



CAUE 34 // EQUIPEMENTS PUBLICS NOUVELLE GÉNÉRATION

QU'EST-CE QU'UNE ARCHITECTURE DURABLE EN MÉDITERRANÉE ?

Stéphane Goasmat, Architecte dplg, GIE L'Atelier Méditerranéen



COMMUNAUTÉ DE COMMUNES LA DOMITIENNE // 26 SEPTEMBRE 2019



L'Atelier Méditerranéen, Concepteurs associés

Montpellier / Saint-Jean du Gard / Avignon / Aix / Marseille

**Architecture, urbanisme, paysage,
Ingénierie tous corps d'état compris ingénierie environnementale
5 associés // 30 personnes**

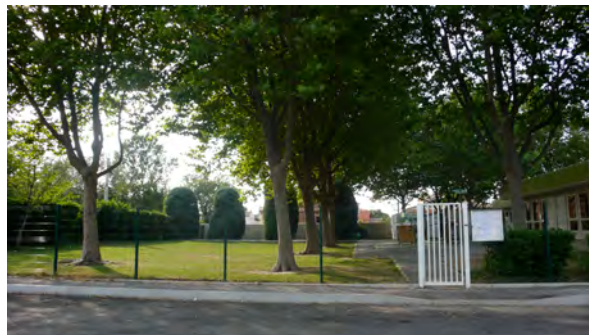




1. **Un parti architectural issu des contraintes du site : une organisation bioclimatique**
2. **Une écriture architecturale issue de la gestion climatique du bâtiment**
3. **Le confort des espaces : des confort multiples**
4. **Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains**
5. **Bilan carbone, E+C- et coût global**

Un parti architectural issu des contraintes du site

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



Utiliser l'armature végétale du site: les platanes comme structure d'organisation et protection climatique
L'arbre est le meilleur régulateur climatique en climat méditerranéen

Ecole maternelle les Platanettes
à Nîmes



Ecole maternelle les Platanettes
à Nîmes





Un parti architectural issu des contraintes du site

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



Utiliser l'armature végétale du site: les platanes comme structure d'organisation et protection climatique

Un parti architectural issu des contraintes du site

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



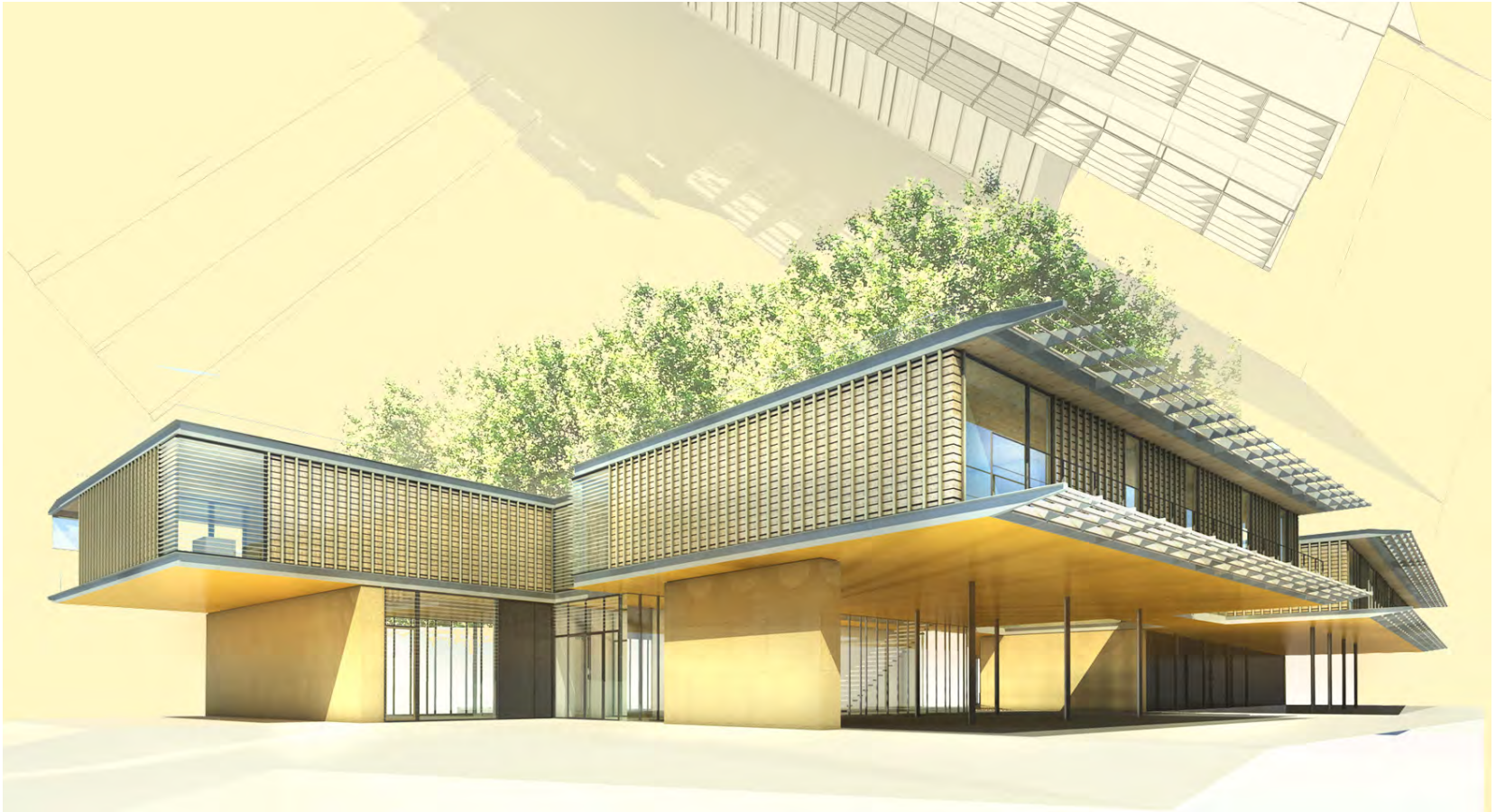
Un concept architectural avec une transcription physique et spatiale :

« Mettre les enfants **DANS** les arbres »



Un parti architectural issu des contraintes du site

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



**Sur un site inondable, implantation du programme scolaire à l'étage,
maximiser l'utilisation du rez-de-chaussée (préau couvert, stationnement, locaux communs)**
Un bâtiment aérien en porte-à-faux sur un socle lourd



Un parti architectural issu des contraintes du site

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



Etirer le bâtiment sur la longueur de la parcelle:
mettre la totalité des classes en façade sud face aux arbres,
glisser le stationnement sous le bâtiment en façade nord



Une écriture architecturale issue de la gestion bioclimatique

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



Orientation bioclimatique sud

Façade sud très ouverte : les salles de classe

Se protéger du soleil en été

Profiter de l'ensoleillement en hiver



Façade nord

Façade déperditive plus opaque
Bibliothèque, salle de repos, bureau



Le confort des espaces : des confort multiples

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



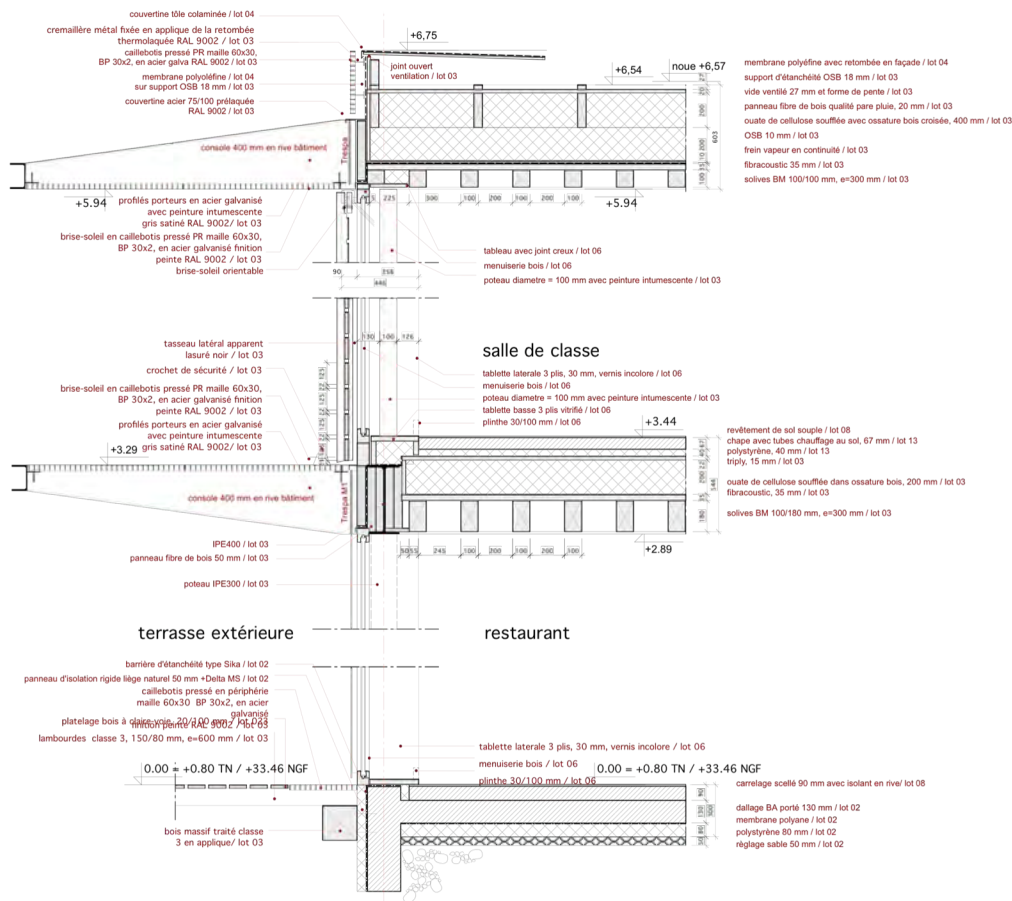
Confort lumineux : **qualité de l'éclairage naturel**
homogénéité dans la profondeur de l'espace (lanterneaux d'éclairage zénithal)
éclairage artificiel avec 2 températures de couleur selon le rythme circadien

Confort visuel : **vue sur des espaces végétalisés**
vue ouverte sur l'horizon

Confort acoustique : **plafond de solives bois et matériau acoustique biosourcé**

Le confort des espaces : des confort multiples

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



Confort thermique : enveloppe très performante (isolation 25 cm en mur, 35-40 cm en toiture, châssis vitrés performants avec vitrage adéquat), protections solaires fixes et mobiles

Confort hygro-thermique : parois perspirantes, perméance à la vapeur d'eau, déphasage de la chaleur, matériaux sains



Le confort des espaces : des confort multiples

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



Un confort mental
Transparences et lisibilité des séquences spatiales :
un espace cartographique pour les usagers





Le confort des espaces : des confort multiples

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes

**La compacité,
performance énergétique et économique : largeur
de 24 mètres, entaillée au droit des circulations**



Coupes transversales A et B / Echelle 1/200°

Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



La mixité des matériaux : le bon matériau à la bonne place

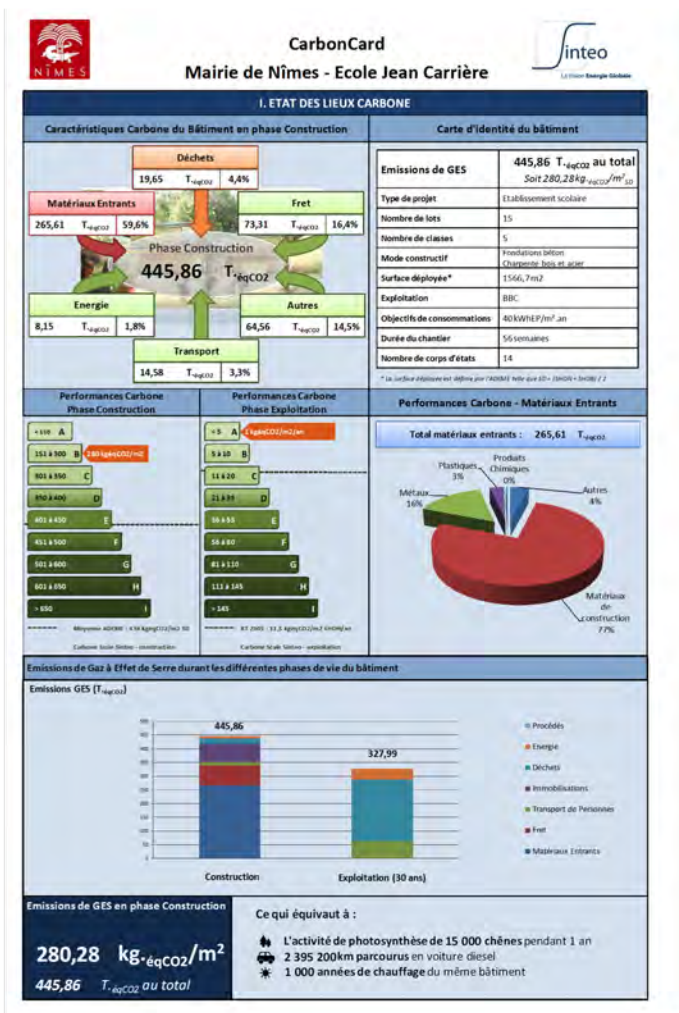
Socle lourd en pierre massive du pont du Gard

Etage aérien structure mixte métal-bois (métal pour les porte-à-faux,
bois pour la performance des enveloppes (pas de pont thermique))

Mur à ossature bois n'implique en rien le choix du matériau de bardage

Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes



EMISSION GES

PHASE CONSTRUCTION:

JEAN CARRIÈRE 280 kg_{eqCO2}/m²/an
JEAN CARRIÈRE SANS ACIER 203 kg_{eqCO2}/m²/an (soit -30%)
MOYENNE ADEME 436 kg_{eqCO2}/m²/an

PHASE EXPLOITATION:

JEAN CARRIÈRE 1,0 kg_{eqCO2}/m²/an
MOYENNE 12 ECOLES BBC 16,3 kg_{eqCO2}/m²/an



Le bilan carbone : la Carbon Card



Bâtiments bois et confort d'été

Ecole « les Platanettes » Jean Carrière à Nîmes

PAS DE CLIMATISATION !

Bâtiments à faible inertie : oui c'est possible !

MOE compétente avec bureau d'études bois dès l'ESQUISSE

STD Simulations Thermiques Dynamiques comme outil de conception

Contrat de suivi de performance à la MOE pendant les deux premières années d'exploitation: engagement de la MOE sur sa conception

Géothermie pour le freecooling

Eau de la nappe à 16° pour rafraîchir le bâtiment

Plancher chauffant hydraulique.

Une inertie rapportée : on utilise la masse d'eau extérieure de la nappe

By-pass : en direct sur l'eau de la nappe, sans utiliser la Pompe à Chaleur

Ventilation

Ventilation simple flux à insufflation

Complément de rafraîchissement en été sur l'air

Puissance de froid dissipée par le plancher assez faible, complétée par l'eau rafraîchie de la CTA, alimentation batterie CTA

90 m² : classe 60 m² et atelier 30 m² séparés par deux verres (raisons acoustiques)

Effet Venturi

Largeur bouche insuffisante rectifiée en augmentant la surface de ventilation et réduisant la vitesse d'air. Mais pas de caisson acoustique : on entend le bruit des moteurs

Sur-Ventilation nocturne

Ouverture automatisée des ouvrants en façade

Extraction par les tourelles de ventilation





Le bois comme seul et unique matériau de structure renouvelable

Stocker le carbone ? Relancer la filière bois ? Bois-énergie versus bois d'œuvre ?

Les enveloppes à ossature bois à performances égales, sont plus économiques que les structures lourdes

Un parti architectural issu des contraintes du site

Groupe scolaire de Courbessac à Nîmes (30)

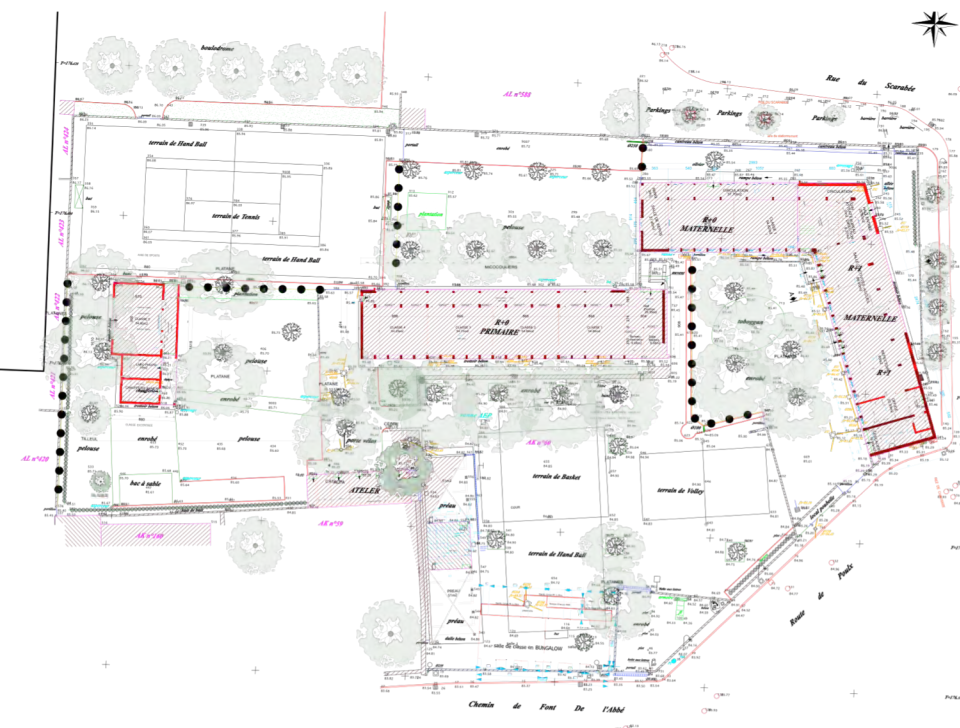


Laisser le paysage filtrer à travers le projet dans un contexte de cœur de village face à l'église
Utiliser l'armature végétale du site: les platanes comme structure d'organisation et protection climatique

Un parti architectural issu des contraintes du site

Groupe scolaire de Courbessac à Nîmes

Plan existant



Plan projet



Construire en site occupé, en cœur de village



Une écriture architecturale issue de la gestion bioclimatique

Groupe scolaire de Courbessac à Nîmes



Laisser le paysage filtrer à travers le projet
Construire en limite de parcelle: éviter un paysage de grillages au cœur du village



Une écriture architecturale issue de la gestion bioclimatique

Groupe scolaire de Courbessac à Nîmes



Les extensions non bâties: auvents, préaux, pergolas, treilles

Des protections solaires, des espaces protégés en climat méditerranéen

Donner de l'épaisseur, de l'ombre // Efficaces et performants en termes économiques



Une écriture architecturale issue de la gestion bioclimatique

Groupe scolaire de Courbessac à Nîmes



Les extensions non bâties: auvents, préaux, pergolas, treilles

Des vues sur des espaces végétalisés, permettant de rafraîchir les ambiances

Evapo-transpiration des plantes, suppression de l'effet d'albedo



Une écriture architecturale issue de la gestion bioclimatique

Groupe scolaire Nelson Mandela à Juvignac (34) / Saint-Exupéry à Saturargues (34)



Les extensions non bâties: auvents, préaux, pergolas, treilles
Des vues sur des espaces végétalisés, permettant de rafraîchir les ambiances
Evapo-transpiration des plantes, suppression de l'effet d'albedo



Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

Groupe scolaire de Courbessac à Nîmes



Construire en site occupé, en cœur de village: le bois, un chantier propre, rapide, silencieux

Une écriture architecturale issue de la gestion bioclimatique

Ecole Pauline Kergomard à Nîmes (30)



Doubler la surface existante sans empiéter sur la surface de la cour
Construire en encorbellement sur la cour: un ruban de bois autour des platanes

Une écriture architecturale issue de la gestion bioclimatique

Ecole Pauline Kergomard à Nîmes (30)





Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

Ecole Pauline Kergomard à Nîmes (30)





Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

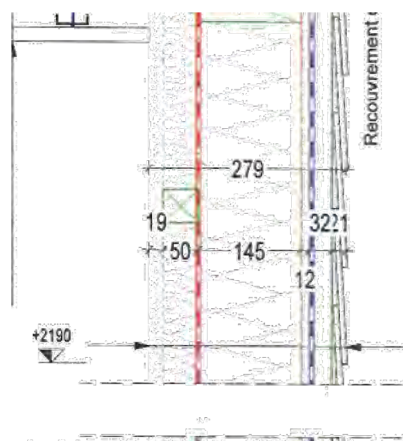
Groupe scolaire Nelson Mandela à Juvignac (34)



Construction modulaire en conception-réalisation (**Selvea, entreprise mandataire**)

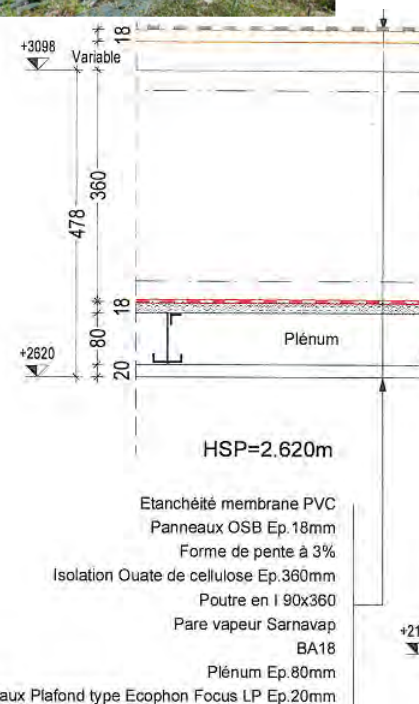
Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

Groupe scolaire Nelson Mandela à Juvignac (34)



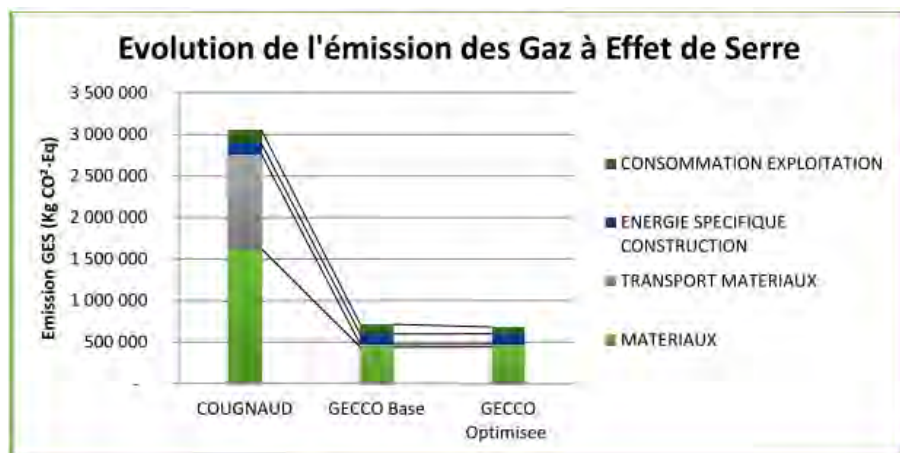
Extérieur

DuoTech19
Tasseaux Horizontaux avec isolation laine mêtisse
Pare vapeur Sarnavap
Murs OB 45x145 avec isolation répartie
Panneaux OSB3 Ep. 12mm
Pare pluie Delta Vent
Linteaux verticaux 32x40mm
Bardage clin fibre-ciment



Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

Groupe scolaire Nelson Mandela à Juvignac (34)



- ≡ Structure bois
- ≡ Isolation bio-sourcée
- ≡ Circuits courts
- ≡ Analyse du cycle de vie

Utilisation filières courtes:
Coopérative artisanale
Bois massif du Vigan
Ouate de cellulose (Ouattitude, Servian)





Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

Ecole maternelle à Caumont-sur-Durance (84)

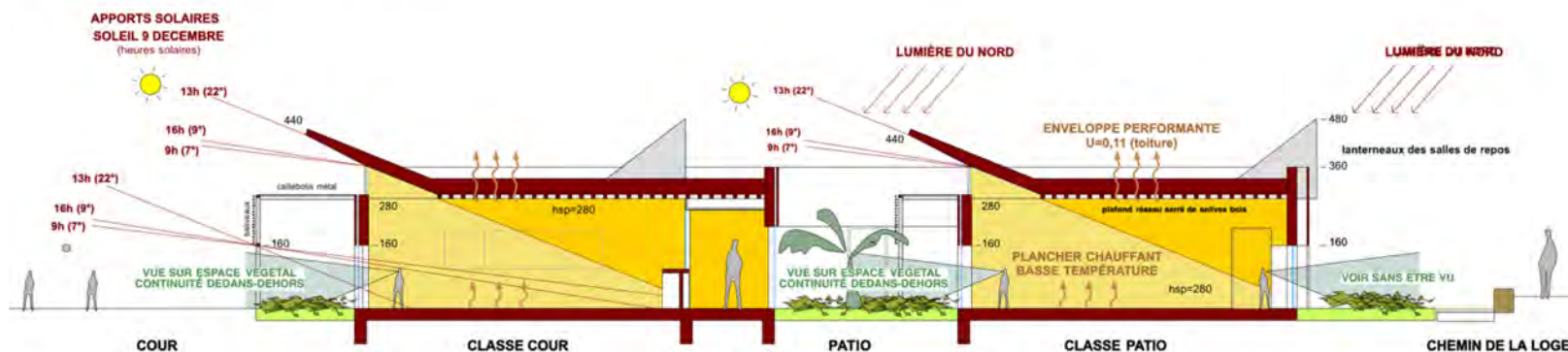


Bâtiments durables, éco-construction et bâtiments sains

Ecole maternelle à Caumont-sur-Durance (84)

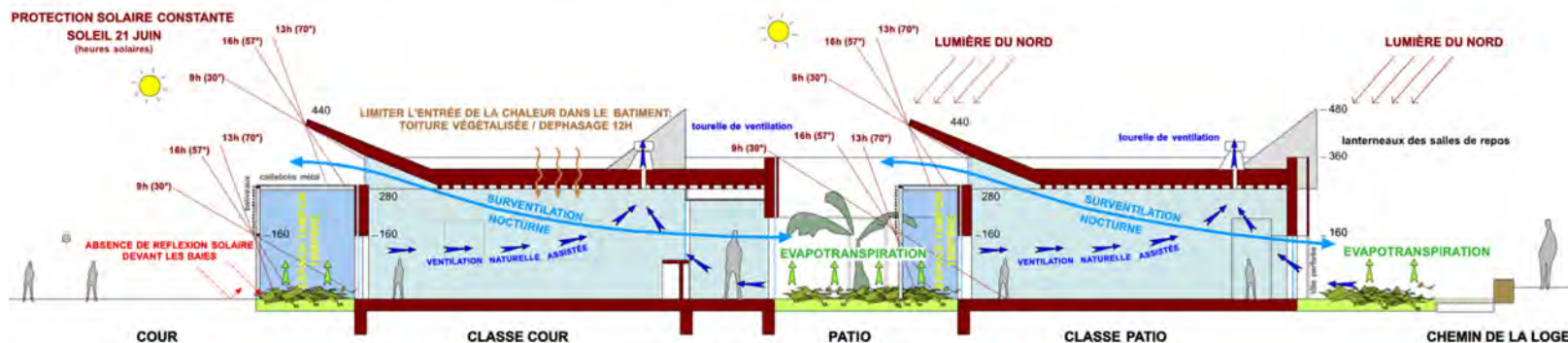
CONFORT D'HIVER (NOVEMBRE-MARS)

- BÉNÉFICIER DES APPORTS SOLAIRES DE NOVEMBRE À MARS
- UNE LUMIÈRE DE QUALITÉ GRÂCE À LA DOUBLE ORIENTATION NORD-SUD DE TOUS LES LOCAUX
- DES PAROIS PERFORMANTES ET UN CHAUFFAGE RAYONNANT
- DES VUES À LA HAUTEUR DES ENFANTS SUR DES ESPACES VÉGÉTALISÉS PERSISTANTS



CONFORT D'ÉTÉ (AVRIL-OCTOBRE)

- SE PROTÉGER DES APPORTS SOLAIRES D'AVRIL À OCTOBRE (DEBORD DE TOITURE, PERGOLA BOIS-MÉTAL FORMANT UN ESPACE-TAMPON TEMPÉRÉ)
- UNE LUMIÈRE DE QUALITÉ GRÂCE À LA DOUBLE ORIENTATION NORD-SUD DE TOUS LES LOCAUX
- DES PAROIS ÉTUDIÉES POUR ÉVITER LES ÉCHAUFFEMENTS DIURNES (TOITURE VÉGÉTALISÉE, DÉPHASAGE DES PAROIS BOIS, INERTIE DES REFENDS MAÇONNÉS)
- UN RAfraîchissement PAR UNE VENTILATION NATURELLE ASSISTÉE ET UNE SURVENTILATION NOCTURNE GRÂCE À LA DOUBLE ORIENTATION TRAVERSANTE
- DES ESPACES VÉGÉTALISÉS DONT L'HYGROMÉTRIE PERMET D'HUMIDIFIER L'AIR AMBIANT. IMPLANTATION EN PIED DE FAÇADE CONTRE LA REFLEXION SOLAIRE SUR LE SOL EXTÉRIEUR





Un parti architectural issu des contraintes du site

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)

Regroupement Pédagogique Intercommunal Aguessac (850 hab) / Paulhe (400 hab) / Compeyre (500 hab) / Verrières 450 hab)

« On ne construit pas pour nous: on construit pour la génération à venir » Aimé Héral, maire d'Aguessac

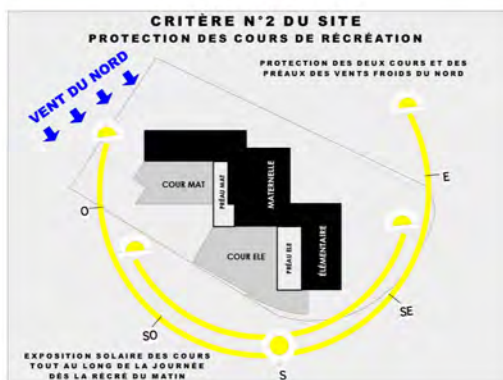


La qualité essentielle, magnifique, du terrain du groupe scolaire d'Aguessac, c'est la **vue sur le grand paysage, du village de Compeyre et son éperon, le viaduc d'Aguessac, les rebords du Causse Noir et l'entaille des Gorges du Tarn.**

La contrainte majeure, c'est la **protection des deux cours de récréation au vent du nord** et au bruit de la route départementale

Un parti architectural issu des contraintes du site

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)



Les contraintes du site prioritaires sur l'orientation bioclimatique
L'enjeu majeur du site: la vue sur les Grands Causses



Un parti architectural issu des contraintes du site

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)



Un parti architectural issu des contraintes du site

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)

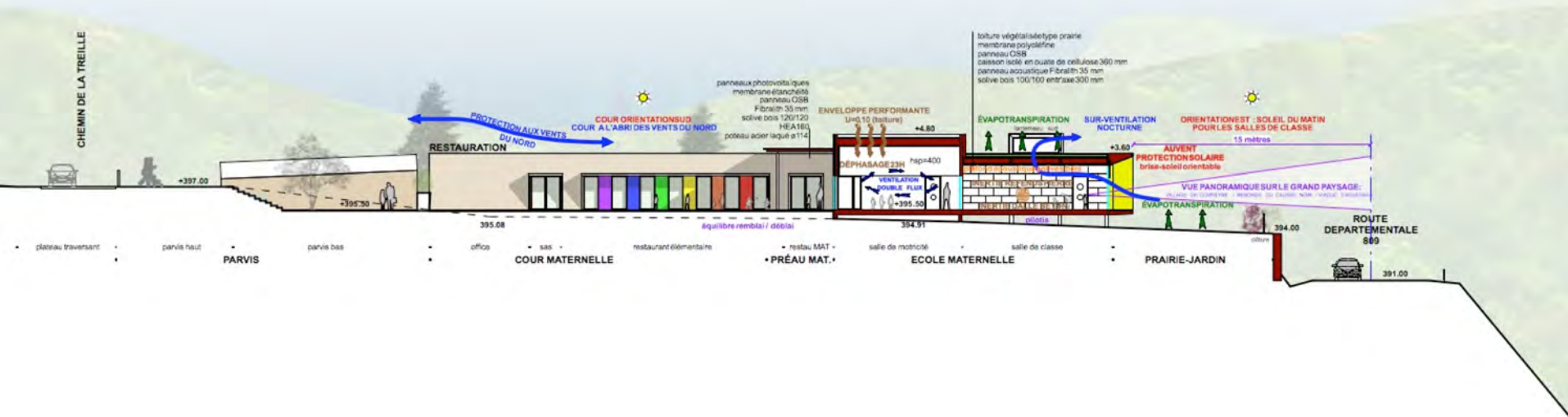


Une écriture architecturale issue de la gestion bioclimatique

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)

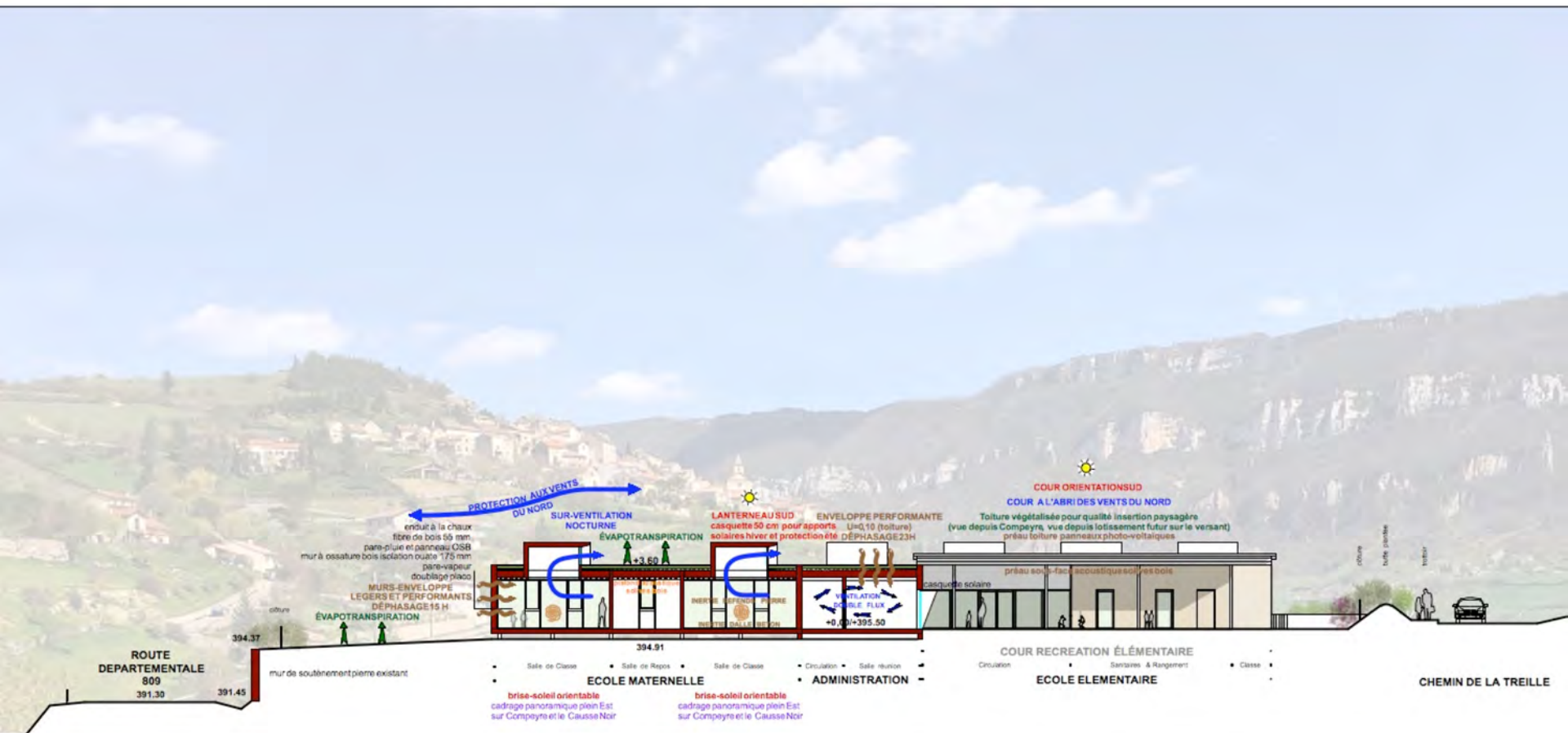


Cours au sud, préaux en panneaux photovoltaïques semi-transparents
Un bâtiment passif, une conception de chauffage adapté aux besoins du bâtiment
Chauffage sur le renouvellement d'air à 25 m³/h (soit 4 volumes/heure)



Le confort des espaces : des confort multiples

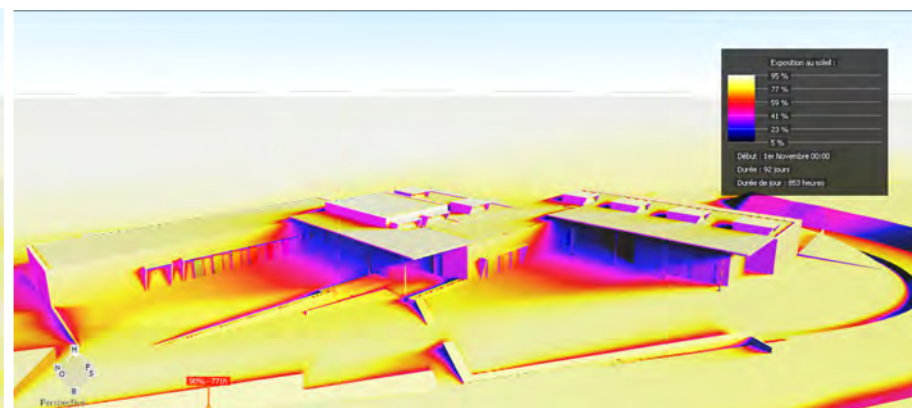
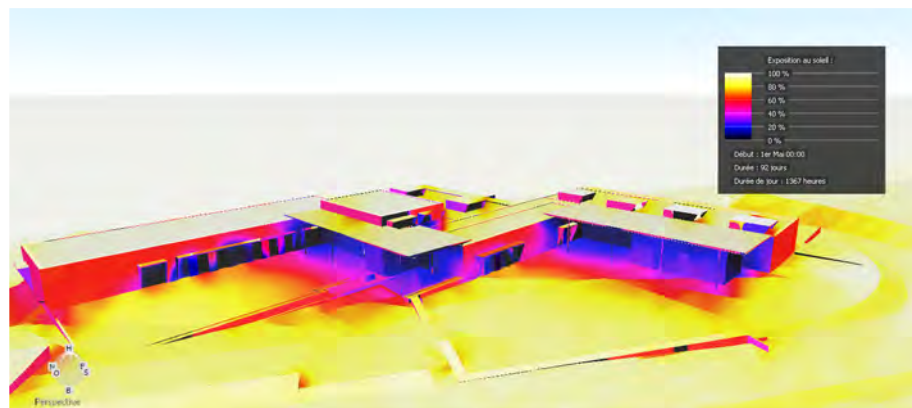
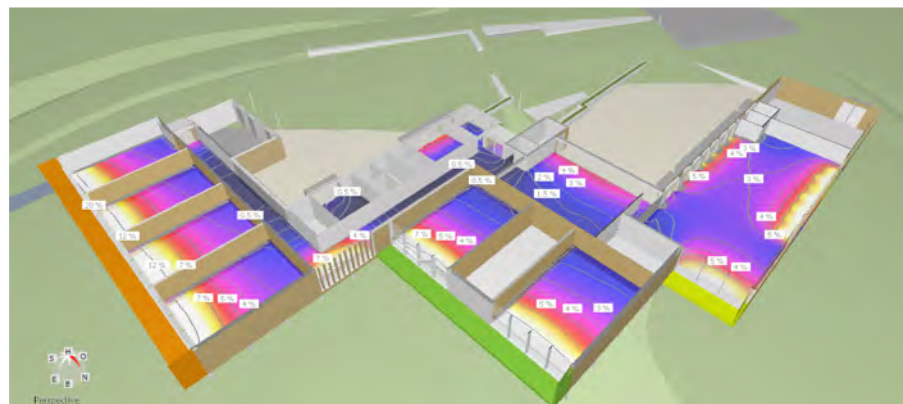
Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)





Le confort des espaces : les STD

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)



Simulations Thermiques Dynamiques

FLJ Facteurs de lumière du Jour : autonomie en lumière naturelle
Exposition et protection solaire



Le confort des espaces : les STD

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)

Consommations				
	Bois (kWh PCI)	kWh/m².an	Electricité (kWh)	kWh/m².an
Chauffage	38 075	39,9	101	0,1
ECS	3 159	3,3	585	0,6
Auxiliaires			494	0,5
Ventilation			12 715	13,3
Eclairage			3 384	3,6
Electricité spécifique			15 174	15,9
TOTAL	41 235	43,3	32 453	34,0
Production				
Photovoltaïque			36 469	38,3
TOTAL			36 469	38,3

Un bilan 100% ENR



Bilan carbone, E+C- et coût global

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)



Etude environnementale selon le référentiel E+ C-

Le label "Energie Positive & Réduction Carbone" E+C- atteste du respect des bonnes pratiques mises en place dans un bâtiment performant aux niveaux énergétique et environnemental

Le label est composé conjointement d'un niveau énergie (évalué par l'indicateur « Bilan Bepos ») et d'un niveau carbone (évalué par l'indicateur « Carbone »).

QUATRE NIVEAUX ÉNERGIE

L'indicateur Bilan Bepos possède 4 niveaux de performance, qui varient en fonction du type de bâtiment.

« **Énergie 1** » et « **Énergie 2** » constituent une avancée par rapport aux exigences actuelles de la réglementation thermique (RT2012). Leur mise en œuvre doit conduire à une amélioration des performances du bâtiment à coût maîtrisé, par des mesures soit d'efficacité énergétique, soit par le recours, pour la demande en énergie du bâtiment, à la chaleur ou à l'électricité renouvelables.

Le niveau « **Énergie 3** » constitue un effort supplémentaire par rapport aux précédents niveaux. Son atteinte nécessitera un effort en termes d'efficacité énergétique du bâti et des systèmes et un recours significatif aux énergies renouvelables, qu'elles soient thermiques ou électriques.

Le niveau « **Énergie 4** » correspond à l'atteinte de l'équilibre entre consommation non renouvelable et production l'électricité renouvelable injectée sur le réseau

DEUX NIVEAUX CARBONE

Suite à la réalisation de l'analyse de cycle de vie (ACV) du bâtiment, l'évaluation des deux indicateurs d'émissions de gaz à effet de serre (Eges) suivants permet de déterminer le niveau de performance de l'indicateur Carbone :

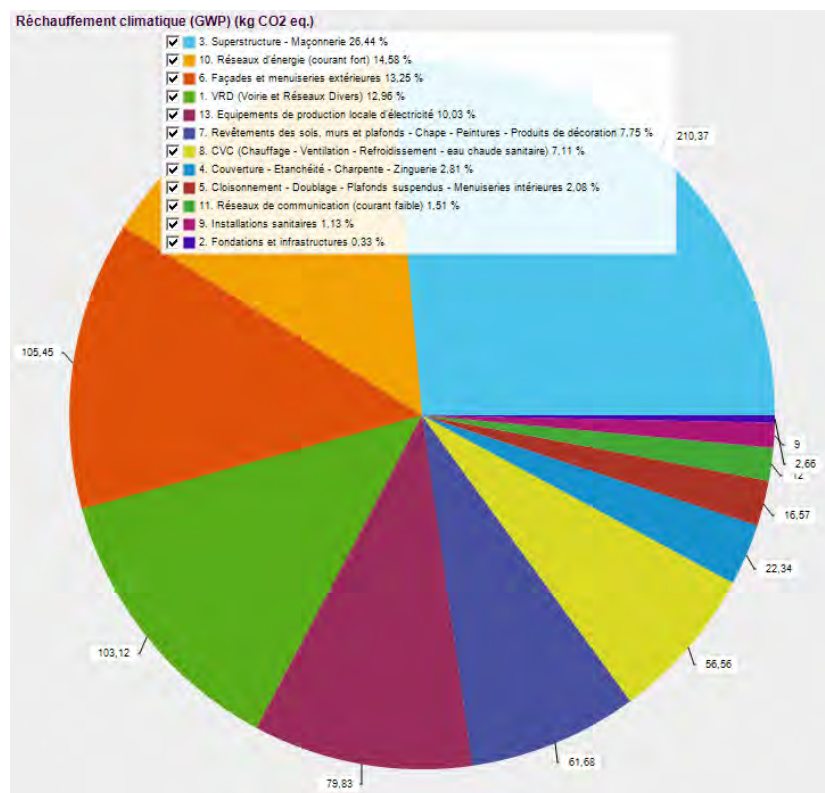
- les émissions CO₂eq/m² émises sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment : Eges
- les émissions de CO₂eq/m² émises et relatives aux produits de construction et des équipements du bâtiment : EgesPCE



Bilan carbone, E+C- et coût global

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)

A ce stade du projet et compte tenu des hypothèses présentées, le bâtiment présente un niveau de performance E+C- correspondant au **niveau E4 C2**.



Impacts CO2 des différents produits de construction et phases du projet



Bilan carbone, E+C- et coût global

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)

- **CONSTRUCTION** : correspondant à l'évaluation de l'impact des consommations d'énergie et d'eau de la phase « chantier »
- **EXPLOITATION** : correspondant à l'évaluation de l'impact des consommations d'énergie et d'eau de la phase « exploitation (50 ans) »
- **FABRICATION ET FIN DE VIE** : correspondant à l'évaluation de l'impact des consommations d'énergie et d'eau pour la fabrication et la fin de vie des produits de construction et équipements. Cette phase regroupe donc les phases « Conception » et « Fin de vie » qui ne sont pas dissociées dans la méthode E+C-

	Projet présenté		Projet conventionnel de référence	
	Emissions GES	Energie primaire totale	Emissions GES	Energie primaire totale
	kgCO2eq/m²SDP	kWhEP/m²SPD	kgCO2eq/m²SDP	kWhEP/m²SPD
CONSTRUCTION	33,15	1 246,08	41,22	1 704,47
EXPLOITATION 50 ans	78,06	3 810,68	616,81	9 894,54
FABRICATION ET FIN DE VIE	816,28	6 134,43	1 678,93	10 680,01
TOTAL	927,49	11 191,19	2 336,96	22 279,02

Conclusion sur le taux NoWatt et InNoWatt

$$\text{Taux NoWatt} = \frac{\sum(\text{consommations énergie primaire Projet NoWatt})}{\sum(\text{consommations énergie primaire Ref Conventionnelle})} = 0,50$$

$$\text{InNoWatt} = (1 - \text{Taux NoWatt}) \times 50 \text{ ans} = 25 \text{ ans}$$



Les secrets d'un projet environnemental réussi

Groupe scolaire intercommunal à Aguessac (12)

La co-conception :

Architectes et Ingénieurs travaillent ensemble dès les premières esquisses

L'ingénierie a une part importante dans la maîtrise d'œuvre pendant chaque phase d'étude, pendant le suivi de chantier et au-delà de l'année de parfait achèvement (missions complémentaires, taux de rémunération permettant de payer le travail des ingénieurs, commissionnement)

Architectes et Ingénieurs doivent partager une conviction écologique inébranlable
Architecte, bureau d'étude fluide, environnemental, structures et enveloppes

La force de la relation Maîtrise d'Ouvrage / Maîtrise d'Œuvre

La confiance du Maître d'Ouvrage en sa Maîtrise d'Œuvre

La conviction du Maître d'Ouvrage sur l'urgence environnementale.

Une définition des besoins et des usages tout au long des phases du projet, incluant la concertation régulière avec les usagers, permettant d'atteindre des objectifs de confort

Le suivi du bâtiment pendant deux ans minimum

Merci de votre attention !

