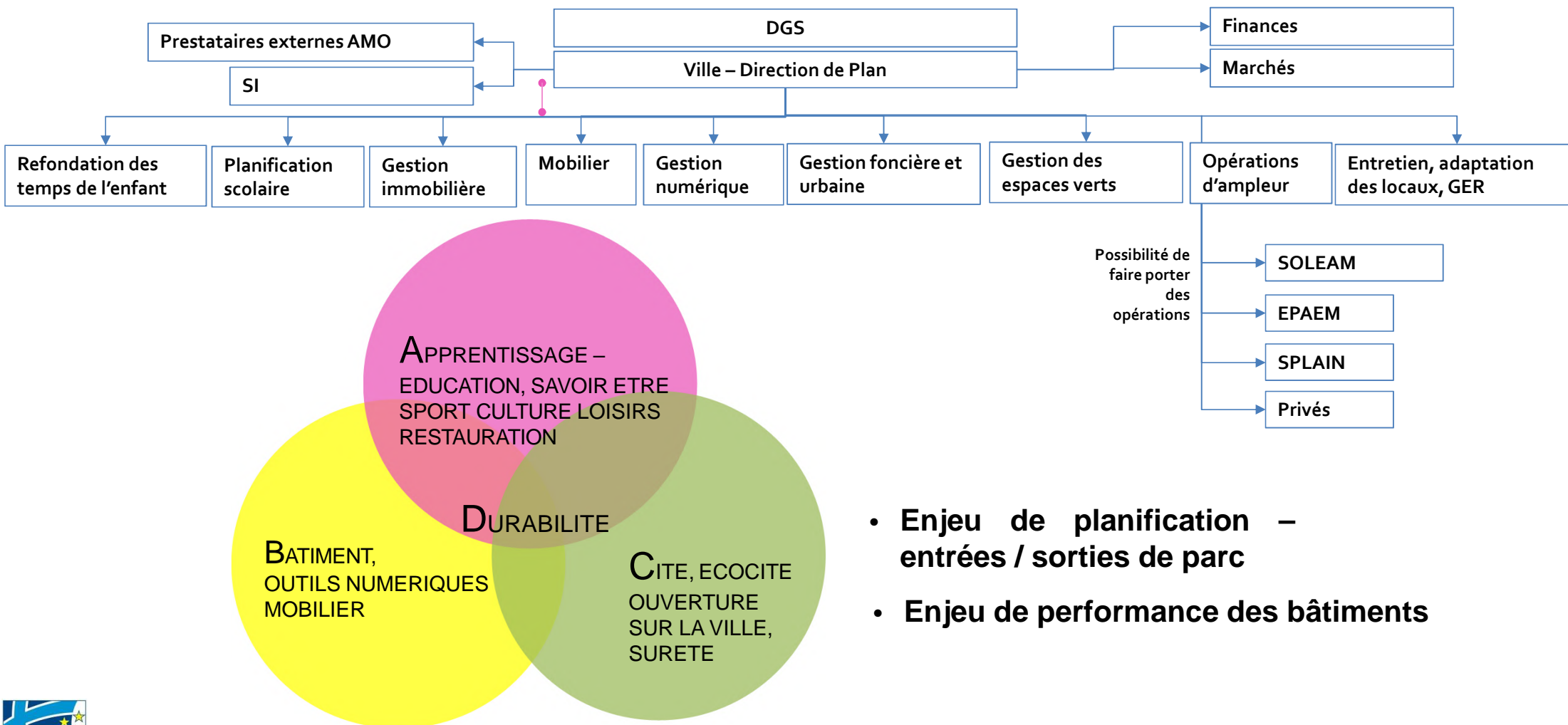


# PLAN ÉCOLE D'AVENIR

*Performance énergétique des bâtiments  
Rencontre dédiée à l'Ecoconstruction – 24 février 2021*



# PLAN ECOLE



- Enjeu de planification – entrées / sorties de parc
- Enjeu de performance des bâtiments

**1- Stratégie énergétique à l'échelle du Parc scolaire**

**2 – Indicateurs de performance énergétique et suivi**

**3 – Performance (énergétique) de nos dernières écoles**

- ✓ Responsabilité municipale sur les bâtiments scolaires depuis plus de 200 ans

*Un parc qui évolue en continu...*



470 écoles, 280 sites

Création,  
extension,  
restructuration,  
maintenance

Réhabilitation,  
renouvellement

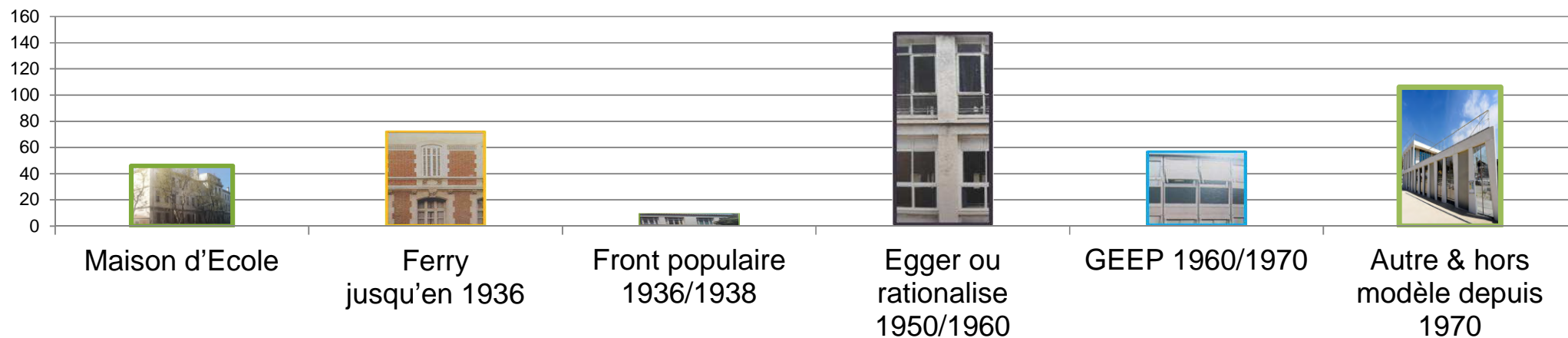
Changement  
d'usage,  
démolition



*... en fonction de l'évolution des besoins*

- Evolution des besoins géographiques
- Evolution des objectifs et méthodes pédagogiques

## Le parc scolaire en 2019



Source : Ville 2019

## La population marseillaise entre 1800 et 2019

200000

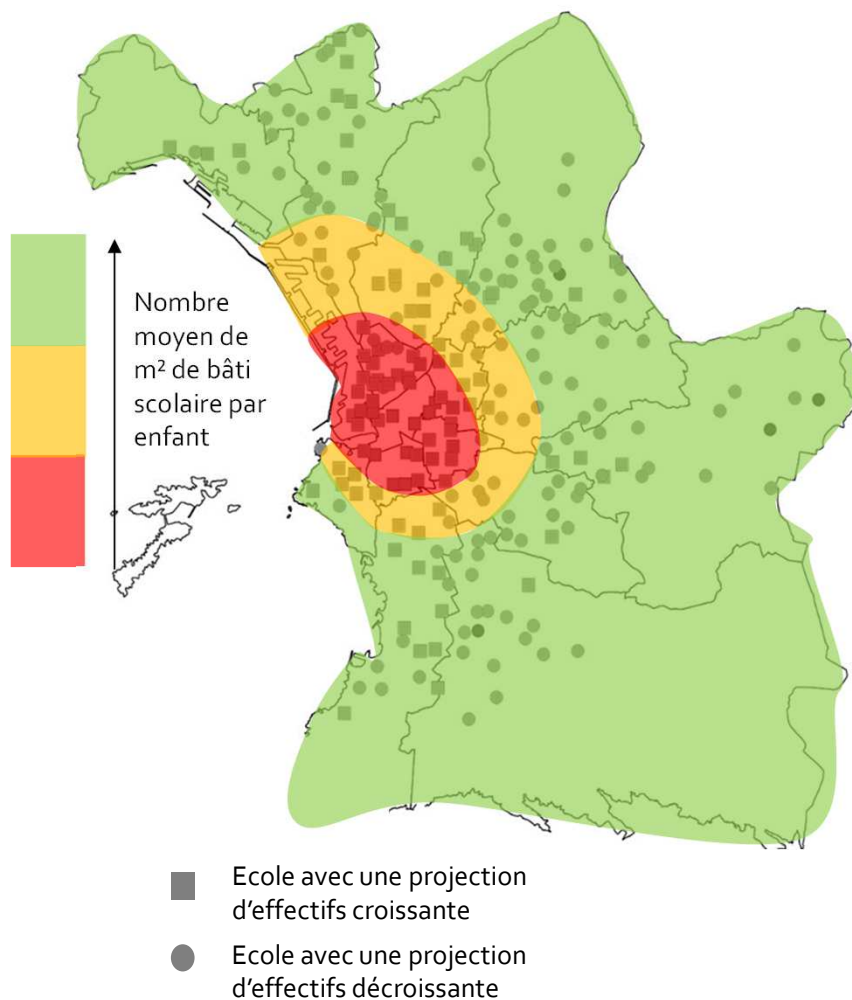
860 000

1800

1900

2000

Source : CASSINI, EHESS, INED (web)



✓ Enjeu de planification des nouvelles écoles

✓ Enjeu de sorties de parc

→ Dans une logique de gestion patrimoniale vertueuse

## Stratégie énergétique à l'échelle du Parc scolaire

### Organisme certifié

#### DIAGNOSTIC TECHNIQUE

- Sur l'ensemble du Parc : ETAT DES LIEUX COMPLET + ESTIMATION DES TRAVAUX

### Ville +AMO

DIAGNOSTIC FONCTIONNEL  
(occupation des espaces,  
utilisation possible des  
espaces, saturation)

### AGAM

PROJECTIONS DES  
BESOINS GEOGRAPHIQUES

### AMO

### Ville +AMO

#### SYNTHESE : AJUSTEMENT DE LA STRATEGIE DE PROGRAMMATION DES TRAVAUX

GROS TRAVAUX (Renouvellement,  
réhabilitations lourdes)

A COURT TERME

A MOYEN TERME

A LONG TERME

PETITS TRAVAUX

Action de maintenance en continu

► Une démarche sur un an

## LA DEMARCHE

- Depuis plusieurs années, la Ville affiche des ambitions environnementales croissantes
- Ste Marthe Audisio, Le Rouet : BEPOS
- Antoine de Ruffi raccordée sur la boucle eau de mer
- ... Toutes les nouvelles écoles avec une forte ambition environnementale de la municipalité
- Ambitions sur le neuf, ambitions sur la réhabilitation

## LES ENJEUX

- Ambition et programme (confort, performance, ressources)
  - *Enjeu de lien entre le confort et la performance*
- Suivi à tous les stades de la conception, réalisation, premières années d'exploitation
- Enjeu en lien avec le type de montage



► **REGIE**

► MOP

► CONCEPTION REALISATION

► MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE

► MARCHE DE PARTENARIAT

CAHIER  
DES  
CHARGES



FINANCE



CONCEPTION



CONSTRUCTION



EXPLOITATION  
RENOUVELLEMEN  
T



Ville

Prestataire  
extérieur

- REGIE
- **MOP**
- CONCEPTION REALISATION
- MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE
- MARCHE DE PARTENARIAT

CAHIER  
DES  
CHARGES



FINANCE



CONCEPTION



CONSTRUCTION



EXPLOITATION  
RENOUVELLEMEN  
T



Ville

Prestataire  
extérieur

- ▶ REGIE
- ▶ MOP
- ▶ **CONCEPTION REALISATION**
- ▶ MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE
- ▶ MARCHE DE PARTENARIAT

CAHIER  
DES  
CHARGES



FINANCE



CONCEPTION



CONSTRUCTION



EXPLOITATION  
RENOUVELLEMEN  
T



Ville

Prestataire  
extérieur

- ▶ REGIE
- ▶ MOP
- ▶ CONCEPTION REALISATION
- ▶ **MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE**
- ▶ MARCHE DE PARTENARIAT

CAHIER  
DES  
CHARGES



FINANCE



CONCEPTION



CONSTRUCTION



EXPLOITATION  
RENOUVELLEM  
T



Ville

Prestataire  
extérieur

- REGIE
- MOP
- CONCEPTION REALISATION
- MARCHE GLOBAL DE PERFORMANCE
- **MARCHE DE PARTENARIAT (avec transfert de la maîtrise d'ouvrage)**

CAHIER  
DES  
CHARGES



FINANCE



CONCEPTION



CONSTRUCTION



EXPLOITATION  
RENOUVELLEMEN



Ville

Prestataire  
extérieur

## NOTRE EVOLUTION

- Travail sur les programmes neufs
- Suivi deux années après la livraison pour ajustements
- Mise en place d'outils de suivi en fonction des montages qui permettent de disposer de calculs basés sur une prise en compte des environnements réels (et non réglementaires uniquement)
- Travail sur les programmes de réhabilitation

« Afin de proposer le meilleur compromis sur les consommations énergétiques nécessaires à l'atteinte d'un haut niveau de qualité environnementale, le présent document vise à définir

- D'une part des objectifs de performance énergétique et environnementale ambitieux et cohérents avec le comportement et l'occupation des futures écoles de Marseille
- D'autre part les outils et méthodes de calcul qui permettront de les prévoir, en limitant la différence de performance entre les études de conception et les consommations réelles une fois le bâtiment exploité.

Même si largement basée sur les méthodes existantes les démarches reconnues, la conception des écoles marseillaises ne se veut pas bornée à l'obtention d'une certification ou d'un label. L'objectif est bien de faire de ses écoles des exemples en matière de performance énergétique et de qualité environnementale en totale adéquation à la réalité d'usage de tous les acteurs des écoles.

Néanmoins, à des fins de communication et d'affichage, les projets s'inscriront dans une démarche BDM »

		Approche PIA	HQE Bâtiment durable	HQE Bâtiment vertueux	E+C	Effinergie+	BBC Effinergie 2017	BEPOS Effinergie 2017	BEPOS+ Effinergie 2017	Passif	BDM
Confort visuel	Exigences simplifiées d'éclairage naturel			X							X
	Exigences avancées d'éclairage naturel	X	X								X
Confort thermique	Pourcentage de temps ou nombre d'heure d'inconfort	X	X	X						X	X
	Confort adaptatif - norme EN15251	X									(X)
	Confort adaptatif - Givoni	X	X	X							(X)
QAI	Suivi des polluants	X		En exploitation	Aréation						Aréation
	Recommandation en termes de choix de matériaux à faible émission de polluants	X	X	X							X
Matériaux	Communication de l'impact environnemental des produits			X							
	Valorisation des matériaux biosourcés	X									X
	Valorisation du bois	X		X							X
Performance énergétique	Valorisation de la pierre et de la terre crue	X									X
	Base DPE		X								
	Besoin bioclimatique	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	Consommations énergétiques, primaire	X	X	X	X	X	X	X	X		X
	Bilan Bepos	X		X	X	X	X	X	X		X
	Bilan GES	X		X	X	X	X	X	X		X
	Objectifs sur STD ou standard spécifique	X	X							X	X
	Valorisation directe de la consommation et de la production d'EnR	X		X			X	X	X	X	X

Tableau 10 : Synthèse des critères pris en compte dans les différentes approches

**0.1.1 - Performance énergétique globale, calculs réglementaires**

Les indicateurs suivant seront calculés selon la méthode réglementaire en vigueur

Indicateurs de performance		Valeur cible	Commentaires	Obligation de résultats (Oui/Non)
Besoin bioclimatique	Bbio	Bbiomax – 20%		OUI
Consommations énergétiques primaire réglementaire	CEP postes réglementaires [kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SRT.an</sub> ] : chauffage, ventilation, éclairage, ECS, auxiliaires	CEPmax – 20%	Le CEPmax et l'objectif qui en découle ne tiendront pas compte de la bonification liée au raccordement éventuel au réseau de chaleur Thassalia.	OUI
BilanBepos	BilanBepos [kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SRT.an</sub> ]	- Niveau E4 recherché - Si niveau E3, justifier le fait de ne pas atteindre le niveau E4	Le bilan tiendra compte des consommations en énergie primaire réglementaires, d'une valeur forfaitaire pour les usages mobiliers et de la production en énergie renouvelable	OUI
Bilan GES	BilanCarbone [kgeqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SDP</sub> ]	Niveau C1, C2 recherché	Bilan GES calculé selon la méthode réglementaire en vigueur pour les PCE uniquement et au total	OUI



### Performance énergétique globale, calculs en simulation thermique dynamique

Les calculs suivants seront réalisés selon le cahier des charges de simulation thermique dynamique (STD), en concordance avec les hypothèses d'utilisation et d'occupation des locaux et des niveaux de confort fixés. Les calculs se feront conformément au cahier des charges STD joint

Indicateurs de performance Valeur cible	Valeur cible	Commentaires	Obligation de résultats (Oui/Non)
Consommation en énergie finale tout usage $C_{ef\_STD}$ [kWh <sub>ef</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHAB</sub> .an]	Pas de valeurs cibles	La répartition de cette consommation d'énergie finale par usage sera fournie.	Non
Consommation en énergie primaire tout usage $C_{ep\_STD}$ [kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHAB</sub> .an]	< 120 kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHAB</sub> .an, hors compensation par une production d'énergie renouvelable	<p>Les facteurs de conversion énergie finale/énergie primaire utilisés sont les suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electricité à usage de chauffage : 3.33</li> <li>• Electricité pour tous les autres usages : 3.61</li> <li>• Gaz naturel : 1.11</li> <li>• Bois bûches : 0.10</li> <li>• Bois granulés : 0.13</li> <li>• Bois déchiquetés : 0.04</li> </ul> <p>(Ces facteurs de conversion correspondent aux facteurs de conversion énergie finale/énergie primaire non renouvelable issue des FDES de la base de données INIES, date de validité de 2016 à 2021 )</p> <p>La répartition de cette consommation d'énergie primaire par usage sera fournie.</p>	Oui
Production d'électricité renouvelable $P_{ef\_enr\_STD}$ [kWh <sub>ep</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHAB</sub> .an]	= $C_{ep\_STD}$ Consommation en énergie primaire totale calculée précédemment en STD	La production d'énergie renouvelable, en énergie finale, devra compenser la consommation en énergie primaire totale du bâtiment, calculée précédemment.	Oui
Besoins de chauffage $B_{ch}$ [kWh <sub>eu</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHAB</sub> .an] et [kWh <sub>eu</sub> /m <sup>2</sup> .an] La surface à prendre en compte ici est la surface chauffée.	< 15 kWh <sub>eu</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHAB</sub> .an (issu d'un calcul STD et équivalent aux objectifs d'un bâtiment passif)	Calculé en STD dans des conditions réelles d'utilisation du bâtiment et en suivant les hypothèses du cahier des charges STD	Oui
Besoins de climatisation $B_{clim}$ [kWh <sub>eu</sub> /m <sup>2</sup> .an] et [kWh <sub>eu</sub> /m <sup>2</sup> <sub>SHAB</sub> .an] La surface à prendre en compte ici est la surface climatisée.	< 15 kWh <sub>eu</sub> /m <sup>2</sup> .an (issu d'un calcul STD)	La climatisation doit par défaut être évitée et ne doit être étudiée que cas par cas dans les locaux utilisés aussi pendant les vacances d'été.	Oui

## Performance de l'enveloppe

Indicateurs de performance Valeur cible		Valeur cible	Commentaires	Obligation de résultats (Oui/Non)
Menuiseries	Uw [W/m².K]	< 1.2 W/m².K		Oui
Toiture extérieure	U [W/m².K]	< 0.15 W/m².K	Calcul tenant compte de l'ensemble des couches de matériaux et des ponts thermiques intégrés	Non
Murs extérieurs	U [W/m².K]	< 0.2 W/m².K	Calcul tenant compte de l'ensemble des couches de matériaux et des ponts thermiques intégrés	Non
Planchers bas	U [W/m².K]	< 0.2 W/m².K	Calcul tenant compte de l'ensemble des couches de matériaux, des ponts thermiques intégrés et du contact en sous face (terre-plein, vide sanitaire, extérieur)	Non
Ponts thermiques	Ratio de ponts thermiques [W/m²S <sub>RT</sub> .K]	< 0.28 W/m²S <sub>RT</sub> .K	Traiter et optimiser les ponts thermiques	Exigence réglementaire
	Pont thermique $\psi_9$ [W/m.K]	< 0.6 W/m.K	Pont thermique de liaison Plancher Intermédiaire/Mur Extérieur	Exigence réglementaire
	Carnet de détails		réaliser des carnets de détails de ponts thermiques, mettre en œuvre des produits adaptés (rupteurs de ponts thermiques, systèmes constructifs à rupture de ponts thermiques) Utiliser les bibliothèques courantes de ponts thermiques et modéliser en éléments finis 2D les singularités ne s'y trouvant pas. Fournir un carnet de ponts thermiques Afficher aussi la répartition des déperditions par les ponts thermiques	Non

## Performance de l'enveloppe

Indicateurs de performance Valeur cible		Valeur cible	Commentaires	Obligation de résultats (Oui/Non)
Facteur de compacité, Rapport de surfaces déperditives sur volume	[m <sup>-1</sup> ]	Pas de valeur cible	Plus un bâtiment est compact, plus il est performant. On mesure la compacité avec le rapport surface déperditive (mur, toit, etc.) sur volume à chauffer : ratio S/V. Plus ce rapport est grand, plus il y a de surfaces déperditives, plus il y a de pertes par les parois. La forme la meilleure est la sphère : c'est le volume géométrique qui a le rapport le plus petit. Ainsi plus le bâtiment ressemble à une sphère, moins il y a de pertes. C'est pourquoi à volume égal : un immeuble consomme moins que plein de petites maisons individuelles. Le graphique ci-dessous illustre la compacité de géométries types. Pour un bâtiment de 1000 m <sup>2</sup> , il convient de ne pas dépasser un ratio S/V de 0,65 (soit +12% par rapport à une sphère).	Non
Enveloppe globale	Ubat S'entend ici les m <sup>2</sup> de surfaces déperditives	[W/m <sup>2</sup> .K] < 0.4 W/m <sup>2</sup> .K	Calcul du coefficient de déperditions de transmission moyen du bâtiment, tenant compte des déperditions par les parois opaques, les menuiseries et les ponts thermiques Affichage de la répartition de ces déperditions Démarche qualité dès la phase de conception et jusqu'à la réception.	Non
Étanchéité à l'air	n50 [vol/h sous 50 Pa]	< 0.6 vol/h	- En phase conception : Prise en compte et identification des points singuliers pouvant être présent – Description de l'enveloppe aérodynamique - En phase EXE : s'assurer que les techniques utilisées sont pertinentes avant les tests d'étanchéité avec un carnet de détails des points singuliers en amont. - Test intermédiaire et test final.	Oui

### Etude de faisabilité des approvisionnements en énergie des bâtiments

Conformément au décret n°2007-363 du 19 mars 2007 et à l'arrêté du 30 octobre 2013 modifiant l'arrêté du 18 décembre 2007 relatif aux études de faisabilité des approvisionnements en énergie pour les bâtiments neufs et parties nouvelles de bâtiments et pour les rénovations de certains bâtiments existants en France métropolitaine, le concepteur prévoira pour la construction de tout **bâtiment nouveau** ou **partie nouvelle de bâtiment** (sauf exceptions notamment les bâtiments servant de lieux de culte et les monuments historiques classés) ou à toute opération de construction de bâtiments, dont **la superficie hors oeuvre nette totale nouvelle est supérieure à 50 m<sup>2</sup>**, de réaliser une étude de faisabilité technique et économique, avant le dépôt du permis de construire, **des diverses solutions d'approvisionnement en énergie** pour le chauffage, la ventilation, le refroidissement, la production d'eau chaude sanitaire, l'éclairage des locaux et les auxiliaires.

Le choix de l'énergie devra donc s'effectuer en fonction des critères d'adaptation au fonctionnement souhaité et d'économie d'exploitation (approche en coût global).

Cette étude examine notamment :

- Les chaudières à condensation gaz,
- Les systèmes solaires photovoltaïques,
- Les systèmes de chauffage au bois ou à biomasse,
- Le raccordement à un réseau de chauffage ou de refroidissement collectif ou urbain, s'il existe à proximité du terrain d'implantation de l'opération,
- Les pompes à chaleur géothermiques,
- Les autres types de pompes à chaleur.

Elle présente les avantages et les inconvénients de chacune des solutions étudiées, quant aux conditions de gestion du dispositif, aux coûts d'investissement et d'exploitation, à la durée d'amortissement de l'investissement et à l'impact attendu sur les émissions de gaz à effet de serre. Elle tient compte pour l'extension d'un bâtiment des modes d'approvisionnement en énergie de celui-ci.

Les consommations d'énergie primaire seront obtenues à partir de la simulation thermique dynamique (utilisation des facteurs de conversion énergie finale/énergie primaire donnés dans la § « Performance énergétique »).

### Préconisation à l'utilisation de ressource bois énergie

Dès l'esquisse, des indications seront fournies sur la taille et les proportions des espaces à allouer à la chaufferie, au silo et sur les contraintes d'approvisionnement à respecter (nombre d'approvisionnement à envisager, taille des camions acceptable, etc.).

Pour l'étude de faisabilité, celle-ci devra contenir des informations sur la provenance de la ressource (distance entre cette provenance et le lieu du projet), le prix de la ressource hors frais de livraison et le coût du transport d'après l'ADEME.

Concernant les données techniques, si la donnée n'est pas connue, il est demandé de considérer un PCI de 3 500 kWh/tonne (Valeur moyenne pour un combustible à 30% d'humidité).

### Préconisation à l'utilisation du solaire photovoltaïque

Le potentiel de production d'énergie photovoltaïque se calculera via un logiciel de dimensionnement basé sur le fichier météorologique du site étudié et tenant compte des masques solaires environnants.

L'analyse en coût global tiendra compte :

- Des pertes de rendement des panneaux (si non connu, considérer 1% par an),
- Du coût du raccordement au réseau électrique (si non connu, considérer 10% de l'investissement initial),
- Du coût de la maintenance et de l'entretien,
- Du coût du remplacement des onduleurs (fréquence maximale : 10 ans – si plus justifier),
- Des pertes estimées du système. Elles correspondent à toutes les pertes dans le système qui font que la puissance vraiment délivrée sur le réseau électrique est plus basse que la puissance produite par les modules. Ceci peut être dû au câblage, à l'onduleur, à la saleté, etc. (si non connu, considérer 14%)

Conformément au § Performance Énergétique, il est indiqué que la production d'EnR doit couvrir l'ensemble des consommations en énergie primaire non-renouvelable du bâtiment. L'étude de faisabilité PV devra viser cet objectif.

L'utilisation du solaire photovoltaïque devra prendre en compte les enjeux spécifiques liés à la sécurité incendie.

### Préconisation à l'utilisation des réseaux de chaleur

La connexion au réseau de chaleur lorsqu'il est accessible ne sera pas systématiser. Une étude en coût global approfondie devra être fournie pour justifier le raccordement ou non au réseau.

Nécessaire à l'envisagement d'un raccordement, le rapport d'étude fera apparaître le contenu CO2 et la part d'EnR de l'exploitants des réseaux de chaleur.

### Préconisation à l'utilisation de la ressource géothermique

Le potentiel géothermique se basera sur les données du site [www.geothermies.fr](http://www.geothermies.fr),

D'exiger aux équipes de conception d'exprimer dans leurs études les indicateurs suivants et les sources de leurs hypothèses :

#### ▶ Géothermie sur sonde :

- Longueur et nombre de sondes,
- $\Phi_{\text{extraction}}$  : la puissance spécifique d'extraction [kW/m] ;
- COP choisi,
- $\Phi_F$  : la puissance frigorifique à l'évaporateur qui est égale à la puissance totale à extraire [kW]

#### ▶ Géothermie sur nappe :

- $D_p$  : le débit prélevé [m3/h]
- $\Delta T$  : l'écart entre la température de l'eau prélevé et la température de l'eau injecté [°C]
- $\Phi_F$  : la puissance frigorifique à l'évaporateur qui est égale à la puissance totale à extraire [kW]

### Préconisation à l'utilisation d'un système type pompe à chaleur

- La proscription des systèmes PAC air/air sur air neuf et VRV
- Le calcul de l'énergie renouvelable valorisée par les pompes à chaleur tel que :

$$E_{\text{prim renouvelable}} = C_{EF} \times \left( 1 - \frac{r_{\text{él}}}{COP} \right)$$

Avec :

- $r_{\text{él}}$  : le coefficient de conversion électrique en énergie primaire non renouvelable
- $E_{\text{(prim renouvelable)}}$  : énergie primaire renouvelable « produite » par la PAC
- $C_{EF}$  : la consommation de chaleur (ou de froid) en énergie finale fournie au bâtiment par la PAC
- COP : le coefficient de performance de la PAC

Intégrer les abonnements d'électricité et/ou de gaz 100% EnR

## I REFERENTIEL

- Etablir exigences réglementaires pour un bâtiment scolaire existant en comparaison aux exigences réglementaires pour un bâtiment scolaire neuf
- Définir le niveau de performance souhaitable pour un bâtiment scolaire sur différents critères (valeur hautes et basses) : confort (Thermique, Acoustique, Visuel, Air-ventilation, câblage CFA/CFO, Eau), sécurité et sûreté, performance énergétique

## II ANALYSE TECHNIQUE PAR MODELE CONSTRUCTIF (ECHANTILLONNAGE : 15)

- Préciser les grands éléments caractéristiques des différents types de construction -modèles marseillais : GEEP, Egger, Front Populaire, Ferry, maisons d'écoles, autres par corps d'état
- Réaliser un diagnostic approfondi sur 2 à 3 échantillons par typologie constructive (incluant STD, analyse des matériaux, équipements...) pour déterminer le positionnement du bâtiment par rapport aux niveaux d'exigence déterminé et obtenir les entrants de l'ACV
- Déterminer les coûts d'exploitation du bâtiment : fluides, entretien-maintenance
- Faire une analyse en ACV du bâtiment

## III FAISABILITE COMPARATIVE EN COUT GLOBAL (6 SITES A ENJEUX ; 1 PAR TYPE)

**Entrants :** programme type, durée, outil coût global, périmètre foncier et bâtiments associés, AVAP et PLU ou autres réglementations

**Sortants :** 3 scénarios de programmations travaux incluant programme fonctionnel amendé, analyse des coûts (investissement, fonctionnement...)

Déterminer une solution générique pour répondre aux critères sur les autres bâtiments type

*PARTIE A PRIX FORFAITAIRE (200 k€ + 100 k€) SUR 4 MOIS*

Développement d'un nouvel outil : Performance / coûts et d'une bibliothèque solutions / coûts

Objectif : coûts liés aux options environnementales et dans la durée outil en coût global

	Performance énergétique, labels et démarches visés
Groupe scolaire d'Aguessac en Aveyron (12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bilan énergétique compteur positif sur les postes chauffage, éclairage intérieur/extérieur, ventilation hygiénique, ECS, Auxiliaires, équipements de restauration, prises de courants, informatiques, ...</li> <li>- Niveau E3 du référentiel E+C-</li> <li>- CEPprojet &lt; CEP -40% conformément au label BEPOS Effinergie 2017</li> <li>- BDM Argent</li> </ul>
Collège de La Cavalerie en Aveyron (12)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Performance énergétique du niveau BEPOS réel</li> <li>- Niveau E4 du référentiel E+C-</li> <li>- BDM-O Niveau Argent</li> <li>- Projet NoWatt</li> <li>- Bbiomax -20% correspondant au niveau BEPOS Effinergie 2017</li> </ul>
Ecole maternelle Marie Maury à Fos Sur Mer (13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bbiomax -10%</li> <li>- Niveau E2 du référentiel E+C-</li> </ul>
Ecole Jean Carrière à Nîmes (30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CEP &lt; 40 kWh/m².an tout usage</li> <li>- HQE Très performant sur la cible gestion de l'énergie</li> <li>- CEP = Cref - 50% usages RT2005</li> </ul>
Groupe scolaire André Malraux à Montpellier (34)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bbio &lt; 50 points</li> <li>- CEP &lt; 50 kWh/m².an</li> </ul>
Lycée Occitanie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Label E+C- sans plus de détails. Exigences de consommations par usage.</li> </ul>
Lycée PACA	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Label E3C1 du référentiel E+C-</li> </ul>
Groupe scolaire Berliet à Lyon (69)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bbio= 0,8 x Bbiomax x (Mbgeo + Mbalt + Mbsurf)</li> <li>- CepMax= 40 x Mctype x (Mcgeo + Mcalt + Mcsurf + McGES)</li> <li>- BEPOS selon Effinergie BEPOS 2013</li> </ul>
Courbessac à Nîmes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 30 kWh/m².an pour le chauffage, l'ECS, la ventilation hygiénique, les auxiliaires et l'éclairage</li> <li>- BDM niveau Argent</li> </ul>
Groupe scolaire les grisettes à Montpellier (34)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BEPOS : BBC Effinergie + PV</li> <li>- CEP = Cref - 50% usages RT2005</li> <li>- CEP tout usage &lt; 50 kWh/m².an (en tenant compte d'un CEP hors usage RT de 11 kWh/m².an¹)</li> <li>- BEPOS compteur</li> </ul>
Ecole maternelle Reynier à Six fours les Plages (13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Démarche BDM niveau Bronze</li> <li>- Niveau E2 du référentiel E+C-</li> </ul>
Groupe scolaire Séveriers à La Ciotat (13)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Niveau RT2012 (BBC) CEP &lt; 50 kWh/m².an</li> </ul>
Ecole maternelle Barbès à Nîmes (30)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- BDM niveau Or</li> <li>- Tendre vers des bâtiments à énergie positive sur les 5 usages</li> <li>- CEP &lt; 40 kWh/m².an sur les 5 usages</li> </ul>



## Performances de nos nouvelles écoles

Nom de l'opération	Année de mise en exploitation	Engagement en matière d'utilisation de matériaux biosourcés	Couverture d'EnR (Prod / conso STD - hors contrat de fourniture d'énergie verte)	Niveau de performance énergétique (Cep hors prod EnR)	Note sur la qualité des espaces extérieures	Engagement pour atteindre un bon niveau de confort
Le Rouet (Marseille)	2017	oui	Bonne couverture	RT-30%	Moyen	Fort
Jean D'Ormeson (Nîmes)	2020	non	Bonne couverture	RT-30%	Minimum	Fort
Marceau (Marseille)	Non livrée	non	Couverture moyenne	RT-30%		Fort
Mirabilis (Marseille)	2017	oui	Couverture moyenne	RT-20%		Fort
Busserine (Marseille)	2015	non	Pas de couverture	RT-30%		Moyen
Joan Miro (Montpellier)	2020	non	Couverture moyenne	RT-50% et moins		Fort
Capelette (Marseille)	2022	non	Couverture moyenne	RT-20%		Moyen
Les Abeilles (Marseille)		oui	Pas de couverture	Réglementaire		Fort
Germaine Richier (Montpellier)	2018	non	Pas de couverture	RT-30%	Moyen	
Courbessac (Nîmes)	2014	oui	Pas de couverture	RT-50% et moins	Excellent	Fort
Aguessac (Aguessac)	2021	oui	Bonne couverture	RT-30%	Excellent	Fort
Marie Mauron (Fos sur Mer)	2021	oui	Pas de couverture	RT-20%	Excellent	Fort

Renseignements généraux	Enveloppe											
Nom de l'opération	Type de structure	Présence de fondations spéciales	Coût des fondations	Technique d'isolation	Type d'isolant en paroi verticale	Performances des murs verticaux - U [W/m².C°]	Type d'isolant en toiture	Performances de la toiture - U [W/m².C°]	Type d'isolant en plancher	Performances du plancher bas - U [W/m².C°]	Performances des menuiseries principales - U [W/m².C°]	Etanchéité à l'air (n50)
Le Rouet	Béton	non	€ 324 927	ITI	Laine bois (20 cm)	0,20	PUR + Végé	0,10	PUR	0,17	Bois - (Uf = 1,2)	0,8 m³/(h.m²) à 4 Pa
Marceau	Béton	non	€ 278 953	ITE	Laine de verre (18 cm)	0,2	PUR	0,14	PSE	0,33	DV - (Uw < 1,4)	0,8 m3/(h.m²) à 4 Pa
Mirabilis	Béton	oui	€ 458 863	ITE	Laine de bois (14,5 cm)	0,25	Laine de verre + PSE	0,16	Laine de roche	0,17	DV	0,8 m3/(h.m²) à 4 Pa
Busserine	Béton	non	€ 570 882	ITI	PSE (10cm)	0,29	PSE (14cm)+ Végé	0,16	TH29 (12 cm)	0,22	Bois - DV (4/16/4) - Uw=1,19	-
Capelette	Béton	oui	pas de détails	ITE	PSE (10 cm)	0,22	TH34 (15 cm)	0,22	PSE + bois	0,26	DV Alu 4_16_4 PE Argon - (Uw = 1,5)	0,79 m3/(h.m²) à 4 Pa
Les Abeilles	Béton / Pierre	non	-	ITI	Fibre de bois (12cm)	entre 0,26 et 0,27	TH 22	0,21	TH 72 (5,4 cm) + PSE TH30	0,22	DV 4/16/4 Argon (Ug = 1,1)	1 m3/(h.m²) à 4 Pa

## Performances de nos nouvelles écoles

Renseignements généraux	Chauffage des locaux						Refroidissement actif des locaux						ECS			
Nom de l'opération	Chauffage des locaux		Type de distribution du chaud		Coefficient de déperditions global (G) [W/m².°C]	Puissance de chauffage [kW]	Calorifugeage des réseaux de chauffage - R [m².K/W]	Rendement de la génération	Refroidissement actif des locaux		Type de distribution du froid		Puissance de climatisation	Calorifugeage des réseaux de froid	Rendement de la génération	Type de production ECS
Le Rouet	Chaudière gaz		Plancher chauffant / radiateur		0,57	140	1,2		Non refroidi		Non refroidi		Non refroidi	Non refroidi	Non refroidi	Electrique
Marceau	Chaudière gaz		corps de chauffe statique		-	170	classe 4		Rafratchissement adiabatique		CTA					Electrique
Mirabilis	Chaudière gaz		Radiateurs		-	170	-	108%	Non refroidi		Non refroidi		Non refroidi	Non refroidi	Non refroidi	Electrique
Busserine	Chaudière gaz		Radiateurs		-	87	1,8	104%	Non refroidi		Non refroidi		Non refroidi	Non refroidi	Non refroidi	Electrique
Capelette	Chaudière gaz		Plancher chauffant (25%) radiateurs (75%)		-	80	classe 2 et 4		Non refroidi		Non refroidi		Non refroidi	Non refroidi	Non refroidi	Electrique
Les Abeilles	PAC air/eau		Plancher chauffant / rafraichissant		-	52	classe 2		PAC air/eau		Plancher chauffant / rafraichissant			classe 2	-	Electrique
Enr							Ventilation								Evaluation du bâtiment	
Production d'enr	Type de production	Quantité produite	Production d'enr	Quantité consommée (couverture des consommations)	Ratio de production réglementaire (kWhef/m²Srt.an)	Ratio de production réglementaire (kWhef/classe.an)	Type de ventilation	Ratio de performance des moteurs de ventilation	Efficacité de la récupération de chaleur si présente	Classe d'étanchéité du réseau de ventilation	Calorifugeage des installations de ventilation	Filtration	Surventilation nocturne	Brasseurs d'air	Niveau de couverture en EnR (saisie automatique - cf. glossaire)	
oui	PV	105 kWc	-	-	42,1	9920,7	SF extraction	pas de contrainte	-	C	pas de calo	pas de filtre	Naturelle assistée	Oui	Bonne couverture	
oui	PV	117 kWc	265 MWhef/an	-	22,5	5558,9	DF	< 0,35 W/m3/h	> 80%	C			Mécanique	Oui	Couverture moyenne	
oui	PV	75 kWc	86,1 MWhef/an	-	27,5	5693,4	DF + SF	Non spécifié	> 90%	C	pas de calo	F7	Mécanique	Oui	Couverture moyenne	
non	-	-	-	-	-	0,0	DF + SF	Non spécifié	Haut rendement	Non spécifié	pas de calo	F7 - G7	Mécanique	Non	Pas de couverture	
oui	PV	36 kWc	-	-	9,0	1774,5	SF	Non spécifié	75% (85% d'après CCTP)	B	air neuf laine de verre (25mm)	F7 - G4	Mécanique	Non	Couverture moyenne	

PLAN ÉCOLE D'AVENIR

24 Février 2024

RETOUR À L'ÉCOCONSTRUCTION

27/11

Autorégulation



Renseignements généraux	Performance énergétique réglementaire						
Nom de l'opération	RT applicable	Niveau de perf énergétique - gains Cep	Niveau de perf énergétique - gains Cep hors EnR	Niveau de perf énergétique - gains Bbio	Bilan Bepos réglementaire	Bilan GES	Label atteint
Le Rouet	RT2012	175%	37%	21%	Non réalisé	Non réalisé	Aucun
Marceau	RT2012	106%	33%	33%	E4	Non réalisé	Aucun
Mirabilis	RT2012	121%	36%	36%	Non réalisé	Non réalisé	Aucun
Busserine	RT2012	40%	40%	40%	Non réalisé	Non réalisé	Aucun
Capelette	RT2012	63%	37%	24%	E3	C1	Aucun
Les Abeilles	RT2012	11%	11%	23%	Non réalisé	Non réalisé	Aucun

Performance énergétique globale (STD)				Etude du confort		Evaluation du bâtiment
Consommation en énergie finale tout usage [kWh/m².an] (hors PV)	Consommation en énergie primaire tout usage (hors PV)	Besoins de chauffage	Besoins de climatisation	Indicateur de confort utilisée	Niveaux de cet indicateur pour les salles de classe	Niveau de performance énergétique (Cep hors prod EnR)
Pas de STD dispo	Pas de STD dispo	Pas de STD dispo	Non refroidi	Pas de STD dispo	Pas de STD dispo	RT-30%
Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Température > 28°C	Inférieur entre 70 heures	RT-30%
Pas de STD dispo	42,6 kWh/m².an	Pas de STD dispo	Non refroidi	Température > 28°C	Inférieur entre 70 heures	RT-20%
Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Température > 26°C	Non définis	RT-30%
Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Température > 28°C	Inférieur à 70 heures	RT-20%
Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Pas de conso dispo	Température > 28°C et Givoni	Inférieur entre 70 heures	Réglementaire

















PLAN ECOLE D'AVENIR

24 Février 2021 |

RENCONTRE ECOCONSTRUCTION

33|

Typologie	• Enseignement
Surface	<ul style="list-style-type: none"> <li>• SU enseignement = 3008 m<sup>2</sup></li> <li>• SU restaurant = 436 m<sup>2</sup></li> </ul>
Altitude	• 5 m
Zone clim.	• H3
Classement bruit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• BR 3</li> <li>• CATEGORIE CE2</li> </ul>
BBio (W/m <sup>2</sup> .K)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bbio projet = 46,8</li> <li>• Bbio max = 107,1</li> <li>• Gain de 56 %</li> </ul>

Consommation d'énergie primaire (selon Effinergie)*	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cep max = 147 kWh/m<sup>2</sup>.an</li> <li>• Cep projet = 78,3 kWh/m<sup>2</sup>.an</li> <li>• Gain de 46,7 %</li> </ul>
Production locale d'électricité	• Non
Planning travaux Délai	• 24 mois y compris période de préparation – à compter de septembre 2018
Budget prévisionnel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prévu en conception :</li> <li>• 12 967 000 € HT</li> <li>• En réalisation :</li> <li>• 14 038 300 € HT</li> </ul>

**COÛT TOTAL PREVISIONNEL PROJET****14 038 300 € H.T.****Hors :**

- VRD / Parking : Sans objet
- Fondations spéciales\_442 000k€
- Prestataires intellectuels hors Moe\_142 000k€

dont

**HONORAIRES****MOE****1 381 114 € H.T.****RATIO(S)**

**3328 € H.T. / m<sup>2</sup> de sdp (3720)**  
**22 669 € H.T. / élève (572)**

# Matériaux : Béton bas carbone

- Production du béton in situ par LafargeHolcim Ciments /
- limitation du trafic
- Béton bas carbone initialement prévu que pour les planchers et dalles et finalement employé également pour les élévations et les éléments préfabriqués sur place comme les poutres.
- Réduction en CO2 de 60%
- Recyclage des eaux de lavage

	Volume m3	Formulation Béton		Réduction des émissions de CO2	*CCTP	*Conformité CCTP - Formule Béton CEM III/B 42,5 N LH/SR PM
		Ciment Type CEM I	CEM III/B 42,5 N LH/SR PM			
Béton de plancher et préfabrication : C30/37 XC1	1500	490140	197310	60%	>20%	✓
Béton de Voile : C30/37 XS1	1100	361108	143033			✓
Béton de fondation : C35/45 XS3	300	90357	35025			✓
Béton pour la réalisation des poutres : C40/50 XC1	200	64044	24696			✓
Bilan	3100	1005649	400064			✓

\* le CCTP impose une réduction des émissions de CO2 >20% par rapport à une formule traditionnelle (Type CEM I)

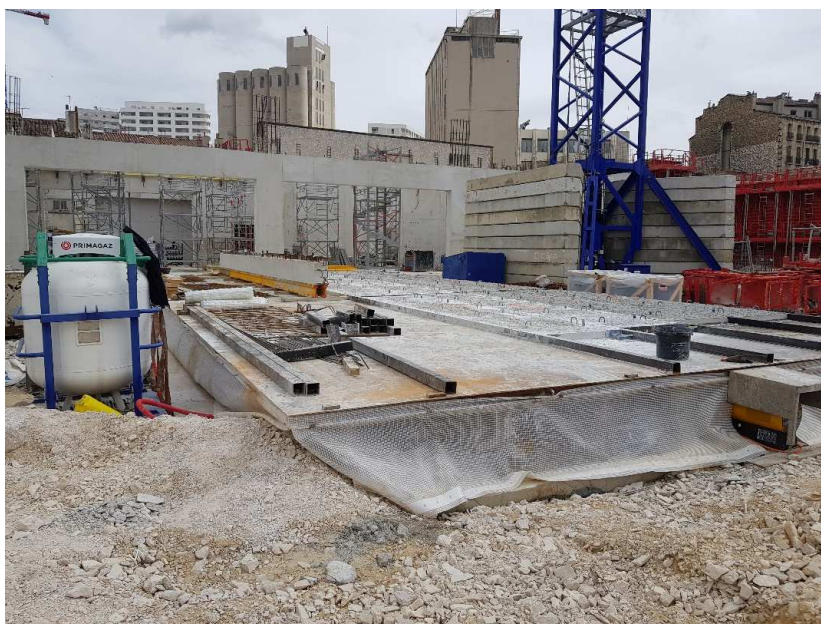




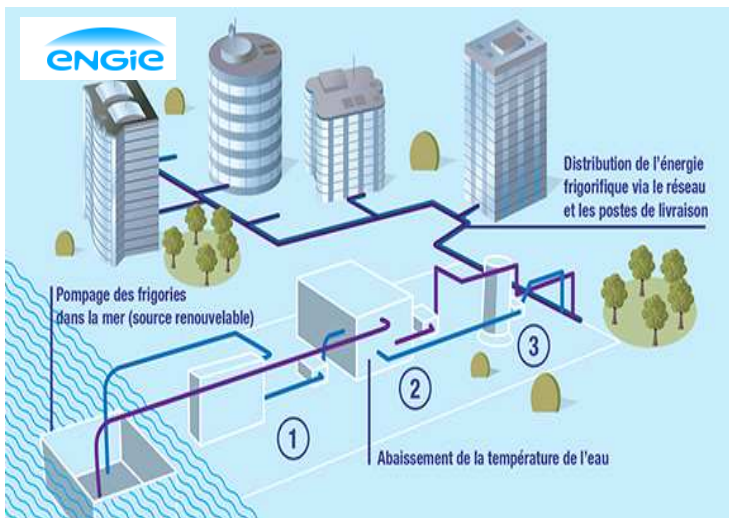
## Matériaux : Béton bas carbone

Nécessité au début du chantier de chauffer les éléments préfabriqués en béton bas carbone pour ramener leur temps de séchage à un temps « normal »,

**Difficulté résolue rapidement avec la mise au point de la formulation du béton !**



## Raccordement à la géothermie marine THASSALIA



# Energie

**CHAUFFAGE**

- Réseau de chaleur THASSALIA : 59/43°C contractuel – 200 kW
- Plancher chauffant chape liquide 35mm : 35/30°C faible inertie (45 min)
- Panneaux rayonnants dans les locaux de service
- Régulation Thermozyklus = régulation prédictive

**REFROIDISSEMENT**

- Réseau de froid THASSALIA : 7/15°C contractuel – 83 kW
- Plancher rafraichissant Chape liquide 35mm : 22°C faible inertie (45 min) – absorption 30 W/m²
- Régulation Thermozyklus = régulation prédictive

**ECLAIRAGE**

Eclairage LED  
 Puissance moyenne installée de 5,84 W/m² < 7W/mW/m²  
 Détecteur de présence + interrupteur de commande pour arrêt forcé  
 Raccordement sur la GTB

**VENTILATION**

- 4 VMC Double-flux avec échangeur rotatif CIAT
- 4 VMC Simple-flux
- Commande débit fixe + horloge

**ECS**

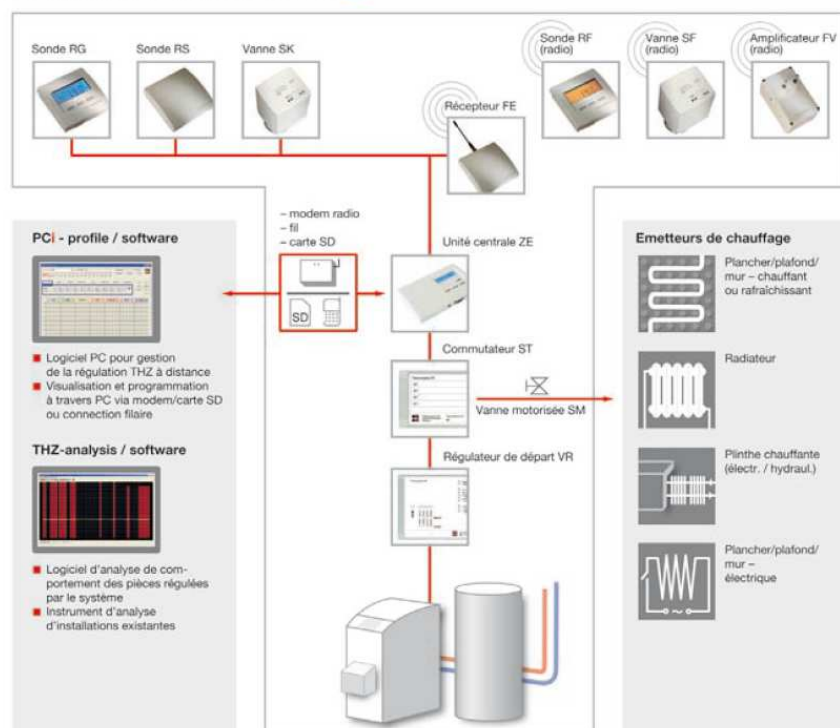
- Ballons d'eau chaude électriques individuels y compris pour la cuisine de préparation

**PRODUCTION D'ENERGIE**

- sans

- La régulation

### Le système **ThermoZYKLUS** ■



## Energie



Vannes de régulation installées dans les classes



Boitier borgne installé dans les classes





GRUPE SCOLAIRE RUFFI  
Rapport d'étude E+C-

Version : 01 – 15 octobre 2019  
Rédaction : BR2 – H3C-énergies



# Energie

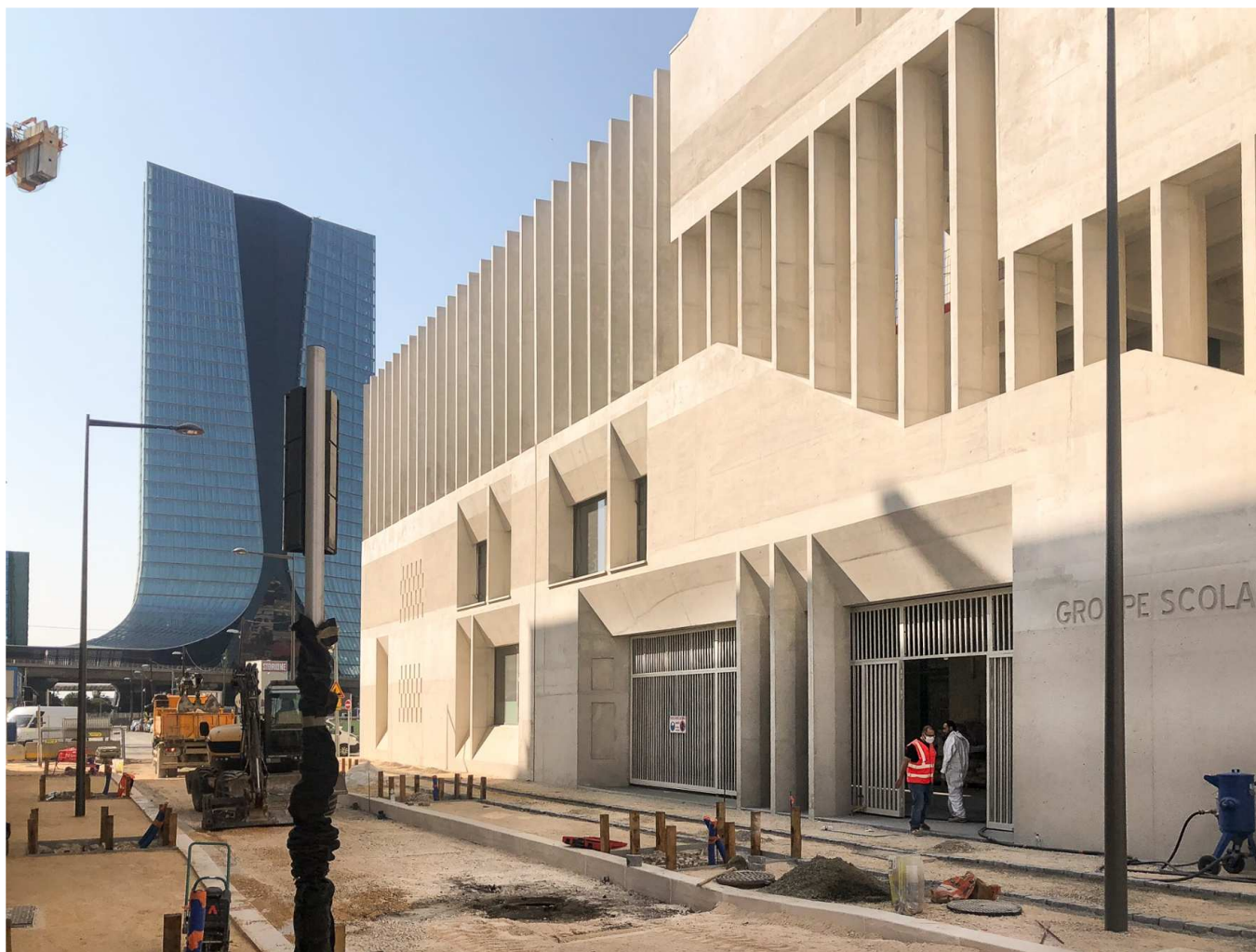
## Niveau visé et atteint E3 C1

Phase conception / calculs Elithis avec données disponibles :

- Conforme pour le E3
- Le projet atteint le niveau C1 pour la valeur Eges mais pas pour le garde fou Eges-pce,

Phase réalisation/ calculs refaits par H3C avec données réactualisées :

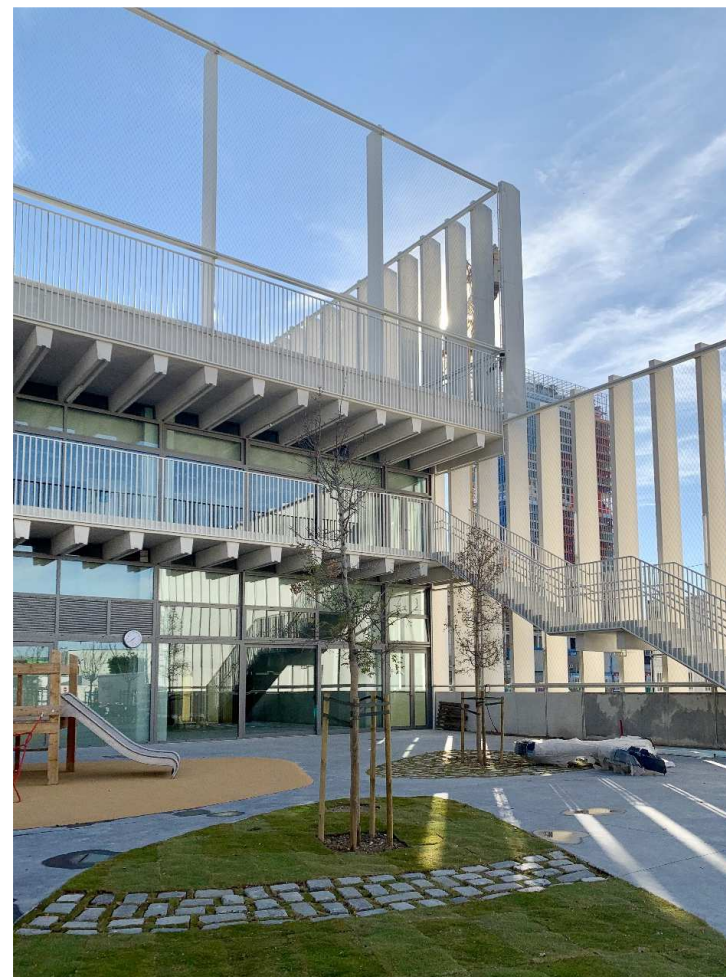
- Conforme pour le E3
- Le projet atteint le niveau C1 pour la valeur Eges et pour le garde fou Eges-pce,





PLAN ÉCOLE D'AVENIR

24 Février 2021 |



RENCONTRE ECOCONSTRUCTION

43 |





PLAN ÉCOLE D'AVENIR

24 Février 2021



RENCONTRE ECOCONSTRUCTION

44



PLAN ÉCOLE D'AVENIR

24 Février 2021



RENCONTRE ECOCONSTRUCTION

49

### CE QU'IL FAUT RETENIR

- Enjeu du juste dimensionnement du parc, un fort enjeu de performance énergétique
- Enjeu des indicateurs de performance énergétique, des ressources énergétiques
- Confort versus performance énergétique (enjeux d'utilisation pour des écoles)
- Enjeu du suivi : à toute les phases
- Performance versus marchés (public versus privé)
- Réhabilitation : référentiel et analyse par typologie architecturale

### JE VOUS REMERCIE