



Maître d'ouvrage :

DEPARTEMENT DE LA REUNION

6, impasse Rontaunay

97488 Saint Denis cedex

Tél. : 0262 90 86 86



RECONSTRUCTION DU COLLEGE GASTON CROCHET A LA PLAINE DES PALMISTES

Etude de valorisation des énergie renouvelables et biosourcées

ARCHITECTE : ATELIER GROUARD

79 rue du Maréchal Leclerc – 97400 Saint-Denis

☎ 02 62 21 74 06-



Rendu : Juillet 2020



BET Environnement

Technopôle de La Réunion -8, rue Henri Cornu - CS 61071 - 97475 SAINTE CLOTILDE Cedex

☎ : 02.62.21.54.43 - 📠 : 02.62.21.20.84 - ✉ : bet.imageen@imageen.re

Réalisé par :

GB

Vérifié par :

NF

Indice :

1

1. Préambule

Objectifs quantitatifs du SRCAE Réunion est de :

- le développement des énergies renouvelables pour atteindre 50% de part EnR dans le mix énergétique électrique en 2020 et aller vers l'autonomie électrique en 2030
- la réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et la maîtrise de la demande en énergie (MDE)
 - Réduire les émissions de GES de 10% en 2020 par rapport à 2011
 - Améliorer l'efficacité énergétique électrique de 10 % en 2020 et de 20% en 2030 par rapport à l'évolution tendancielle, soit réduire l'intensité énergétique électrique (exprimée en consommation d'énergie électrique/PIB en € constant 2000) de 19,1 tep/M€ en 2010 à 18,1 tep/M€ en 2020, et à 17,8 tep/M€ en 2030
 - Diminuer de 10% le volume d'importation du carburant fossile pour le secteur des transports en 2020 par rapport à 2011 (de 410ktep en 2011 à 369ktep en 2020)
 - Atteindre 50 à 60 % des logements équipés en eau chaude solaire (ECS) en 2020, et 70 à 80% en 2030

La présente étude passe en revue les solutions d'énergies renouvelables et/ou biosourcées pour principalement 3 usages :

- Le chauffage
- La production d'eau chaude
- La production photovoltaïque.

L'ensemble des solutions définis dans le dossier PRO sont les fruits des arbitrages du maître d'ouvrage.

1.1 Synthèse des actions retenues pour le collège Gaston Crochet

Usage et production	Solutions étudiée	Solution retenue
Chauffage	SOLUTION DE BASE : Chaudière fuel SOLUTION 1 : Pompe à chaleur air /eau SOLUTION 2 : Chauffage bois	Chauffage pour le collège : La solution pompe à chaleur a été retenue pour ce projet. Son impact environnemental est supérieur à une solution chaudière bois mais avec un coup de fonctionnement moindre. Il est à noter que la filière bois n'est pas structurée à La Réunion ce qui impacte son coût d'exploitation. Chauffage des logements : Les logements seront chauffés par l'intermédiaire d'un insert bois d'une puissance nominale de 10 kW, implanté dans le salon avec une distribution des chambres via des conduits de ventilation.
Production de l'eau chaude sanitaire	Production électrique Production solaire	Gymnase et Restauration : La production d'eau chaude sanitaire est réalisée par une production et stockage centralisés avec un appoint électrique en circuit ouvert. L'installation d'eau chaude est dimensionnée avec un taux de couverture solaire annuel de 70% . Logements : La production de l'eau chaude sanitaire est assurée par des installations solaires individuelles avec un ballon de stockage vertical individuel avec échangeur noyé. Il sera équipé d'une résistance d'appoint à commande temporisée et manuelle. <i>Nota la production solaire est une exigence réglementaire pour les logements</i>
Production photovoltaïque	Production en autoconsommation selon les critères du cahier des charges ADEME Production en revente sur le réseau électrique	Au vu de la situation géographique du projet, une production photovoltaïque sans aide ne peut être amortie au cours de sa durée de vie.
Mesures MDE	Conception bioclimatique Limiter les consommations de l'éclairage artificiel	Cf Notice environnementale En complément de l'éclairage naturel, l'éclairage artificiel est dimensionné à 300 lux en moyenne et est assuré par des luminaires LED de 48 ou 36 W.

Nota : le projet ayant fait l'objet d'une démarche de qualité environnementale, ce rapport ne reprend qu'une partie des études réalisées d'optimisation thermique, énergétique et environnementale.

2. Etude de système de chauffage Collège Gaston Crochet :

Le bilan de chauffage est réalisé par simulation thermique dynamique sur un échantillon de locaux par catégorie d'usage et d'occupation.

1.2 Hypothèse d'étude

Fichier météo annuel : Station de la plaine des palmistes

Occupation et charges internes

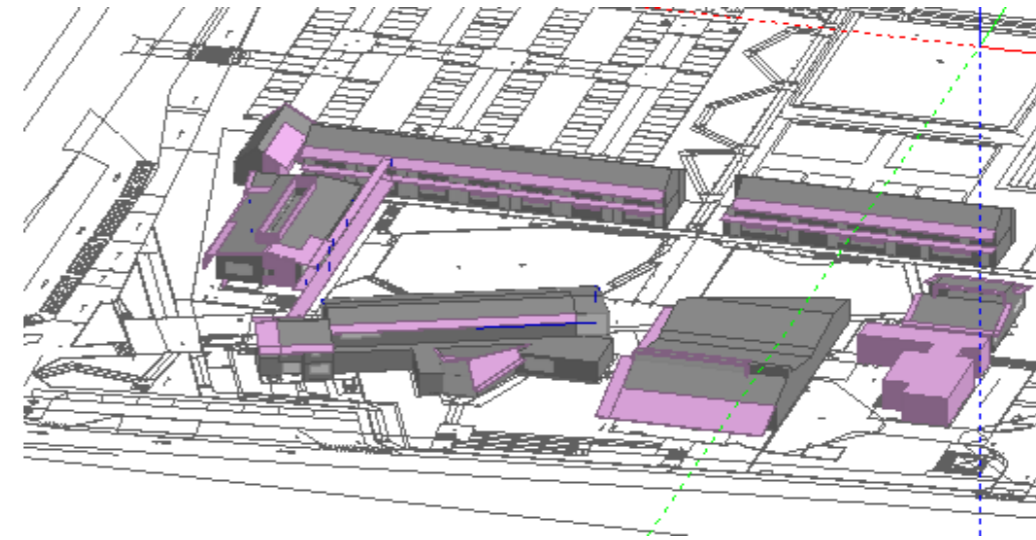
- **Occupation** : 32 personnes dans les salles de classe ; 1 personnes dans les bureaux ; 264 personnes dans la salle de restauration.
- o Charge interne : 133 W par personne :
 - Charge sensible : 72 W
 - Charge latente : 61 W

Traitement du renouvellement:

- 18 m³/h dans pour les salles de classe.
- 18 m³/h pour les autres locaux.

Données structurelles :

- **Composition des parois** : Mur béton isolé avec 7 cm d'isolant : $U=0,22 \text{ W/m}^2.\text{K}$.
- **Composition des vitrages** : baie montée en double vitrage : $U=3 \text{ W/m}^2.\text{K}$.
- **Toiture** : Toiture tôle avec 10 cm d'isolant : $U=0,46 \text{ W/m}^2.\text{K}$.



Eclairage:

Salles de cours

	Surface	Nb	P installée
Salle banalisée	50	6 x 48 W 2 x 35 W	358 W
Salle de science	75,2	6 x 48 W 2 x 35 W	358 W
Salle art	62,7	6 x 48 W 2 x 35 W	358 W
Salle informatique	60	4 x 48 W 2 x 35 W	262 W

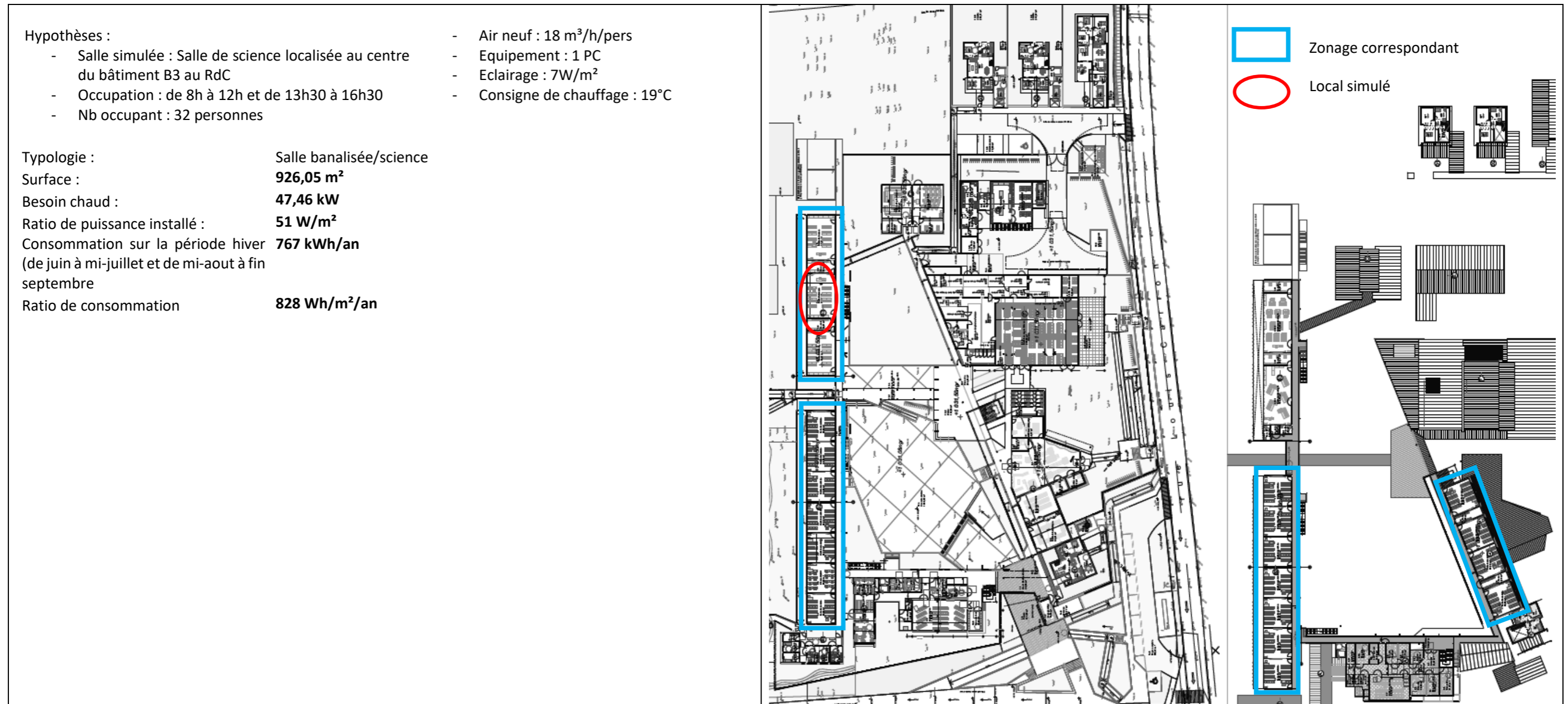
Bureau

	Surface	Nb	P installée
Bureau CPE	11,59	2 x 36 W	72 W
Salle surveillant	20	3 x 36 W	108 W
Bur princ. adj.	15	2 x 36 W	72 W
Bur princ.	21,76	2 x 36 W	72 W

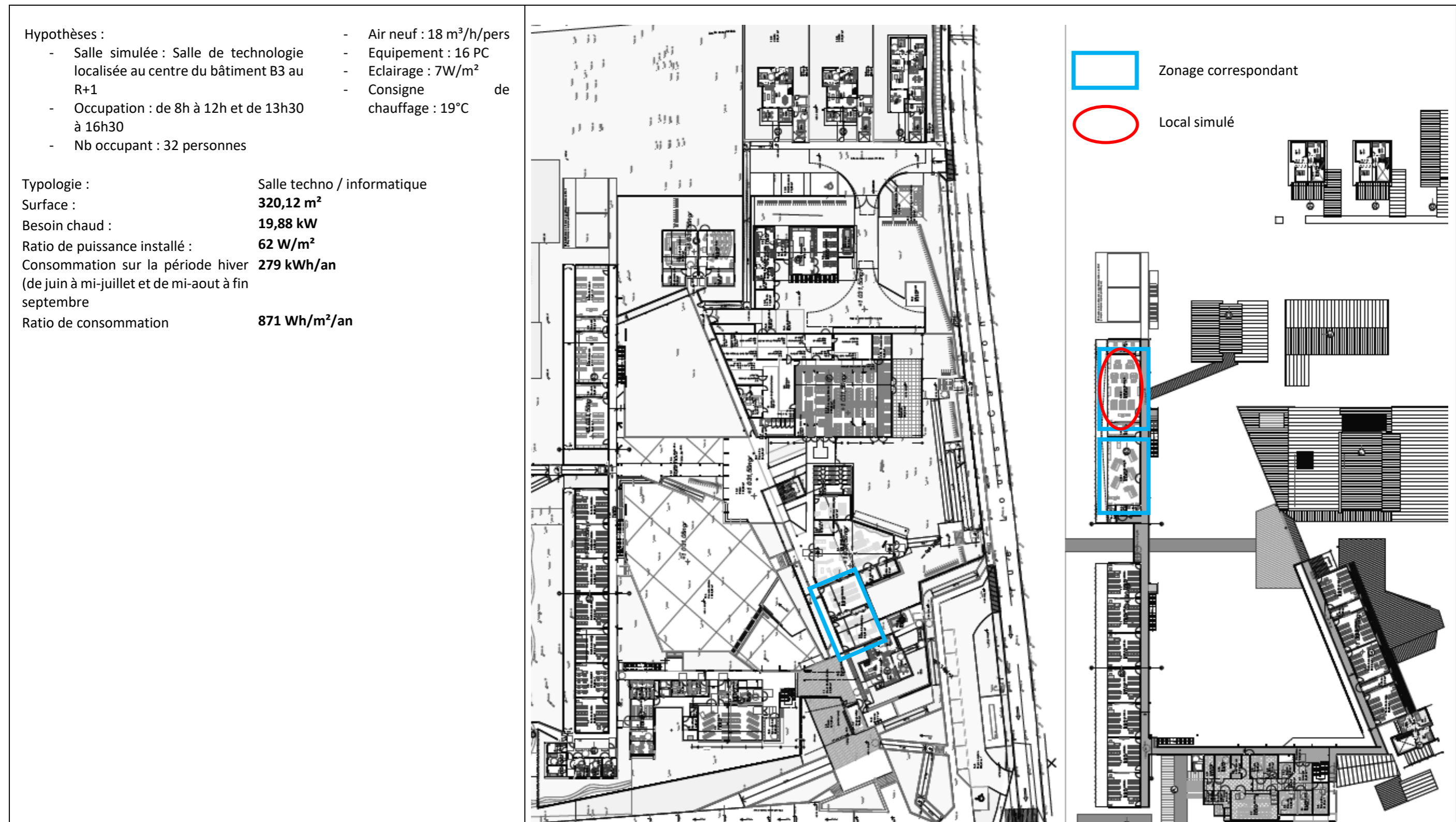
Salle de réunion et d'étude

	Surface	Nb	P installée
Salle des professeurs	60	4 x 48 W	192 W
Salle d'études	100,59	4 x 36 W 4 x 48 W	336 W
Salle de réunion	60,76	8 x 48 W	192 W

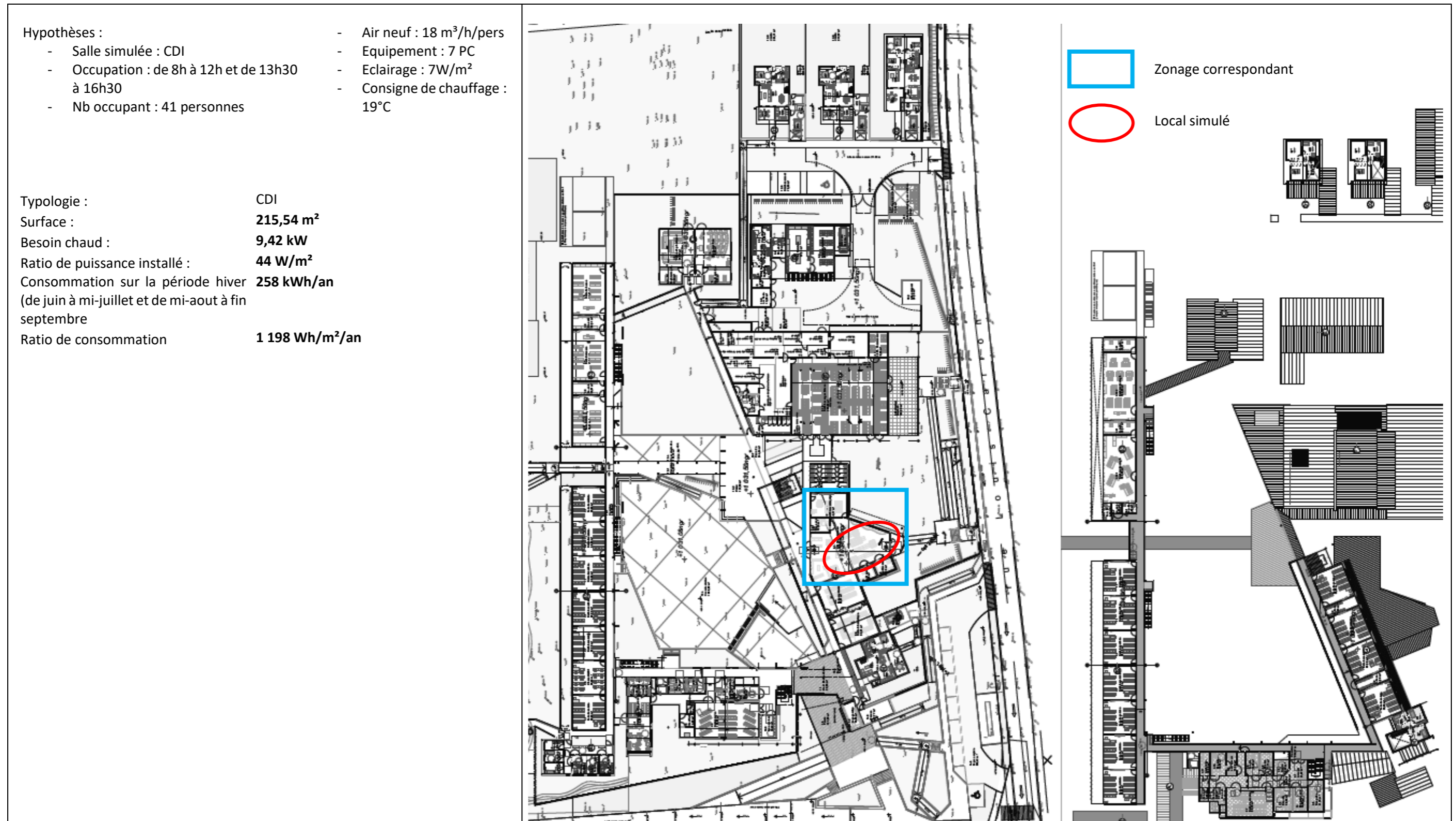
1.3 Salles de cours banalisées et salles de sciences :



1.4 Salles de technologie, salles informatique et multimédia :



1.5 CDI, Bureau et salle de travail :



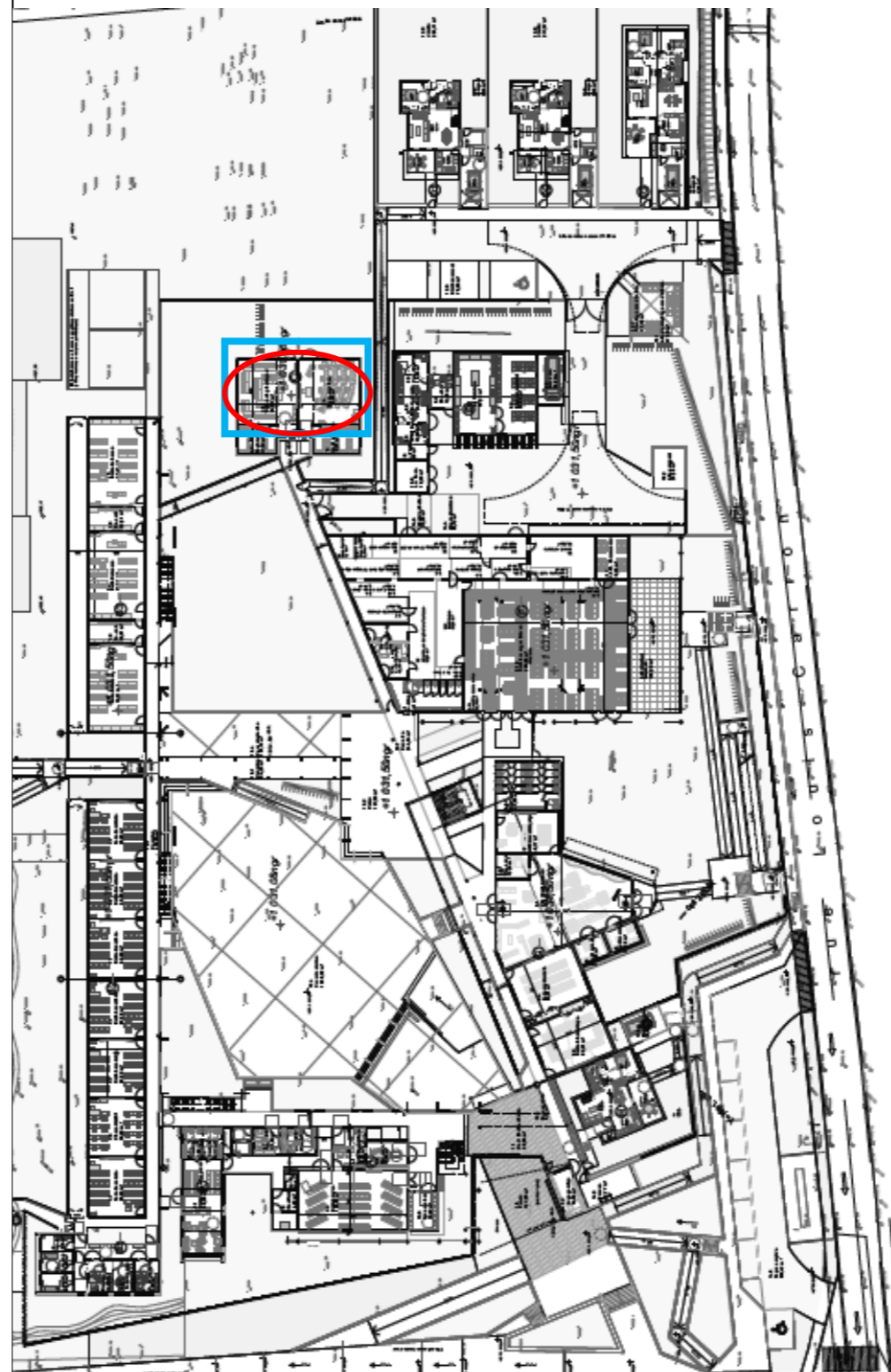
1.6 Salles de musique et art plastique :


Hypothèses :

- Salle simulée : Salle de musique et d'art plastique
- Occupation : de 8h à 12h et de 13h30 à 16h30
- Nb occupant : 32 personnes/salle
- Air neuf : 18 m³/h/pers
- Equipement : 1 PC
- Eclairage : 7W/m²
- Consigne de chauffage : 19°C

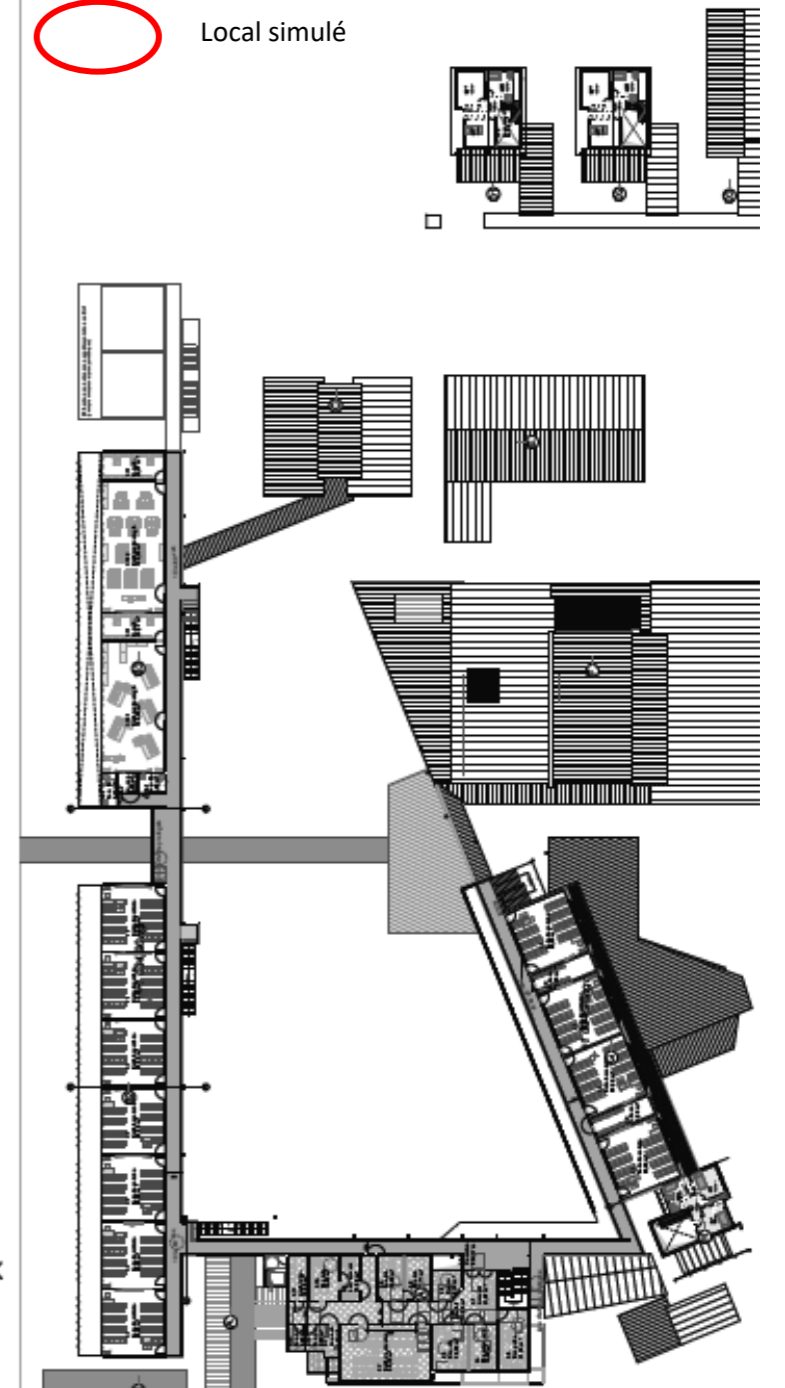
Typologie :

Surface :	Musique / art plastique
Besoin chaud :	127,00 m²
Ratio de puissance installé :	7,82 kW
Consommation sur la période hiver (de juin à mi-juillet et de mi-aout à fin septembre)	60 W/m²
Ratio de consommation	437 kWh/an
	3 439 Wh/m²/an

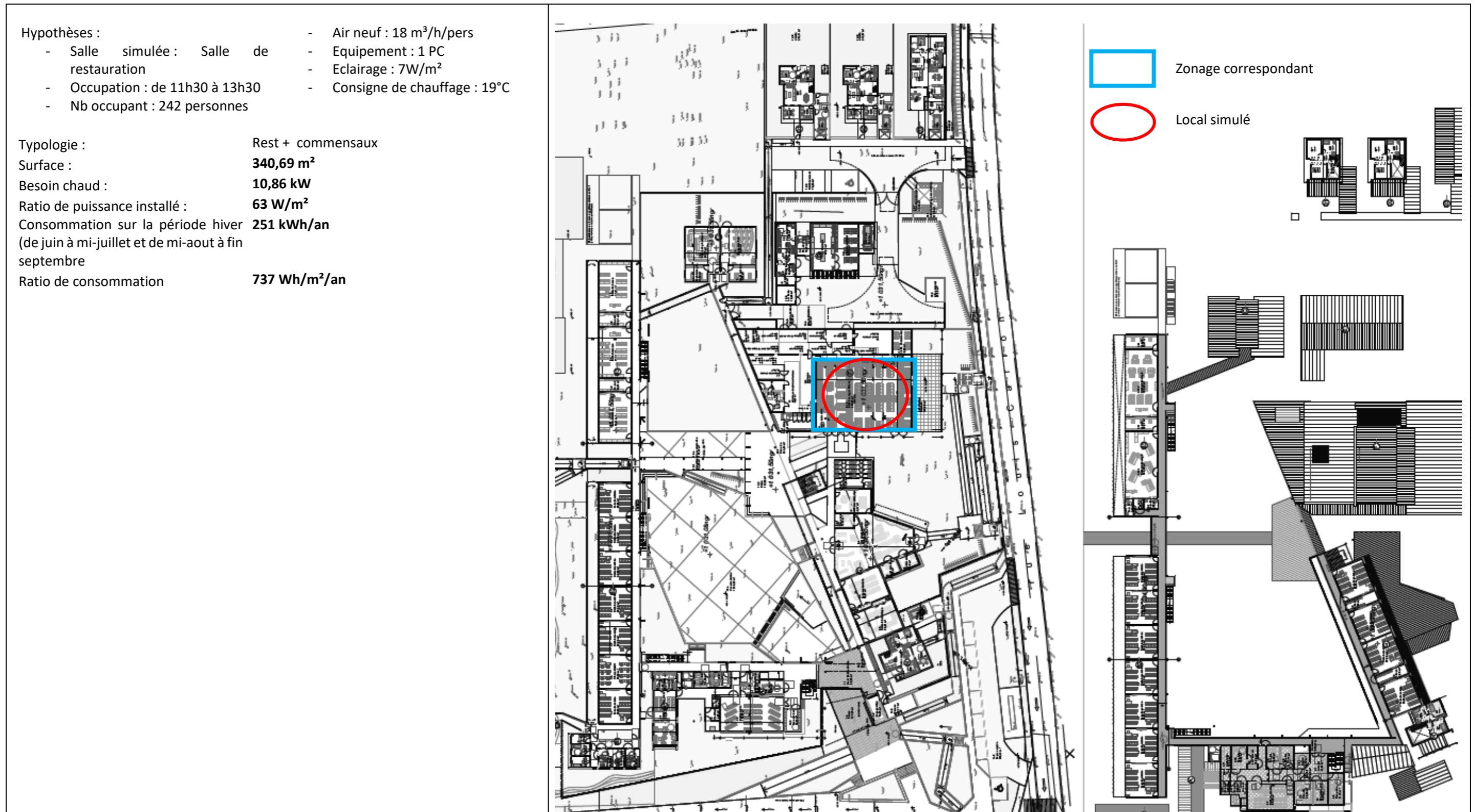


 Zonage correspondant

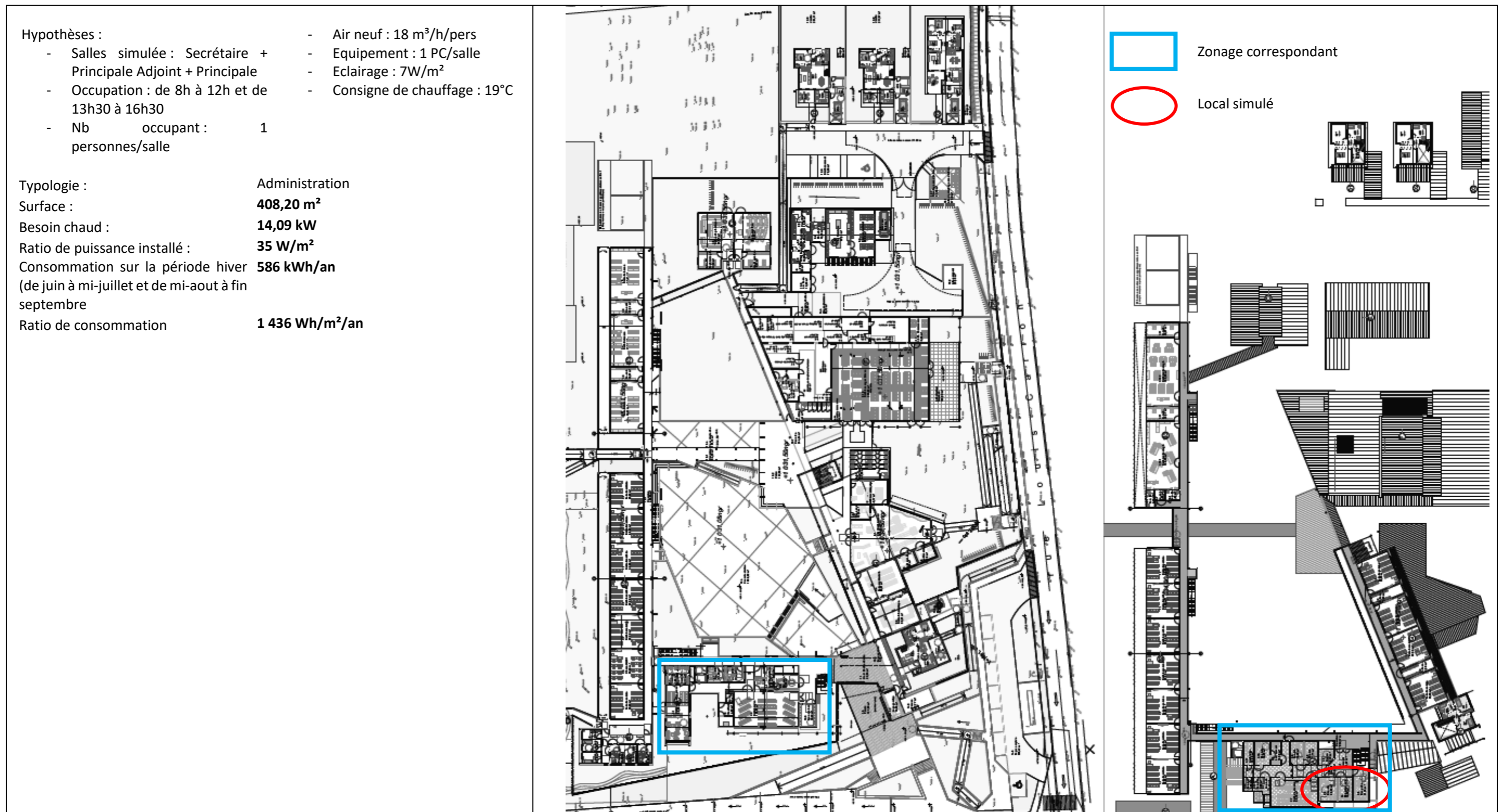
 Local simulé



1.7 Salles restauration et commensaux :



1.8 Administration :



1.9 Bilan du besoin en chauffage du collège (hors logements)

Le bilan total en besoin de chauffage pour la période hivernale, hors vacances scolaire est de 109 kW. La puissance nécessaire à ce chauffage en tenant compte du foisonnement du fonctionnement est de **98,7 kW**.

Typologie	Surface m ²	en Besoin (kW)	chaud Ratio (W/m ²)	Consommation kWh/an	Ratio (Wh/m ²)
Salle banalisée/science	926,05	47,5	51	766,8	828
Salle techno / informatique	320,12	19,9	62	278,8	871
CDI	215,54	9,4	44	258,2	1198
Administration	408,2	14,1	35	586,3	1436
Musique / art plastique	127	7,8	60	436,7	3439
Rest + commensaux	340,69	10,9	63	251,2	737
Total collège	2 337,6	98,7¹	42	2 578,0	1103

1.10 Etude comparative des systèmes de production de chauffage

Trois solutions sont comparées :

- Chaudière fuel
- Pompe à chaleur air /eau
- Chauffage bois

Dans les trois cas, il s'agit d'une production centralisée avec un réseau de distribution en boucle d'eau chaude, une double pompe de distribution et des ventilo-convecteurs comme terminaux dans les différents locaux.

Dans la suite des études et comme l'ensemble de ces éléments sont communs aux trois installations, ils ne seront pas pris en compte en cout d'investissement et en entretien. Seule la production est comparée.

¹ Bilan de puissance foisonné sur le collège

SOLUTIONS TECHNIQUES	SOLUTION DE BASE Chaudière fuel	SOLUTION 1 Pompe à chaleur air /eau	SOLUTION 2 Chauffage bois
Description des installations	Chaudière fioul, rendement 97%, puissance de 98 kW, réseau d'eau 50/30°C, conso fioul 7,4/10,5 kg/h ou 8,7/12,4 l/h 1ère et 2ème allure, débit de la pompe 70l/h marque De DIETRICH Possibilité de mettre un collecteur pour obtenir trois circuits maximums (admin/enseignement et CDI-Cuisine)	Pompe à chaleur, COP 4,8, puissance de 118 kW, réseau d'eau 40/30°C, 2 compresseurs INVERTER, marque Viessman Energie électrique : 39kWé	Chaudière à granulés munie d'un stock à granules ou plaquette forestière avec vis sans fin, possibilité de silos enterré ou avec une bâche souple, rendement 95%, cheminée d'échappement en diamètre 200, réseau d'eau 70/78°
Durée de vie des installations	20 ans	15 ans	20 ans
Avantages	La chaudière à condensation : - Système robuste, fiable et efficace,	- Mise en œuvre simple - L'installation est peu coûteuse en comparaison des autres solutions - Entretien faible - Alimentation électrique pas de nécessité de surveillance de la disponibilité du combustible	- Les performances des appareils de chauffage au bois sont en constante amélioration. - Combustible en plaquette est un produit réunionnais - Énergie renouvelable
Inconvénients	- Entretien important lié à l'encrassement du bruleur et des conduits de fumés - Encombrement lié au stockage de combustible - Énergie non renouvelable (fossile)	- Système bruyant attention à la mise en œuvre et la propagation des bruits aériens et de vibration, - Energie non renouvelable (fossile)	- Investissement élevé - Entretien important lié à l'encrassement de la chaudière et des conduits de fumés - Encombrement lié au stockage de combustible
Budget d'investissement (€ HT)	13 500€HT Stockage de fuel (10 000litres enterré) : 1 500€HT Soit un total de 1 5000 €HT (amortissement sur 20 ans de la chaudière 750 €/an)	20 500€HT (amortissement sur 15 ans 1 366€/an)	Chaudière : 30 000€HT, Silo aérien 3 m ³ : 2 000 €, Système de transfert des granulés ou plaquette forestière : 1 500 €HT Soit un total rendu avec un stockage de 2 tonnes : 33 500€HT. (amortissement sur 20 ans 1 625 €/an)
Puissance installée	98 kW	118 kW	-
Besoin de chauffage	2 578 kWh_{Cal}	2 578 kWh_{Cal}	2 578 kWh_{Cal}
Rendement énergétique	97%	4,8	95%
Puissance électrique absorbée	-	24.6 kW _{elec}	-
Consommation énergétique	Besoin énergétique : 2 658 kWh Pouvoir calorifique moyen à 9,96 kWh par litre 267 l/an	537 kWh _{elec}	Besoin énergétique : 2 713 kWh PCI résineux de 4,1 kWh/kg à 20 – 25 % d'humidité 662 kg/an
Budget annuel de consommation énergétique	Cout unitaire : 0,58 €/l Cout énergétique : 154 €/an	Cout unitaire : 0,13 €/kWh Cout énergétique : 70 €/an	Cout unitaire : 120 €/1,5 m ³² en big bag Cout énergétique : 240 €/an
Impact environnementale	720 KgCO ₂ /an	438 Kg CO ₂ /an	-
Budget annuel d'entretien	Base deux visites par an 1040 €/an	Base une visite par an 390 €/an	Base deux visites par an 1 040 €/an
Budget de maintenance	5 400 € sur la durée de vie de la chaudière soit 270 €/an	4 100 € sur la durée de vie de la chaudière soit 273 €/an	4 500€ sur la durée de vie de la chaudière soit 225 €/an
Budget annuel de fonctionnement	2 214 €/an	2 099 €/an	3 180 €/an

Dans cette étude comparative il n'est pas possible de calculer un temps de retour sur investissement car la solution la moins couteuse à l'investissement est également la plus retable en exploitation : la solution pompe à chaleur air/eau représente un investissement de 20 500 € pour un coût d'exploitation annuel de 2 099 € (amortissement compris).

² 1 mètre cube pèse entre 300 et 350 kilogrammes suivant l'essence et le taux d'humidité.

1.11 Solution retenue par le maître d'ouvrage

La solution pompe à chaleur a été retenue pour ce projet, l'impact environnemental supérieur à une solution chaudière bois mais avec un coup de fonctionnement moindre. Il est à noter que la filière bois n'est pas structurée à La Réunion ce qui impacte son coût d'exploitation.

Il est nécessaire de distinguer le système de chauffage des logements et du collège. En effet, le chauffage du collège sera indépendant de celui des logements.

1.11.1 Chauffage du collège :

Le chauffage des locaux sera assuré par une production d'eau chaude composée de deux pompes à chaleur monobloc air/eau disposant de module hydraulique à pompes doubles, à vitesse variable. La distribution se fera par des vannes terminales deux voies.

Les systèmes seront localisés dans un local technique aéré afin de limiter l'impact sonore et augmenter leur durée de vie.

A partir des différentes productions, un réseau d'eau chaude en 40/45°C cheminera vers les terminaux dans les faux plafonds.

Le principe est de maintenir dans les locaux une température de 19°C et un niveau d'hygrométrie inférieur à 80%. Le chauffage des locaux sera réalisé par l'intermédiaire de ventilo-convecteurs carrossés.

Les ventilo-convecteurs serviront uniquement à traiter les déperditions des locaux. La part de l'air neuf sera traitée par les batteries chaudes des CTA pour les bâtiments qui en sont munis.

Planning de fonctionnement

Poste	Coefficient d'utilisation	Coefficient de foisonnement	Plage de fonctionnement journalière	Nombre de jour sur une année
Effectif		70%	8h – 12h 13h – 17h	173 jours
CTA traitement d'air	100%	70%	8h – 12h 13h – 17h	50 jours
Chauffage des salles sur serre	En fonction de la simulation dynamique	70%	7h à 10h	36 jours
Chauffage des autres locaux	En fonction de la simulation dynamique	70%	7h – 12h 13h – 17h	50 jours
Chauffage de la salle de restauration	En fonction de la simulation dynamique	100%	11h à 13h	50 jours
Equipements des salles	50%	70%	8h – 12h 13h – 17h	173 jours
Postes informatiques-Administration	100%	80%	8h – 12h 13h – 17h	173 jours
Eclairage	50%	70%	8h à 12 13h à 17h	173 jours

Le coefficient de foisonnement de 70% correspond à un taux estimatif de remplissage des salles.

Répartition des jours

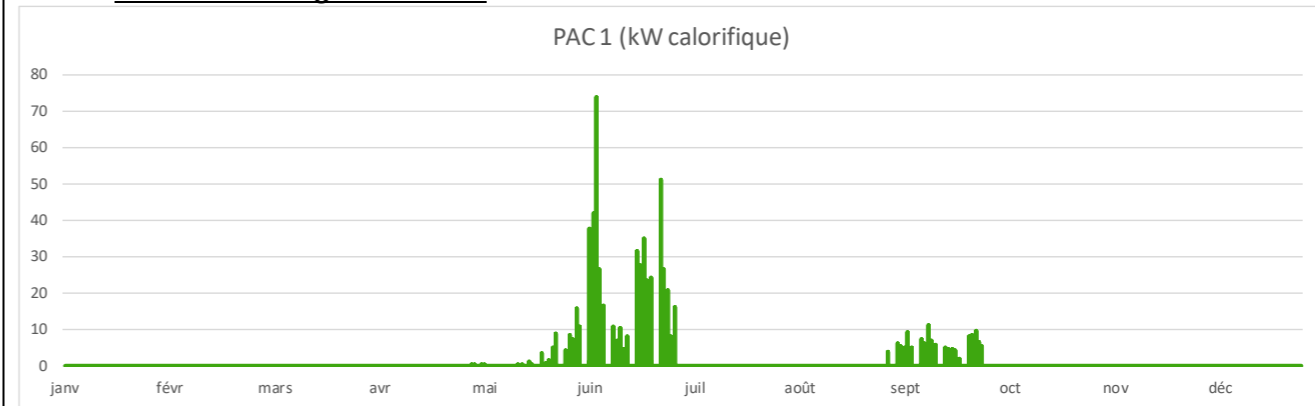
	janvier	février	mars	avril	mai	juin	juillet	août	septembre	octobre	novembre	décembre	
lun-ven	9	20	12	20	9	21	6	10	20	13	21	12	173
vacances	13	0	10	0	10	0	15	12	0	10	0	9	79
sam et dim	8	8	9	9	8	9	9	8	10	8	7	8	101
férié	1	0	0	1	4	0	1	1	0	0	2	2	12
total	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	365

Résultats du bilan thermique

PAC 1

	PAC 1 (kW calorifique)	Horaire
Bâtiment A	15,94 kW	A partir de 7 h
Bâtiment B1	2,6 kW	A partir de 7 h
Bâtiment B2	23,9 kW	A partir de 7 h
Bâtiment G	31,36 kW	A partir de 7 h
Total	73,8 kW	

Profil de chauffage de la PAC 1

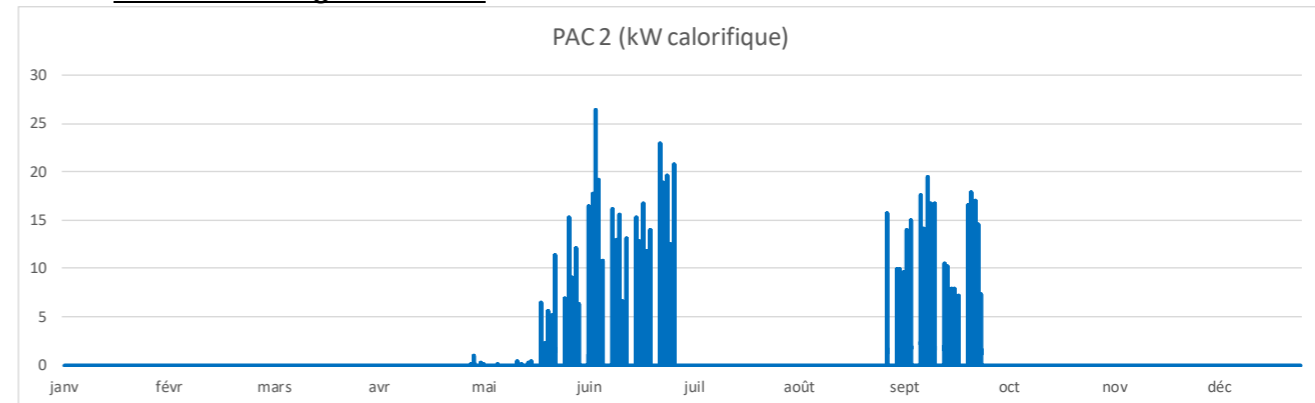


La simulation thermique présente un besoin maximal sur la PAC 1 de **73,8 kW** chaud. Sur cette PAC, le besoin maximal des salles de classe et des bureaux coïncide.

PAC 2

	PAC 2 (kW calorifique)	Horaire
Bâtiment B3	23 kW	A partir de 7 h
Bâtiment C	4,9 kW	A partir de 7 h
Bâtiment F	20,89 kW	A partir de 8 h en utilisation exceptionnelle
	17,61 kW	A partir de 11 h en utilisation normal.
Total foisonné	27,9 kW	

Profil de chauffage de la PAC 2



Sur la PAC 2, les salles de classe et celle de restauration ne fonctionnent pas de manière simultanée. La puissance de la PAC est de **27,9 kW**.

Les PAC auront des COP des ESEER > 4,5.

1.11.2 Chauffage des logements :

Les logements seront chauffés par l'intermédiaire d'un insert bois d'une puissance nominale de 10 kW, implanté dans le salon avec une distribution des chambres via des ventilateurs.

Les caractéristiques dimensionnant sont présentées dans le CCTP CVC



2. Production de l'eau chaude sanitaire pour le site

2.1 Production pour le collège et les équipements sportifs

Besoin en eau chaude :

	Gymnase	Restauration
Besoin unitaire	20l/per/jour à 60°C	4l/repas à 60°C
Volume total / jour	1 200l	1 920
Besoin énergétique annuel	22 378 kWh/an	35 837 kWh/an
Coût de l'énergie électrique	2 910 €/an	4 659 €/an
Economie financière avec une installation solaire	2 040 €/an	3 260 €/an
Impact environnementale		

2.1.1 Gymnase et Restauration :

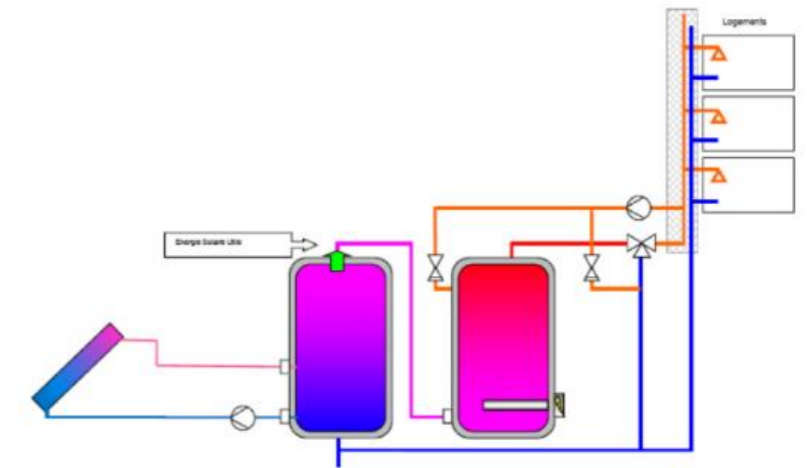
Production et stockage centralisés :

La production d'eau chaude sanitaire est réalisée par une production mixte (solaire et appoint électrique en circuit ouvert).

L'installation d'eau chaude est dimensionnée avec un taux de couverture solaire annuelle de 70%.

A partir du local technique de production d'eau chaude, la distribution d'eau chaude sera assurée par des colonnes maintenues en température par un bouclage hydraulique (pompe de circulation).

Chaque cuve de stockage sera équipée de résistances électriques de 2 à 9 kW en fonction du volume de stockage.



DONNEES DE BASES

Besoins unitaires en eau chaude collectif pour Gymnase (Hors restauration et buanderie) (Tableau page 18)	20 l/pers/jour
Température eau froide	16 °C
Température eau mitigée	35 °C
Température de stockage	60 °C

CONSUMMATION POUR LES VESTIAIRES ET DOUCHES COMMUNES

Débit par douche par personne = l/pers à 60°C	20 l/pers
Nombre de personnes	26 u
Nombre de douches	26 u
Nombre de personnes / tranche horaire	30
Nombre de tranche horaire	2 u
Nombre de personnes / jour	60 pers/jour
Débit total / jour	1200 l/jour

CONSUMMATION TOTALE

Besoin (l/Jour) à 60°C	1200 l/jour
--------------------------	--------------------

VOLUME DE STOCKAGE (Vs)

Vu = Volume d'eau utile (Besoin)	1200 l/jour
Tu = Température d'utilisation (°C)	55 °C
Tp = Température de production (°C)	60 °C
Tf = Température d'eau froid (°C)	16 °C
Stockage brut => Vs = Vu x [(Tu - Tf)/(Tp - Tf)]	1064 litres
Coefficient de foisonnement	1,05
Stockage foisonné	1117 litres
Stockage réel	1200 litres

Donnees meteo

Mois	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T° extérieure	19,1	19,2	18,8	17,8	16	14,1	13,1	13	13,4	14,4	15,7	17,6
T° eau froide	17,6	17,6	17,4	16,9	16	15,1	14,6	14,5	14,7	15,2	15,9	16,8

T° eau froide : Methode ESM2

Installation

Capteurs		Stockage	
Surface	30,16 m ²	Situation	Exterieur
Vitosol 200-F SV2A et SH2A VIESSMANN (13 x 2,32 m ²)		Temperature ECS	60 °C
Inclinaison	14 °/Horiz	Volume de stockage	1200 Litres
Orientation	49°/Nord	Cste de refroidissement	0,1275Wh/jour.l.°C
(°)Coefficient B	0,8	Type d'installation	Circulation forcee, echangeur noye
(°)Coefficient K	5,1W/m ² .°C		

	Irradiation capteurs (Wh/m ² .jour)	Besoins (kWh/mois)	Apports (kWh/mois)	Apports (kWh/jour)	Taux (%)	Volume (litres)
Janvier	3726	1834	1413	45,6	77,0	1200
Fevrier	4114	1656	1327	47,4	80,1	1200
Mars	4246	1842	1454	46,9	78,9	1200
Avril	4127	1804	1311	43,7	72,7	1200
Mai	3502	1903	1133	36,6	59,6	1200
Juin	3568	1879	1021	34,0	54,3	1200
Juillet	3464	1964	1064	34,3	54,2	1200
Aout	3728	1968	1224	39,5	62,2	1200
Septembre	4413	1896	1405	46,8	74,1	1200
Octobre	3991	1938	1441	46,5	74,4	1200
Novembre	4212	1846	1454	48,5	78,8	1200
Decembre	4178	1868	1499	48,4	80,2	1200

Taux couverture solaire	70,3 %	Apport solaire annuel	15746 kWh/an
Besoin annuel	22398 kWh/an	Productivite annuelle	522 kWh/m ² .an

(*) données Tecsol validée par VIESSMANN

2.1.2 PRODUCTION ECS SOLAIRE N°2 (CUISINE) :

DONNEES DE BASES	
Température eau froide	16
Température d'utilisation eau chaude	55
Température de stockage	60°C

CONSOMMATION POUR LA RESTAURATION (Sur place)	
Consommation (L / Repas) à 60°C	4
Nombre de repas / j	480
Débit total / jour	1920

CONSOMMATION POUR LA RESTAURATION (satellite)	
Consommation (L / Repas) à 60°C	3
Nombre de repas / j	
Débit total / jour	0

VOLUME DE STOCKAGE (Vs) - Cuisine	
Vu = Volume d'eau utile (Besoin)	1920
Tu = Température d'utilisation (°C)	55
Tp = Température de production (°C)	60
Tf = Température d'eau froid (°C)	16
Stockage brut => Vs = Vu x [(Tu - Tf)/(Tp - Tf)]	1702
Coefficient de foisonnement	1,2
Stockage foisonné	2042
Stockage réel Cuisine	

Donnees meteo

Mois	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T° extérieure	19,1	19,2	18,8	17,8	16	14,1	13,1	13	13,4	14,4	15,7	17,6
T° eau froide	17,6	17,6	17,4	16,9	16	15,1	14,6	14,5	14,7	15,2	15,9	16,8

T° eau froide : Methode ESM2

Installation

Capteurs		Stockage	
Surface	46,4 m2	Situation	Exterieur
Vitosol 200-F SV2A et SH2A VIESSMANN (20 x 2,32 m²)		Temperature ECS	60 °C
Inclinaison	10 °/Horiz	Volume de stockage	2000 Litres
Orientation	49°/Nord	Cste de refroidissement	0,0851Wh/jour.l.°C
(°)Coefficient B	0,8	Type d'installation	Circulation forcee, échangeur noyé
(°)Coefficient K	5,1W/m2.°C		

	Irradiation capteurs (Wh/m2.jour)	Besoins (kWh/mois)	Apports (kWh/mois)	Apports (kWh/jour)	Taux (%)	Volume (litres)
Janvier	3764	2934	2275	73,4	77,5	1920
Fevrier	4147	2650	2136	76,3	80,6	1920
Mars	4261	2948	2339	75,5	79,3	1920
Avril	4111	2886	2106	70,2	73,0	1920
Mai	3467	3045	1818	58,6	59,7	1920
Juin	3507	3007	1637	54,6	54,4	1920
Juillet	3416	3142	1708	55,1	54,4	1920
Aout	3705	3149	1967	63,4	62,5	1920
Septembre	4416	3034	2263	75,4	74,6	1920
Octobre	4017	3100	2321	74,9	74,9	1920
Novembre	4255	2953	2344	78,1	79,4	1920
Decembre	4225	2989	2417	78,0	80,8	1920

Taux couverture solaire	70,7	%	Apport solaire annuel	25329	kWh/an
Besoin annuel	35837	kWh/an	Productivite annuelle	546	kWh/m2.an

2.1.3 Salle des Profs, agents; Factotum et sanitaire infirmerie.

Il sera prévu un chauffe-eau électrique instantané d'une puissance de 6kW.

2.2 Logement :

La production de l'eau chaude sanitaire consistera à récupérer des calories par l'intermédiaire de panneaux solaires.

Un ballon de stockage vertical individuel avec échangeur noyé sera installé dans chaque logement.

L'alimentation du ballon en eau est réalisée par le réseau d'eau froide de chaque logement.

La circulation de l'eau entre le ballon et les capteurs sera assurée par un circulateur situé à proximité des ballons, géré par un module de régulation.

Il sera équipé d'une résistance d'appoint à commande temporisée et manuelle.

Donnees meteo

Mois	Janv	Fev	Mars	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
T° exterieure	19,1	19,2	18,8	17,8	16	14,1	13,1	13	13,4	14,4	15,7	17,6
T° eau froide	20,6	20,6	20,4	19,9	19	18,1	17,6	17,5	17,7	18,2	18,9	19,8

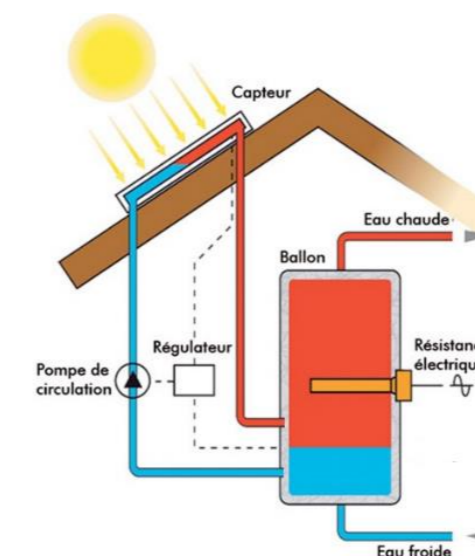
T° eau froide : Methode ESM2 +3.0°C

Installation

Capteurs		Stockage	
Surface	6,72 m ²	Situation	Exterieur
SPS TECHNIFROID (3 x 2,24 m ²)		Temperature ECS	60 °C
Inclinaison	17 °/Horiz	Volume de stockage	300 Litres
Orientation	49°/Nord	Cste de refroidissement	0,1807Wh/jour.l.°C
(°)Coefficient B	0,76	Type d'installation	Circulation forcee sans échangeur
(°)Coefficient K	4,73W/m2.°C		

	Irradiation capteurs (Wh/m2.jour)	Besoins (kWh/mois)	Apports (kWh/mois)	Apports (kWh/jour)	Taux (%)	Volume (litres)
Janvier	3692	355	280	9,0	78,8	250
Fevrier	4081	321	262	9,4	81,8	250
Mars	4226	357	286	9,2	80,2	250
Avril	4130	350	255	8,5	73,0	250
Mai	3521	369	216	7,0	58,5	250
Juin	3606	365	191	6,4	52,2	250
Juillet	3491	382	200	6,4	52,3	250
Aout	3737	383	235	7,6	61,4	250
Septembre	4402	369	275	9,2	74,5	250
Octobre	3963	377	284	9,2	75,4	250
Novembre	4173	358	287	9,6	80,1	250
Decembre	4134	362	296	9,6	81,8	250

Taux couverture solaire	70,6	%	Apport solaire annuel	3068	kWh/an
Besoin annuel	4348	kWh/an	Productivite annuelle	456	kWh/m2.an



3. Etude de faisabilité photovoltaïque

Dans le cadre de la reconstruction du collège de Gaston Crochet à la Plaine des Palmistes, l'étude de valorisation des ENR et notamment du solaire est menée.

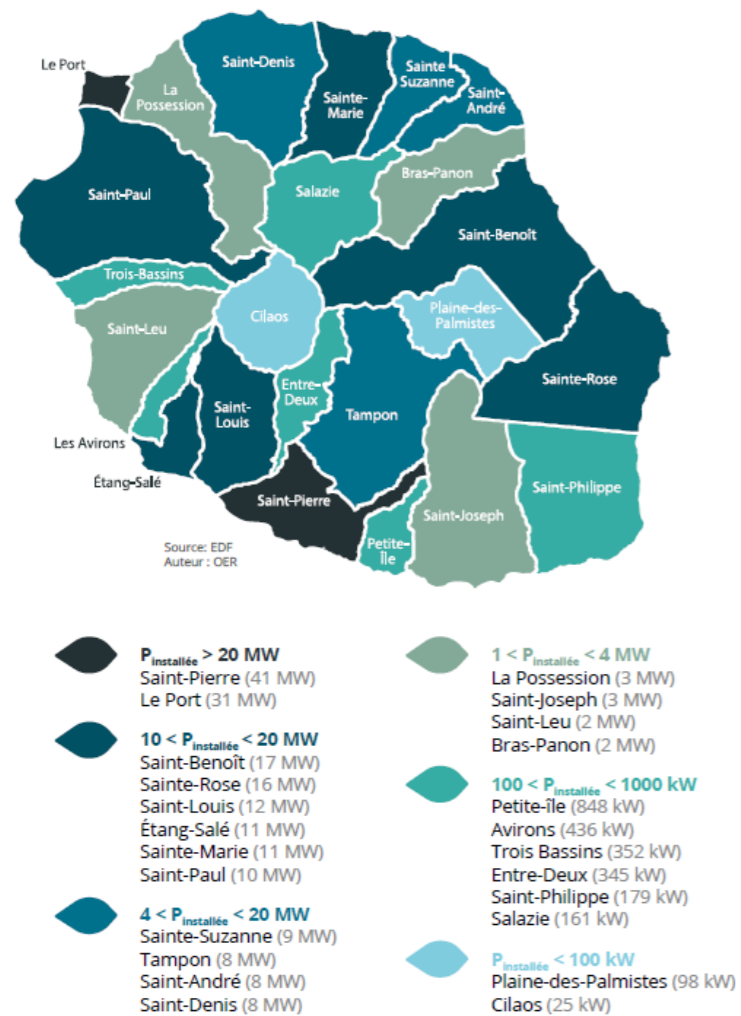
Le présent document porte sur une faisabilité d'installation photovoltaïques qui aura pour objectif de rechercher un équilibre technico-économique optimal entre la production d'énergie et les besoins du site ou l'injection de la totalité de la production dans le réseau de distribution d'électricité EDF.

Pour ce faire l'étude présente les volets suivants

- ↪ Détermination de la courbe de charge de la consommation du site
- ↪ Dimensionnement du générateur photovoltaïque en d'autoconsommation
- ↪ Dimensionnement du générateur photovoltaïque en injection de la production dans le réseau.

3.1 Contexte et localisation du site

Puissance installée de panneaux photovoltaïques en 2018
à La Réunion par commune : 194,3 MW dont 3,8 MW
en autoconsommation sans revente d'électricité

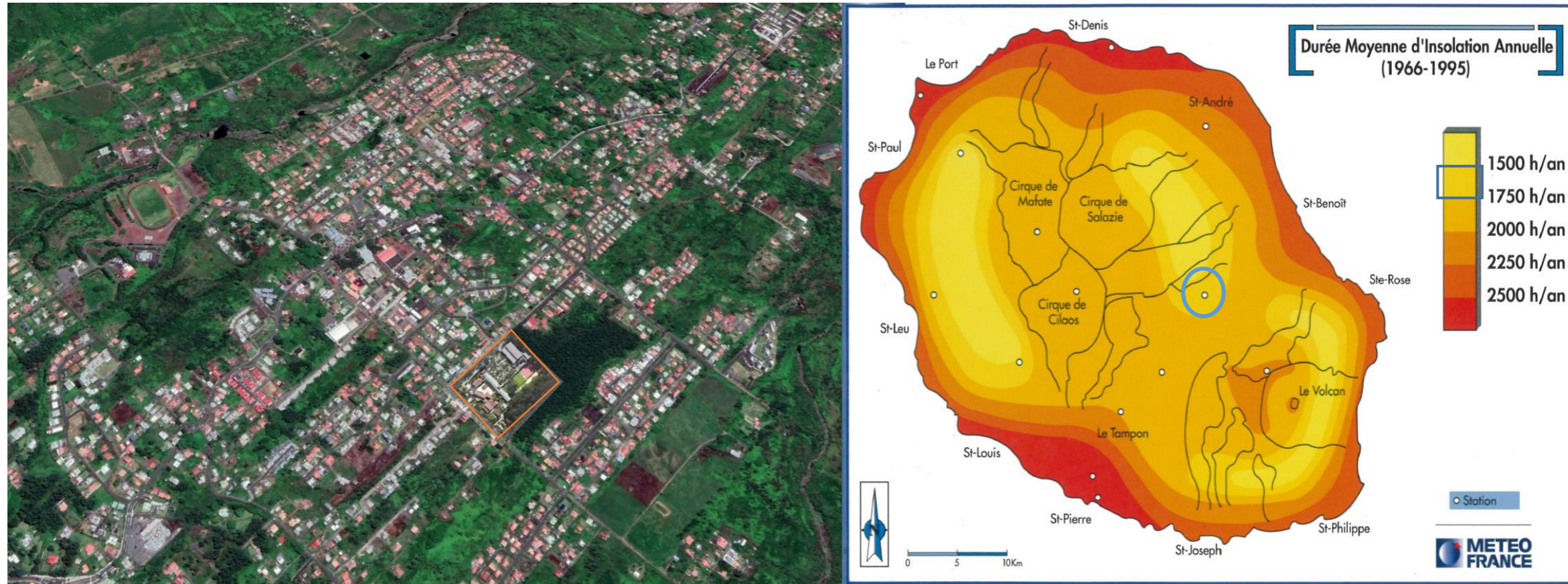


Les Objectifs du SRCAE de La Réunion est d'attendre en 2020, une capacité d'énergie photovoltaïque intermittente de **250 MW** et de **310 MW** en 2030

En 2018 la puissance installée en photovoltaïque est de **194 MW** avec seulement 98 kW pour la Plaine des Palmistes. Cette faible puissance s'explique par une productivité relativement faible dans cette région de l'île (1 000 kWh/kWc contre 1 500 kWh/kWc dans les bas) .

Source BILAN ÉNERGÉTIQUE DE LA RÉUNION 2018 OER

La zone d'étude se situe sur la commune de la Paine des Palmistes, à environ 1040 m d'altitude.



La durée d'insolation moyenne sur l'année, à la Plaine des Palmistes est entre 1500 et 1750 heures soit 1000 heures de moins que les zones des bas les plus ensoleillées.

Cette situation a un impact sur le rendement d'une installation solaire.

3.2 Aspects réglementaires vis-à-vis de la production photovoltaïque

3.2.1 Production photovoltaïque revendue à EDF dans sa totalité

Selon l'arrêté du 4 mai 2017 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations implantées sur bâtiment utilisant l'énergie solaire photovoltaïque, d'une puissance crête **installée inférieure ou égale à 100 kilowatts** situées à La Réunion :

- Deux installations distantes **de moins de cinquante (50) mètres** appartenant à un même prioritaire, sont considérées comme implantées sur un même site.
- Par tranche de **18 mois** de date dépôt de dossier de demande de raccordement, l'ensemble des puissances installées au cours de ces 18 mois sont cumulées et ne peuvent dépasser les 100 kWc.

Au-delà de 100 kWc, les installations photovoltaïques doivent répondre aux appels à projets CRE

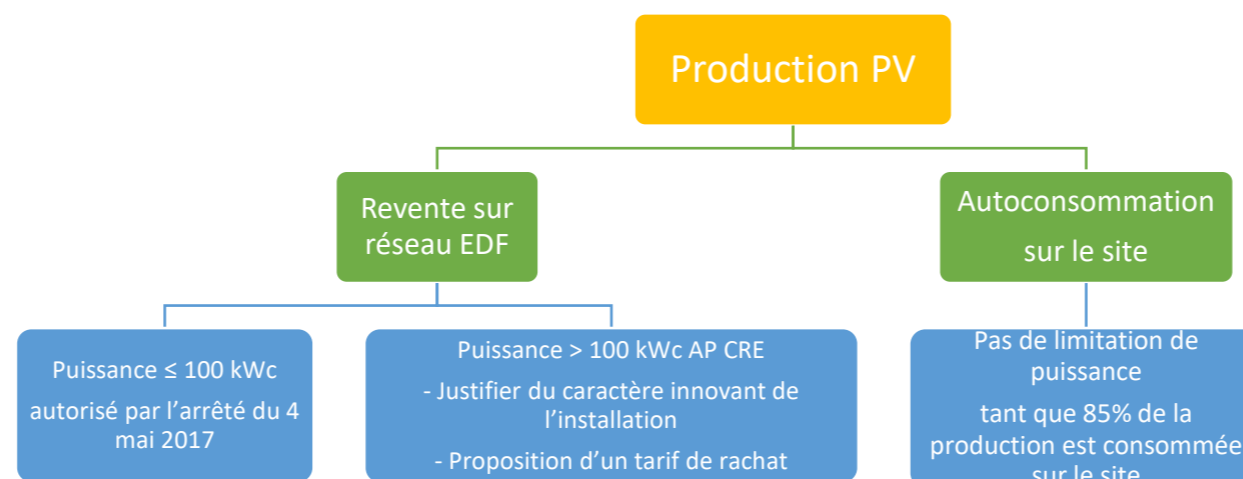
- Justifier du caractère innovant de l'installation
- Proposition d'un tarif de rachat

3.2.2 Production photovoltaïque en autoconsommation sur le site

Il est possible d'avoir une installation photovoltaïque dont la puissance installée est supérieure à 100 kWc si la production est consommée sur le site à hauteur minimum de 85%.

Ces installations font l'objet d'un **AMI FEDER/Région/ADEME Autoconsommation PV valable jusqu'en 2021**

3.2.3 Synthèse



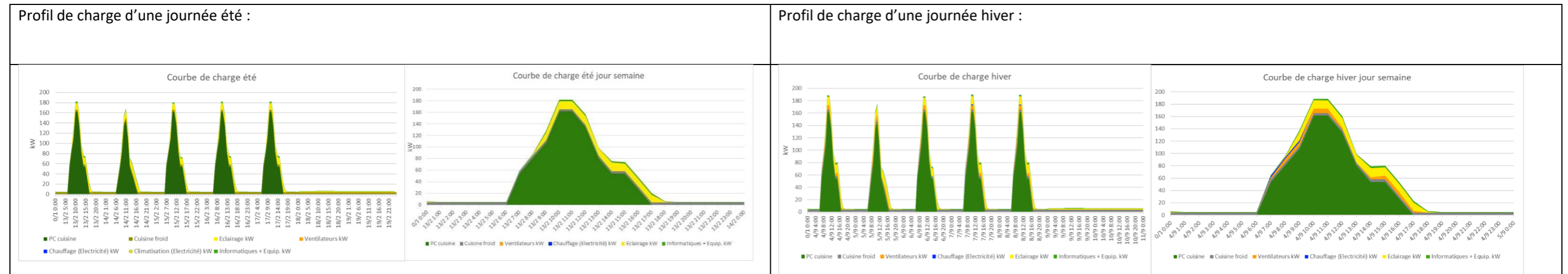
3.2.4 Conditions d'accompagnement

Type de projet		Type de Maître d'Ouvrage		
		Particulier	Entreprises, associations, collectivités	
			Tertiaire/industriel	Résidentiel
Centrale PV rattachée réseau	P < 100 kWc	Tarif d'achat S 17 – contrat d'achat avec EDF sur 20 ans		
	P > 100 kWc	Appel d'Offre de la CRE en attente		
PV en Autoconsommation	Etudes de faisabilité	Accompagnement ADEME : - Aide : 50 à 70 % du montant HT de l'étude selon MO - Réalisée selon le cdc de l'ADEME - Par un BET certifié RGE dans le domaine du PV		
	P < 50 kWc	Chèque PV Région ? (en cours de révision)	Accompagnement ADEME/Région : - Aide de 35 % mini. du surcoût de l'installation, ajustée par analyse éco. - Taux d'autoconsommation de 85 % minimum sans revente du surplus - Sauf pour les établissements tertiaires fermés le WE : taux d'autoconsommation de 70% minimum avec revente du surplus possible - Suivi obligatoire de l'installation	
	P > 50 kWc		AMI Autoconsommation PV FEDER/Région/ADEME : - Aide de 35 % du surcoût de l'installation, - Taux d'autoconsommation de 85 % minimum - Suivi obligatoire - Non cumulable avec AO CRE - Sans revente du surplus	Accompagnement ADEME/Région : - Aide de 35 % mini. du surcoût de l'installation, ajustée par analyse éco. - Mêmes critères techniques que dans l'AMI - Suivi obligatoire

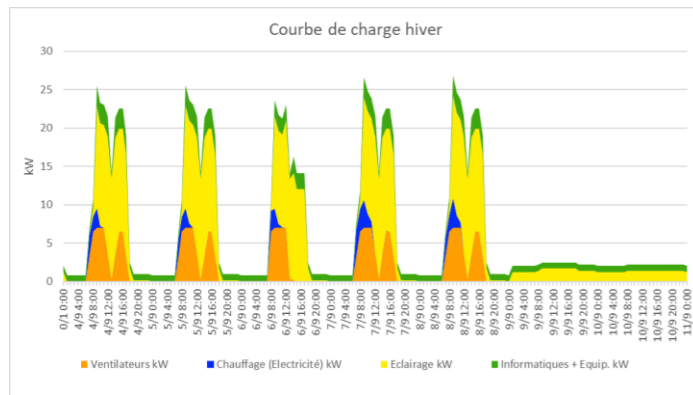
3.3 Profil de charge du projet

Sur la base du bilan établi en phase PRO, la courbe de charge est établie selon les hypothèses suivantes :

- Fonctionnement du collège du lundi au vendredi
- Amplitude horaire :
 - o Lundi, mardi, jeudi et vendredi : de 7h à 17h
 - o Mercredi : 7h à 12h
- Période de congés : 15 jours après une période de 6 semaine de fonctionnement



Consommation du collège hors cuisine :



Le fonctionnement du collège est de l'ordre de 180 kW en été et de 200 kW en hiver. Les jours de fermeture, l'appel de puissance est entre 7 kW et 10 kW.

1 Dimensionnement PV

Une **production autoconsommée** sur le site : l'autoconsommation est définie comme le fait de consommer tout ou partie de l'énergie que l'on produit, et l'autoproduction comme le fait de produire tout ou partie de l'énergie que l'on consomme. Les deux indicateurs suivants sont définis pour permettre d'évaluer la corrélation entre la production photovoltaïque et la consommation.

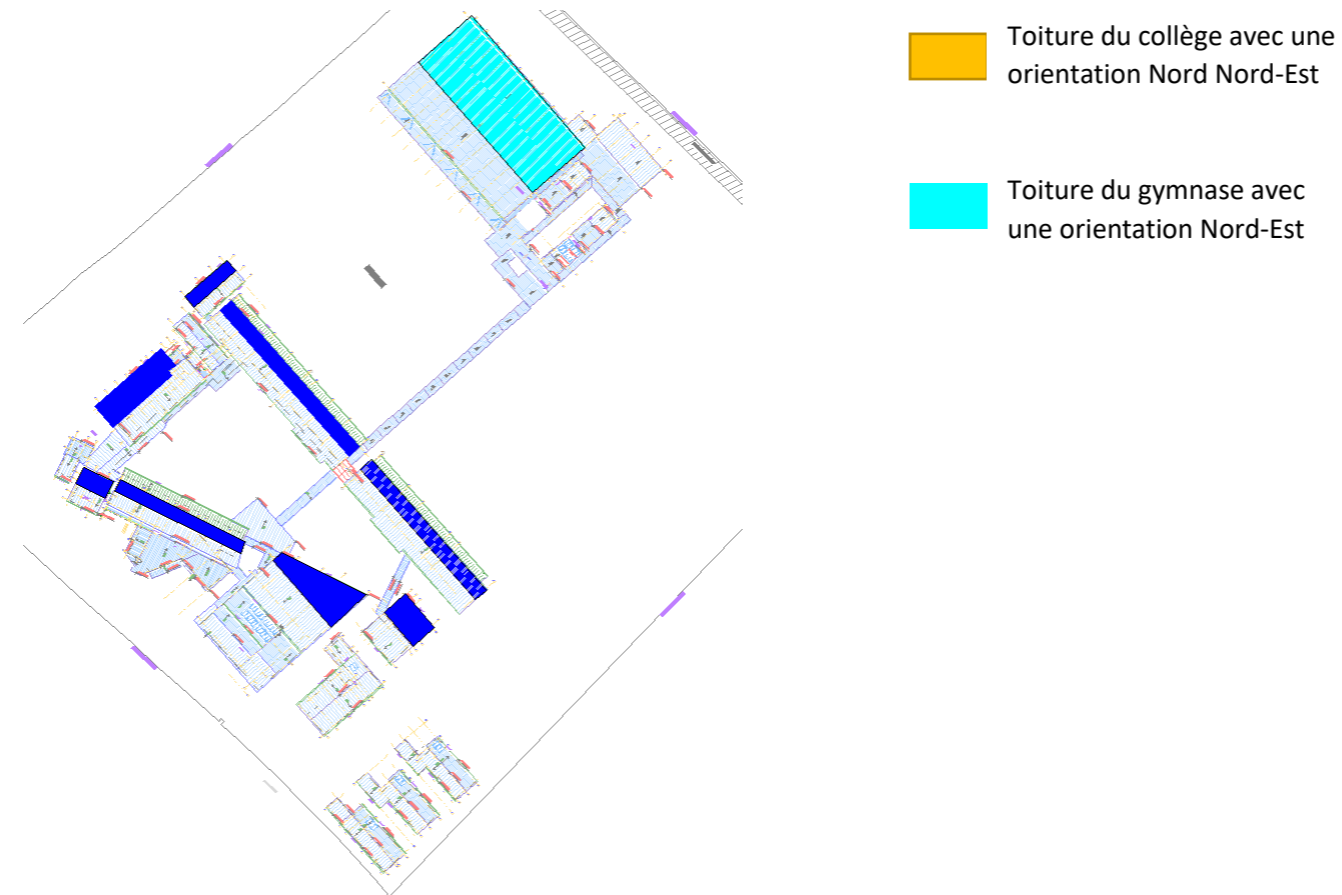
$$\text{Taux d'autoconsommation} = \frac{\text{Production d'électricité PV consommée sur site}}{\text{Production d'électricité PV totale}}$$

$$\text{Taux d'autoproduction} = \frac{\text{Production d'électricité PV consommée sur site}}{\text{Consommation d'électricité PV totale}}$$

Pour être éligibles aux aides du FEDER et de l'ADEME, les installations devront disposer d'un taux d'autoconsommation au moins égal à 85%.

Hypothèses du projet :

- Surface utile : 6 852 m²
- Surface disponible en toiture : environ 950 m² au niveau du collège et 994 m² au niveau du gymnase.

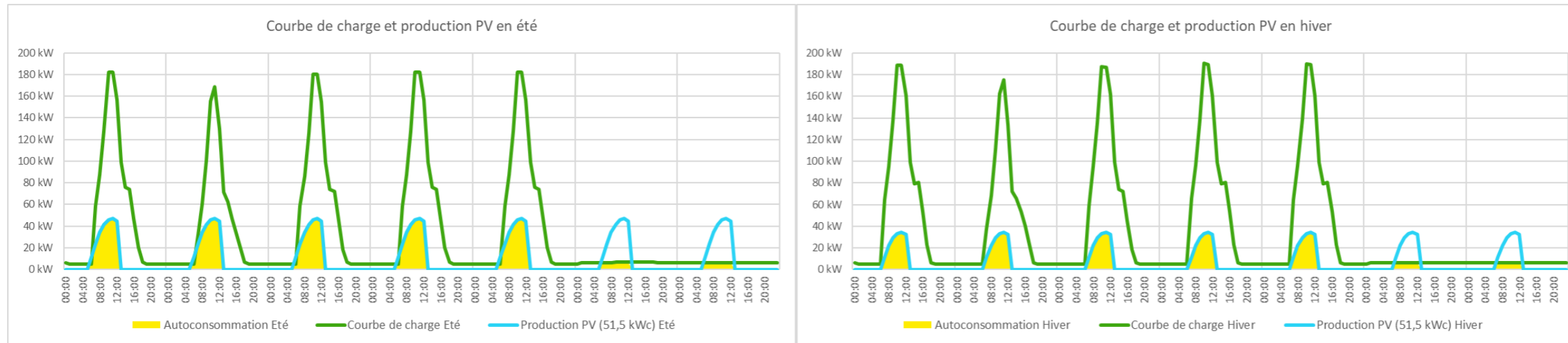
**1.1 Production PV en autoconsommation**

Le dimensionnement éligible aux aides FEDER/REGIONJ/ADEME doit justifier d'un taux d'autoconsommation minimal de 85%

Dans ce cas, l'électricité produite est autoconsommée quand la consommation est en phase avec la production, ou alors réinjectée sur le réseau sans valorisation possible.

Station Météo	Plaine des Palmistes	
Latitude du lieu	-21°7	
Modules PV	Photowatt PW2450F (Verre/TPT)	
	Puissance 250 Wc	Surface unitaire 1,673 m ²
Orientation	49 °/Nord	
Inclinaison	17 ° /horizontale	
Surface utile	344,6 m ²	
Puissance crête	51,5 kWc	
Total énergie (kWh/an)	55 363	
Total CO2 évité (kg/an)	19 931	
Productivité (kWh/kWc.an)	1 075	

La production d'une installation de 51 kWc est de 55 363 kWh/an ce qui représente une productivité de 1 075 kWh/kWc ce qui est 30% inférieur à la productivité d'une installation dans les bas de l'île.



	Consommation MWh/an	Production totale MWh/an	Autoconsommation MWh/an	Production totale kWh/semaine	Autoconsommation kWh/semaine
Eté	155	31,57	19,75	1 734,6	1 012,8
Hiver	162	23,19	13,58	1 143,4	1 143,4
Total	174	54,76	33	2 878,0	2 156,2

	annuelle	Semaine travaillée
Taux d'autoconsommation	61%	75%
Taux d'autoproduction	19%	18%

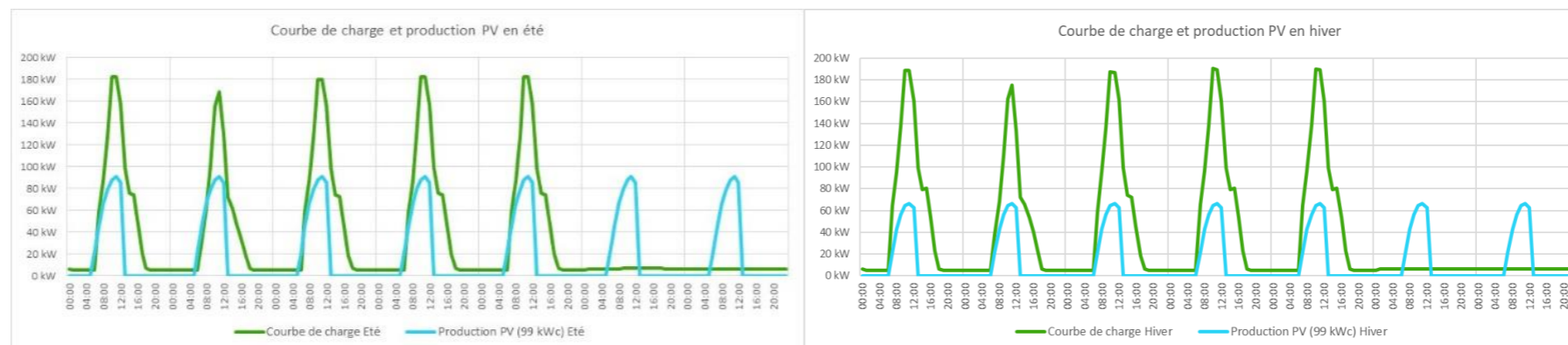
La production PV, les jours de fonctionnement du collège est autoconsommée à 100% mais les jours de week-end et les périodes de congés scolaires font baisser ce taux d’autoconsommation à 75% sur les semaines de fonctionnement et à 61% sur l’ensemble de l’année.

Ces résultats ne permettent pas l’installation d’être éligible aux aides FEDER/Région/ADEME.

1.2 Utilisation de la surface disponible en toiture et injection sur le réseau EDF

Ce dimensionnement valorise les surfaces disponibles en toiture pour installer des panneaux PV sans dépasser 100kWc autorisé pour une injection dans le réseau.

Surface de panneaux PV	662,5 m²
Puissance PV installée	99 kWc
Production PV	106,4 MWh/an



Bilan économique sur 20 ans	
Energie produite sur 20 ans	2 030 328 kWh
Energie autoconsommée sur 20 ans	kWh
CAPEX = Investissement	227 700,00 €
Aides ADEME / Région / FEDER	- €
CEX = Charges moyennes sur 20 ans	93 967,22 €
PEX = Produits moyens sur 20 ans	296 833,92 €
Résultats économiques	
Temps de retour brut	22,4 ans

Pour une installation **99 kWc** installée, la production est de **106,4 MWh/an**

Le coût d'investissement est estimé à 227 700 €HT et les recettes annuelle moyenne sur 20 ans 14 841 € ce qui permet d'amortir l'investissement en plus 22 ans. Sans aide l'installation n'est pas amortissable.