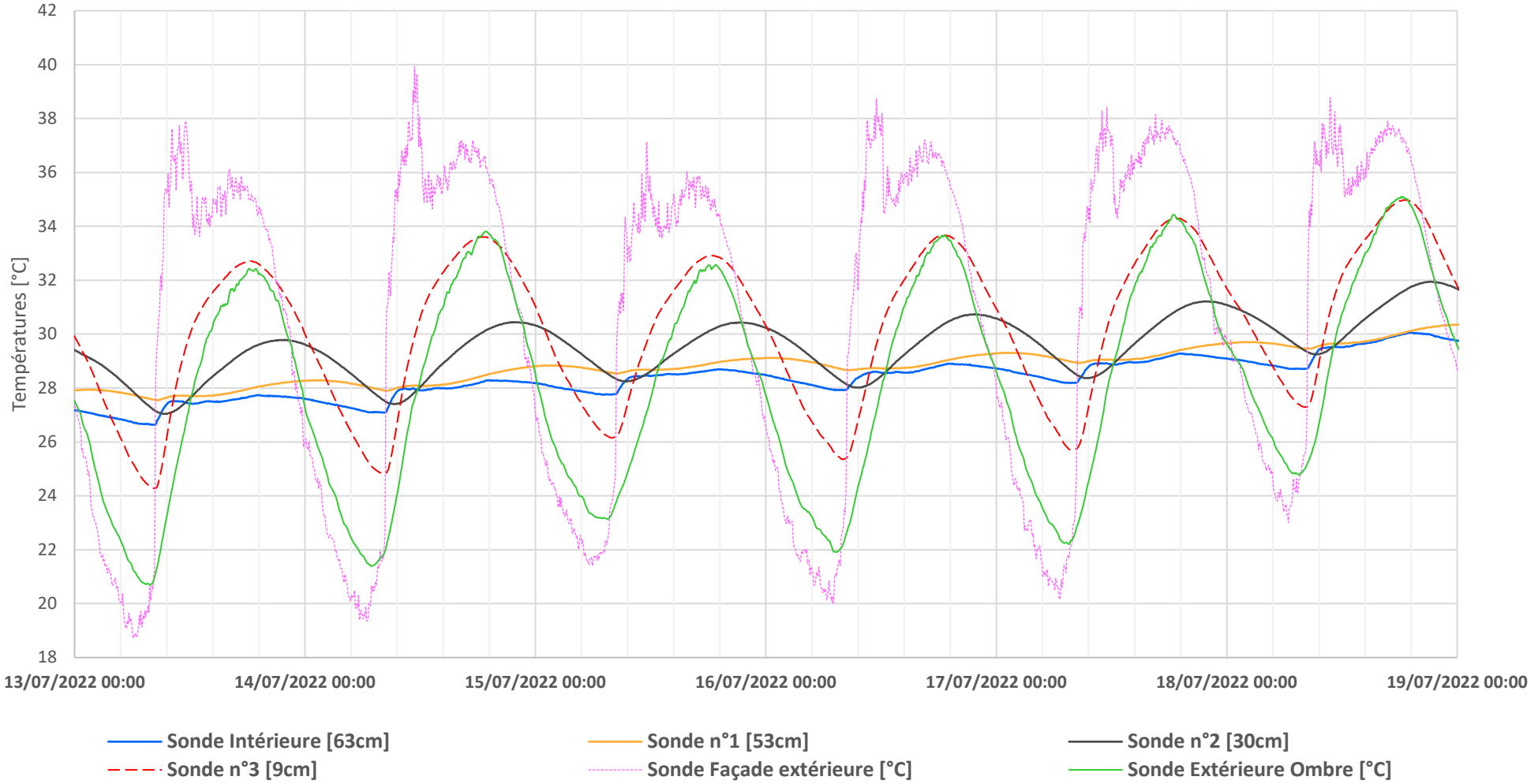


Etude R&D interne (période été)

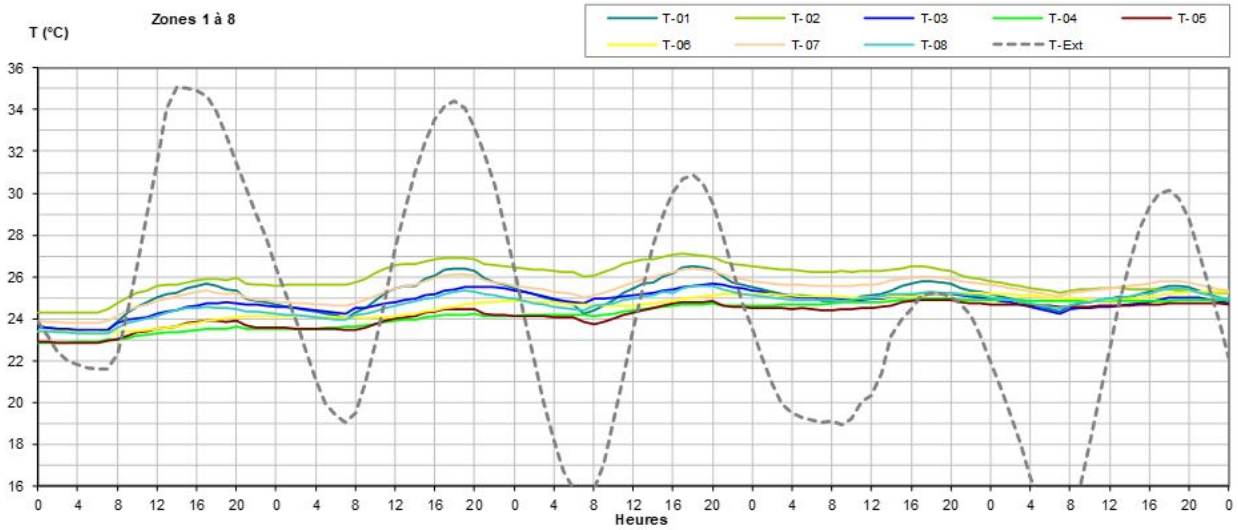


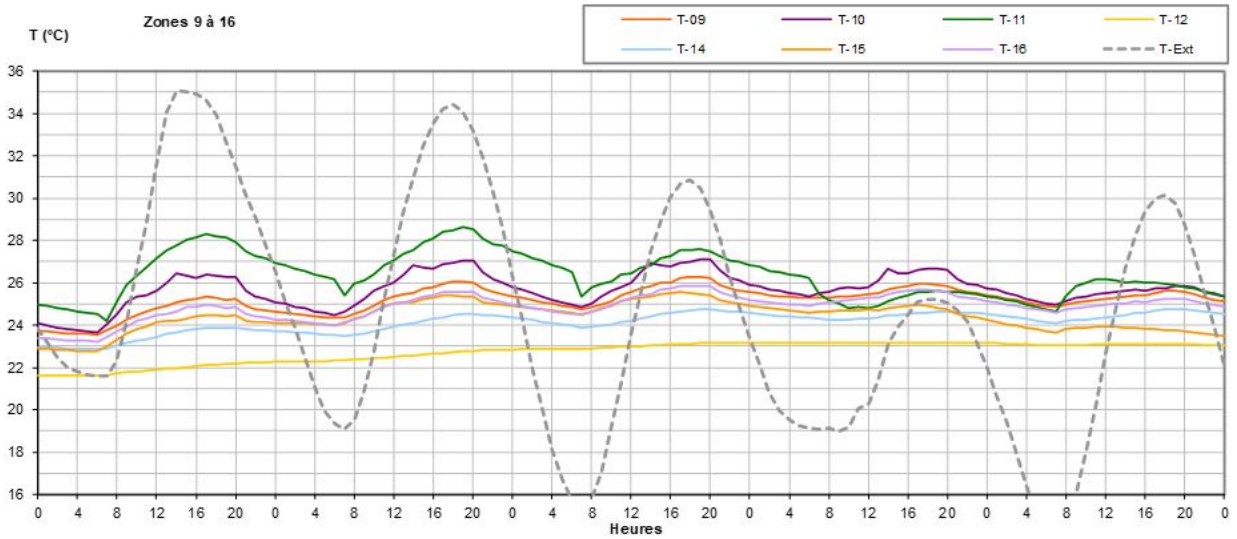


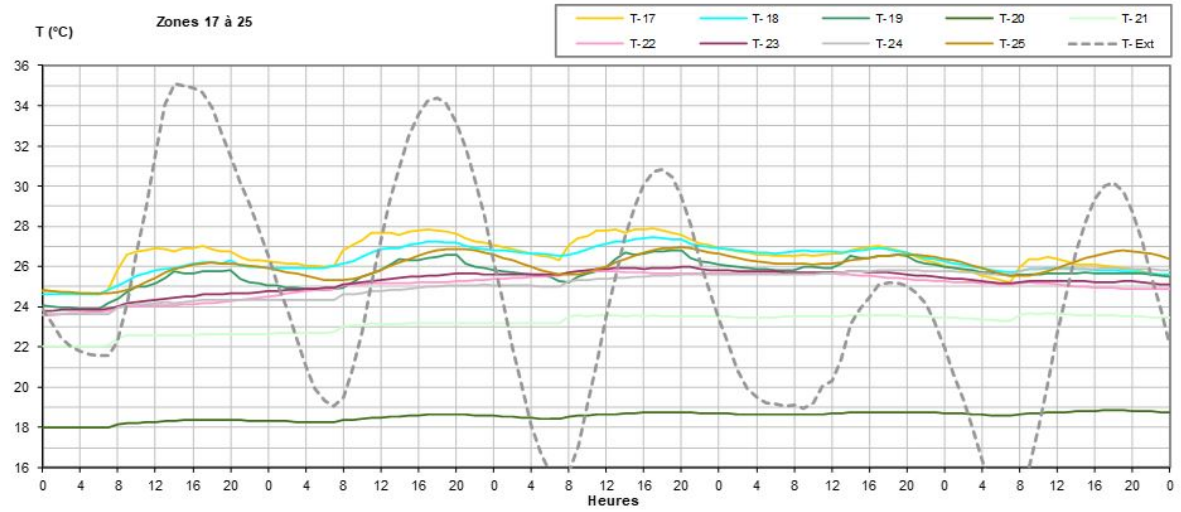
Evolution des températures des 6 sondes - période 13/07/2022 au 19/07/2022



Etude R&D interne







En **simulation**, les températures avec introduction des charges internes et ventilation nocturne au débit nominal restent globalement en deçà des 28°C lors de séquences chaudes,

En **réel**, le maxi atteint dans les bureaux a été de 27,4°C pour près de 40°C extérieur durant la séquence caniculaire de juillet.

Etude R&D interne

Conclusion à confirmer par la poursuite de l'expérimentation :

- La **norme ISO**, ne semble **pas adaptée au calcul en situation de très forte inertie**, notamment en présence d'une paroi à priori en mono matériaux, mais **de composition hétérogène** (agrégat de sable, gravier, chaux, pierre, parfois terre, et … vide d'air encapsulé à l'échelle micro). **Le facteur d'amortissement théorique par la norme ISO présente des écarts de 30% à + de 80%.**

1°) Il est donc urgent, de concert avec les acteurs de la réglementation, de **ne pas reproduire les erreurs passées**, **en imposant**, sur la base d'une méthode de trop perfectible, **des contraintes réglementaires incohérentes avec le bâti ancien à forte, voire très forte inertie**.

2°) Cela risque de **conduire à imposer une isolation par l'intérieur** et entraîner inutilement la **mise en œuvre de rafraîchissement, dans des bâtiments sachant s'en passer naturellement**.

CONSEIL : **En zone Sud, les parois s'approchant, voire dépassant les 50 cm d'épaisseur dans ce type de matériaux hétérogènes, ne doivent pas être isolées** …

Bâtiment PIERRE VERTE

Les résultats

Impact important de la morphologie bâtie Phase 2

	SURFACES			VOLUME			HSP
				Ventilé	Chauffé	Total	
	m²			m3	m3	m3	m
Locative (Sloc)	**488,10**	**65%**	**28%**	1 389,08	1 789,65	**1 823,60**	**3,74**
Utile (SU)	**575,43**	77%	33%	1 427,15	1 809,24	**2 008,69**	**3,49**
Circulation	174,49	23%	10%	58,67	133,95	464,25	3,47
Chauffée direct	501,75	67%	29%	1 374,71	1 923,60		3,83
Chauffée totale	**700,57**	93%	40%			**2 429,64**	**3,47**
Restructuré	**749,92**	**100%**	43%	1 455,59	1 923,60	**2 518,47**	**3,36**
Projet	945,96	126%	54%			3 032,42	3,21
SDO	1 428,18	190%	82%				
SHON	1 744,00	233%	**100%**				

+ 50%

La partie locative représente 65% de la surface restructurée, et 28% de la surface totale SHON d'intervention

La hauteur moyenne sous plafond est de 3,74m, avec des espaces initialement à 5,35m !

Les ratios devraient tenir compte du volume et non de la surface !!

Résultats Energie

Coût d'investissement des 2 phases : 2 330 k€ pour 2 000 m² SPL soit 1 165 €/m²

Consommations énergétiques initiales = 495 kWh EP

Consommations énergétiques finales sans production PV = 81,18 kWhEP/m².an

Consommations énergétiques finales avec 200 m² PV = -12,04 kWhEP/m².an

sans isoler les murs

Puissance chauffage : 70 kW pour 2 000 m² = 35W/m² et pas de rafraichissement !

Dépenses énergétiques : 2016 = 7 500 €/an, …. 2020 = 10 711 € TTC puis inflation ↗ …. 2023 = 21 692 € TTC
- réinjection réseau surplus production PV = 3 050 €. Dépenses réelles tt énergies = 18 650 € = 9,32 €/m²

- *Si même bâtiment construit en neuf RT 2012 chauffé au gaz = 42 300 € TTC, soit 21,15 €/m²*
- *Si bâtiment utilisé en l'état (dépenses actualisées) = 108 600 € TTC, soit 54,3 €/m²*

TRI / Surcoût (environ 200 k€) : Si RT2012 + Gaz = 8,5 ans – Si utilisé en l'état = 2,2 ans

Niveau atteint : Bepos **Niveau E4** + **Autonomie énergétique = 103% (PV/conso Elec)**

Résultats Carbone

Impact carbone (ACV) PIERRE VERTE :

- Restructuration = 107 Tonnes de CO^2
- Consommation = - 0,2 Tonnes de CO^2/an

Bilan à 50 ans
= 97 TCO^2

→ 20 personnes →

Gain 50 ans
de 2 350 à
8 250 TCO^2

1 Voyage A/R
par personne
Paris-Nouméa
= 5 TCO^2

Impact carbone même bâtiment neuf chauffé au gaz :

- Construction = 551 Tonnes de CO^2
- Consommation = 1 893 TCO^2 /an

Bilan à 50 ans
= 2 444 TCO^2 (x 25)

490 personnes

Impact carbone bâtiment existant en exploitation :

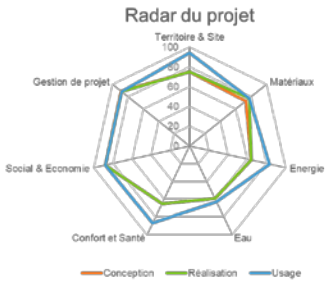
- Consommation = 8 341 TCO^2 /an

Bilan à 50 ans
= 8 341 TCO^2 (x 86)

1670 personnes

GO et charpente
mal valorisé
= 250 ans
soit 5 cycles de
50 ans

Niveau atteint : Bepos Niveau C2 + Association Bâtiment BBCA Bas Carbone > niveau 3 + bdo



Bâtiment « PIERRE VERTE »

- Ensemble tertiaire patrimonial restructuré en **BEPOS** (Bâtiment à Energie Positive), et Autonome en énergie, **sans isoler les murs**,
- Développer la dernière **brique technologique** manquante pour pouvoir **massifier** le développement du **courant continu en réseau local**
- Obtention du niveau « E4 C2 » du Label E+C- et le « niveau 3 » du Label BBCA
- Projet 2 fois Lauréat NOWATT 2014 et 2020 – Région Occitanie
- Projet Bâtiment Durable Occitanie à **niveau BDO OR avec 90pts/100**
- Réaliser un projet pédagogique exemplaire en partenariat avec le Campus des Métiers et le Lycée du Garros,
- Entrainer les entreprises Gersoise dans le chalenge de l'intégration du Numérique dans le BTP,

USAGE
bdo
OR
25.05.2023
90 points

Merci pour votre écoute et
au plaisir de vous recevoir

sci pierre verte

Pour aller plus loin :
https://www.espace-pierre-verte.fr/
Email : contact@espace-pierre-verte.fr