

## Maître d'ouvrage

Département de la Meuse

Place Pierre-François GOSSIN  
BP 50514 55012 BAR-LE-DUC

## REVIGNY-SUR-ORNAIN - COLLÈGE JEAN MOULIN

5 Rue Jean Moulin Revigny-sur-Ornain 55800



Architecte mandataire  
**Agence d'Architecture MIL LIEUX**  
22 Rue Erckmann Chatrian  
03.83.28.86.03  
<https://www.mil-lieux.fr/>

### BET TCE

#### Equipe Ingénierie

tel : 09.84.14.25.04

email : [contact@equipe-ing.fr](mailto:contact@equipe-ing.fr)

### BET Acoustique

#### VENATHEC

Mr ZAVATTIERO Aurélien

tel : 03.83.56.02.25

email : [a.zavattiero@venathec.com](mailto:a.zavattiero@venathec.com)

### SPS

#### Bureau BECS

Mr MILANDRI Florent

tel : 06.67.15.60.27

email : [florent.milandri@becs.fr](mailto:florent.milandri@becs.fr)

### BUREAU DE CONTRÔLE

#### Bureau VERITAS

Mr HAVETTE Ludovic

tel : 06.07.66.22.84

email : [gerard.prevost@bureauveritas.com](mailto:gerard.prevost@bureauveritas.com)



DCE

**DCE-04**  
**NOTICE Energétique**

23/02/2022

2020-16

PHASE

ECHELLE

DATE

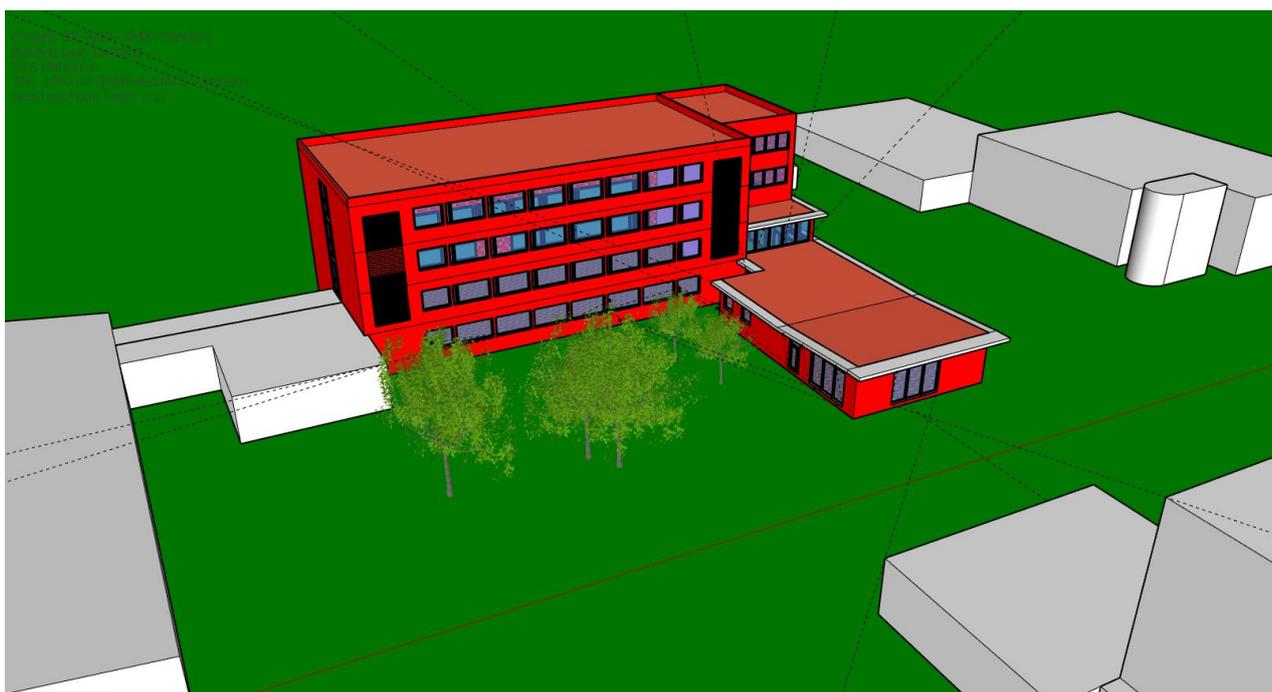
INDICE

FORMAT D'ÉDITION : divers

EMETTEUR : MIL LIEUX

RDC NGF : selon plan du géomètre

**Réhabilitation-Extension du Collège Jean Moulin  
à REVIGNY-SUR-ORNAIN  
Département de la Meuse**



**Etude énergétique suivant le label du Passivhaus Institut**

**PRO**

Le 24/11/2021

Rédaction Ludovic GUEGOT DE TRAULEN

Dossier n° 20.043

Architecte : MIL LIEUX – Nancy

Economiste : MIL LIEUX – Nancy

BE fluides : EQUIPE INGENIERIE – Angers

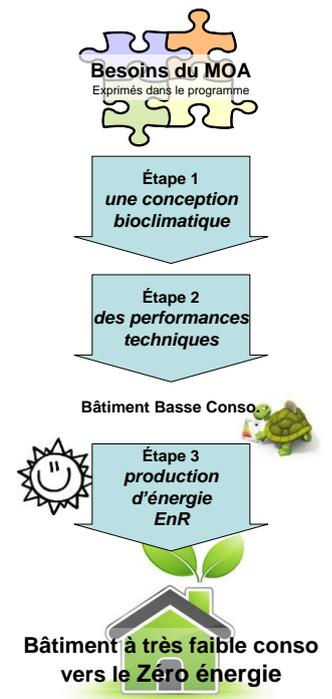
BE Structure : EQUIPE INGENIERIE - Pontivy

<b>A. PRINCIPE DES CONSTRUCTIONS PASSIVES .....</b>	<b>3</b>
HISTORIQUE ET CONCEPT .....	3
LA PHILOSOPHIE.....	3
APPROCHE BIOCLIMATIQUE .....	4
OBLIGATION DE RESULTAT .....	4
LE PHPP.....	6
LES SOLUTIONS HABITUELLEMENT MISEN EN ŒUVRE SUR LE BATI.....	6
LES SOLUTIONS HABITUELLEMENT MISEN EN ŒUVRE SUR LES EQUIPEMENTS .....	7
DES EXEMPLES NOMBREUX ET EPROUVES .....	7
INTERETS SOCIAL, FINANCIER ET CONFORT .....	8
CONSTRUIRE PASSIF AVEC UN BUDGET RT2012 .....	8
<b>B. CALCULS .....</b>	<b>9</b>
RESULTATS .....	9
GEOGRAPHIE.....	10
SURFACE DE REFERENCE ENERGETIQUE .....	14
ENVELOPPE.....	15
EQUIPEMENTS TECHNIQUES .....	24
CONFORT D'ETE.....	25
CONFORT VISUEL .....	26
QUALITE D'AIR .....	26
<b>C. DURABILITE – ENTRETIEN-MAINTENANCE .....</b>	<b>27</b>
MATERIAUX.....	27
EQUIPEMENTS.....	27
COMPTAGES EAU / ENERGIE .....	27
ECO-MATERIAUX.....	27

*L'énergie la moins chère est celle que l'on ne consomme pas<sup>1</sup>*

Partant de cette maxime, la réflexion sur la conception du collège a été élaborée en 3 étapes :

- Une réflexion sur l'enveloppe bâtie : bioclimatique, compacité, orientation par rapport à l'ensoleillement et aux vents dominants, surfaces vitrées, dispositifs architecturaux
- Une réflexion sur l'optimisation des équipements techniques afin de garantir le confort de l'occupant
- Une réflexion sur les énergies renouvelables et le choix des matériaux



## A. PRINCIPE DES CONSTRUCTIONS PASSIVES

### Historique et concept

Le concept de maison passive est d'origine Suédoise, Danoise et Allemande principalement, où le climat peut être particulièrement rude. Le premier label passif a été créé en 1988 par le professeur Bo Adamson de l'université de Lund en Suède.

Par la suite, Le Dr Feist fondera la Passivhaus institut en 1990 en Allemagne. Des méthodes de mesures et calculs seront alors créés et améliorés permettant de définir les critères de certification pour la conception de constructions passives.

### La philosophie

Il est possible aujourd'hui de construire des bâtiments n'ayant pas besoin de rénovation énergétique sur sa durée de vie totale. Les constructions passives ont le meilleur rapport qualité / cout global / bilan énergétique sur le marché.

Le concept de bâtiment passif, consiste à se concentrer sur la conception du bâti afin de diminuer, de façon drastique, ses besoins de chauffage.

Ceci permet d'effectuer des économies durables sur la consommation d'énergie utile et sur les énergies primaires.

Ce type de construction est complémentaire avec l'utilisation de la production de chaleur venant d'énergies renouvelables, ces dernières étant particulièrement adaptées pour les constructions neuves non énergivores.

<sup>1</sup> Référence association NégaWatt

Les énergies primaires n'étant pas infinies et ayant un coût croissant chaque année, le bâtiment passif apparaît comme une solution d'avenir.

Ce type de construction est adapté tant au climat continental car la faible amplitude thermique annuel permet d'arriver au standard passif sans trop de difficulté.

Nos projets donnent comme résultat une amélioration de 70 à 80% des minimas imposés par la RT2012.

## Approche bioclimatique

La conception d'une construction passive se base sur six grands principes :

- Isolation thermique renforcée, fenêtres de grande qualité
- Suppression des ponts thermiques
- Excellente étanchéité à l'air
- Ventilation double flux (avec récupération de chaleur)
- Captation optimale, mais passive de l'énergie solaire et des calories du sol
- Limitation des consommations d'énergie des appareils ménagers

## Obligation de résultat

Les critères de labélisation sont simples et mesurables.

Pour l'élaboration de bâtiment neuf ou de rénovation la labellisation faite selon le Passivhaus institut est le **PHPP**

**A l'achèvement des travaux** : La certification doit être donnée par un organisme indépendant. Un seul existe en France : La Maison Passive située à Paris.

Dans tous les cas les contraintes principales sont les suivantes en Europe centrale :

- **Chauffage besoin maximal de 15 KWh/(m<sup>2</sup>.an)**
- **Besoin de froid maximal de 15 KWh/(m<sup>2</sup>.an) + 0.3\*TGH\***
- **Période de surchauffe d'été inférieur à 5%**
- **Etanchéité  $n_{50} < 0,6^{-1}$  fois le volume du bâtiment pour une heure à une dépression de 50 Pa**
- **Energie primaire :**
  - ~ **Soit non renouvelable  $\leq 120\text{KWh}/(\text{m}^2.\text{an})$**
  - ~ **Soit renouvelable  $\leq 60\text{KWh}/(\text{m}^2.\text{an})$**

\* Intégrale de temps de la différence de température de point de rosée et d'une température de référence de 13°, sur toutes les périodes où cette différence est positive.

Pour la rénovation, le label **Enerphit** existe avec des critères légèrement moins performants pour tenir compte de l'existant.

- **Chauffage besoin maximal de 25 kWh/(m<sup>2</sup>.an)**
- **Besoin de froid maximal de 15 kWh/(m<sup>2</sup>.an) + 0.3\*TGH\***
- **Période de surchauffe d'été inférieur à 5%**
- **Etanchéité n<sub>50</sub> < 1<sup>-1</sup> fois le volume du bâtiment pour une heure à une dépression de 50 Pa**
- **Energie primaire :**
  - ~ **Soit non renouvelable ≤ 121kWh/(m<sup>2</sup>.an)**
  - ~ **Soit renouvelable ≤ 61kWh/(m<sup>2</sup>.an)**

Comme le bâtiment sera à la fois de la rénovation et de la construction neuve dans la même enveloppe aéraulique, la moyenne des critères à répondre est calculé en les pondérant avec les différentes surfaces.

		Moyennes des critères à respecter :
Critère de <b>Besoin de Chauffage</b> :	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>20,8</b>
Critère de consommation d' <b>Energie Primaire</b> :	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>120,6</b>
Critère de consommation d' <b>Energie Primaire Renouvelable</b> :	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>60,6</b>
Critère d' <b>Etanchéité à l'air</b> :	1/h	<b>0,83</b>
<b>Surface de Référence Energétique</b>	m <sup>2</sup>	
<b>SRE totale</b> :	m <sup>2</sup>	<b>2 559,00</b>

## Le PHPP

Passive House Planning Package : il est constitué d'un logiciel fonctionnant sous Excel et d'un manuel expliquant la saisie sur ledit logiciel et rappelant les principes de la conception d'un bâtiment passif.

Ce logiciel effectue des approximations mensuelles pour réaliser les calculs et ne peut être considéré comme un logiciel dynamique. Cependant, il a été validé par d'autres outils et par l'expérience sur plus de 200 constructions. Il est, ainsi, utilisé pour établir la certification passive d'un bâtiment.

## Les solutions habituellement mises en œuvre sur le bâti

Pour arriver au standard Passif, nous appliquerons les solutions suivantes :

Le **Plancher Bas** devra avoir une isolation qui permettra d'obtenir un coefficient de transmission thermique inférieur à  $0,15\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$  :  **$U < 0,15\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$**

Les **Murs extérieurs** devront être **isolés par l'extérieur** afin de supprimer les ponts thermiques liés aux planchers et au refends. L'isolation devra permettre d'obtenir un coefficient de transmission thermique inférieur à  $0,15\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$  :  **$U < 0,15\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$**

Les **Toitures** (terrasse ou pentue) devront avoir une isolation qui permettra d'obtenir un coefficient de transmission thermique inférieur à  $0,15\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$  :  **$U < 0,15\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$**

**Les Fenêtres** ont deux rôles primordiaux, d'une part elles doivent permettre aux apports solaires de chauffer le bâtiment ; et d'autre part de limiter les déperditions de chaleurs.

- La fenêtre sera de type triple vitrage avec un  $U_g < 0.6\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- Les châssis devront avoir un  $U_f < 1\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- Le vitrage devra donc avoir un coefficient global de transmission d'énergie (soleil)  $g \geq 50\%$

Afin de supprimer les risques de surchauffes liés aux apports solaires il sera mis en place des Brise Soleil Orientables.

### Le coefficient de transmission thermique U :

Caractérise la quantité de chaleur traversant une paroi en régime permanent, par unité de temps, par unité de surface et par unité de différence de température entre les ambiances situées de part et d'autre de ladite paroi.

## Les solutions habituellement mises en œuvre sur les équipements

Pour arriver au standard Passif, nous appliquerons les solutions suivantes :

La **ventilation** sera de type double flux collective. La **récupération d'énergie** (supérieure à **80%**) permet de fortement limiter les déperditions, elle sera certifiée PHI. Le fait d'inverser la ventilation permet de mettre le groupe en sous-sol et donc de limiter l'impact visuel.

La **production d'eau chaude sanitaire** se fera à l'aide de ballons électriques.

Pour des très faibles consommations des ballons individuels de petites dimensions.

Pour des consommations plus importantes (logements par exemple) différentes solutions sont étudiées (PAC, eau chaude solaire, récupération sur eaux grises...).

L'appoint de **chauffage** sera assuré par les radiateurs déjà présents ainsi que des batteries électriques.

La mise en place de panneaux solaires photovoltaïque en autoconsommation ou revente peut être étudié.

## Des exemples nombreux et éprouvés

Le premier bâtiment passif a été construit à Darmstadt en 1991.

Il s'agit de 4 logements toujours occupés.

Après 29 ans d'utilisation et sans aucune rénovation thermique depuis la construction la moyenne des besoins de chauffage mesurés a été de 9.2kWh/an/m<sup>2</sup>, soit un coût de chauffage au gaz pour un logement de 80m<sup>2</sup> de 44€TTC/an.



La moyenne de la consommation finale totale d'énergie (compris usages domestiques) est de 32kWh/an/m<sup>2</sup>. Soit une dépense énergétique totale pour un logement de 80m<sup>2</sup> de 280€TTC/an.

Depuis plus de 100 projets de logements collectifs ont été certifiés passifs de l'immeuble à 2 logements jusqu'à un ensemble immobilier de 444 logements.

Sources :

1<sup>ère</sup> maison passive Maison darmstadt : [PASSIPEDIA](#)

Projets logements collectifs passifs : [BASE DE DONNEE PASSIF](#)

De nombreux bailleurs sociaux travaillent sur le développement des constructions passives (LES TOITS VOSGIENS, NANTES HABITAT, HABITAT 44, OPH Orléans, Ville de Paris, Habitat Picardie, Limoges Habitat...)

## Intérêts social, financier et confort

Les écoles sont particulièrement bien adaptées aux constructions passives :

- Diminution des charges énergétiques
- Confort d'usage accru
- Pas de rénovation lourde à long terme générant des frais de location de salles/constructions modulaires
- Un bâti sain et pérenne (pas de problème de condensation via les ponts thermiques)
- Diminution des émissions de CO2
- Diminution des pics d'approvisionnement énergétique en hivers et en été.

## Construire passif avec un budget RT2012

Le coût d'un bâtiment n'est pas lié à son efficacité énergétique mais à sa conception tant architecturale que technique.

Le prix en forte baisse des isolants performants et des menuiseries en triple vitrage nous permet de construire des bâtiments dans des ratios de prix convenable.

Pour arriver à ce résultat la conception doit chercher à optimiser l'ensemble des paramètres (conception, structure, matériaux, fluides...)

La réglementation thermique RT 2012 met l'accent sur la qualité technique des équipements (chauffage, production eau chaude). Equipements qui coûtent cher à l'achat mais surtout en maintenance à court et long terme.

Dans les constructions passives l'accent est mis sur l'isolation et la qualité de l'enveloppe. Postes qui ne nécessitent aucun entretien sur le long terme. Les équipements techniques sont limités à leur strict minimum.

Seule la production d'eau chaude en bâtiment tertiaire est minime. Nous constatons que la production centralisée n'est pas intéressante car trop de perte par la distribution comparée aux besoins d'eau chaude journalier.

Sur les 17 projets passifs réalisés ou en études de EQUIPE INGENIERIE seul 7 projets faisaient l'objet d'une volonté du maître d'ouvrage de construire passif. Pour les 10 autres projets nous avons prouvé avec les architectes qu'il était possible de rester dans le budget initial tout en construisant suivant le standard passif.

## B. CALCULS

### Résultats

Caractéristiques du bâtiment rapportées à la Surface de Référence Energétique						
				Critères		Conforme??
				Critères	alternatifs	
	Surface de Référence Energétique m <sup>2</sup>	<b>2559,0</b>				
<b>Chauffer</b>	Besoin de chauffage kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>18,36</b>	≤	20,8	- <sup>2,44</sup>	<b>oui</b>
	Puissance de chauffe W/m <sup>2</sup>	<b>14,3</b>	≤	-	-	
<b>Refroidir</b>	Refroidissement + déshumidification kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>-</b>	≤	-	-	-
	Puissance de refroidissement W/m <sup>2</sup>	<b>-</b>	≤	-	-	-
	Fréquence de surchauffe (> 25°C) %	<b>7,3</b>	≤	10		<b>oui</b>
	Fréquence d'humidité excessive (> 12 g/kg) %	<b>0</b>	≤	20		<b>oui</b>
<b>Etanchéité à l'air</b>	Test d'infiltrométrie n <sub>50</sub> 1/h	<b>0,83</b>	≤	1,0		<b>oui</b>
<b>Energie primaire non-renouvelable (EP)</b>	Consommation d' EP kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>86,9</b>	≤	-		-
<b>Energie primaire renouvelable (EP-R)</b>	Consommation d'EP-R kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>51,1</b>	≤	60,6	65	<b>oui</b>
	Production d'énergie renouvelable (par rapport à kWh/(m <sup>2</sup> a) l'emprise au sol de la zone bâtie)	<b>0</b>	≥	-	-	

<sup>2</sup>champ vide: les données sont manquantes; "-": Aucune exigence

Pour rappel, la moyenne des critères à respecter est :

		Moyennes des critères à respecter :
Critère de <b>Besoin de Chauffage</b> :	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>20,8</b>
Critère de consommation d' <b>Energie Primaire</b> :	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>120,6</b>
Critère de consommation d' <b>Energie Primaire Renouvelable</b> :	kWh/(m <sup>2</sup> a)	<b>60,6</b>
Critère d' <b>Etanchéité à l'air</b> :	1/h	<b>0,83</b>
<b>Surface de Référence Energétique</b>	m <sup>2</sup>	
<b>SRE totale</b> :	m <sup>2</sup>	<b>2 559,00</b>

## Géographie

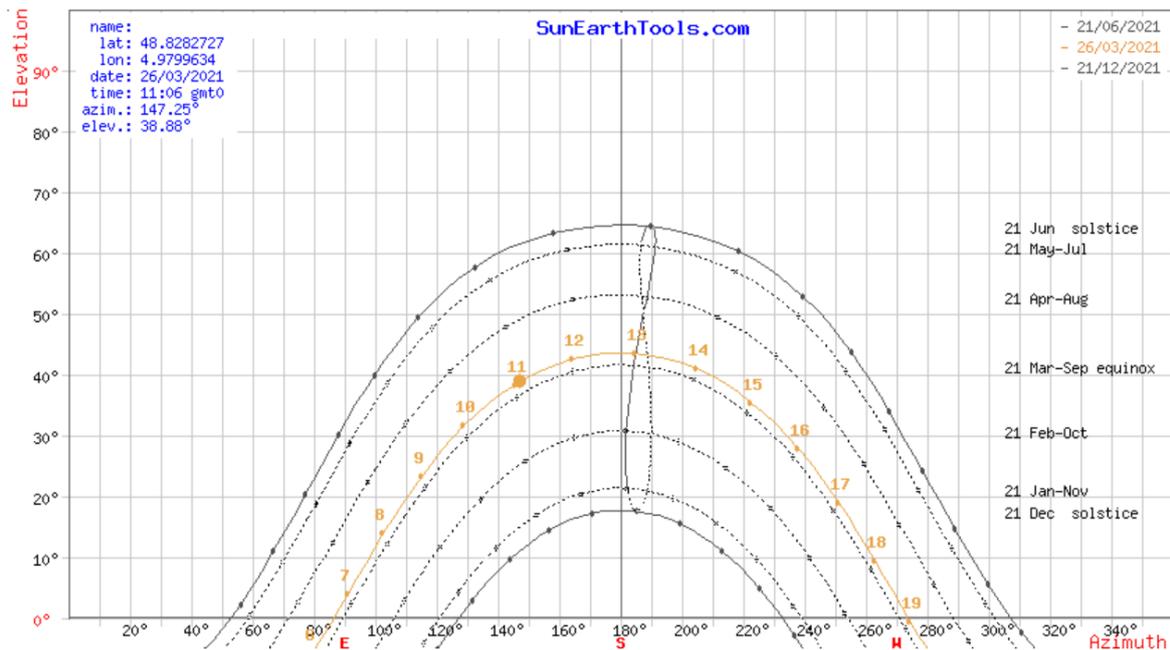
### Climat et Localisation

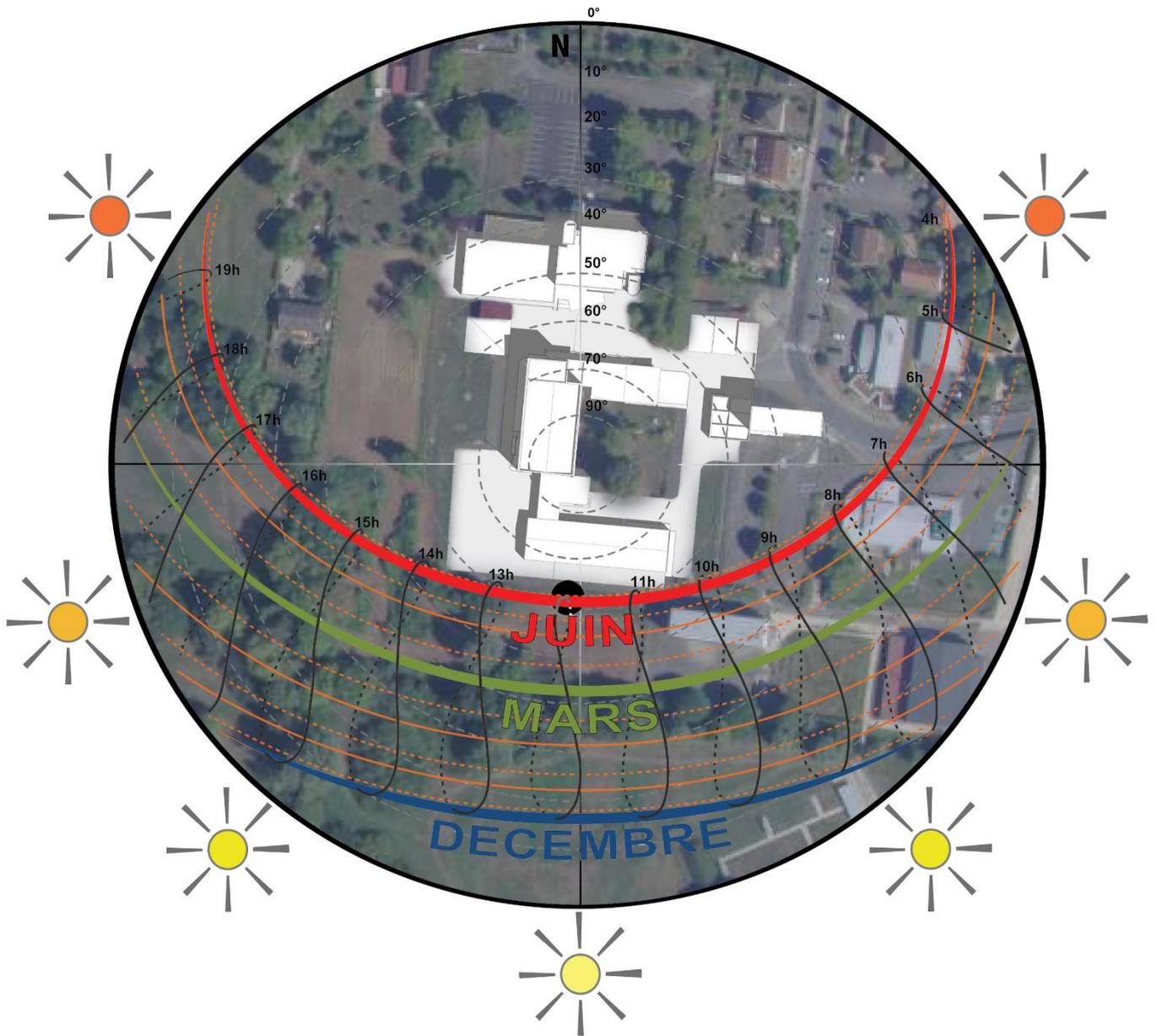
Le schéma ci-dessous illustre en plan la course solaire sur le site (la course solaire est centrée sur le milieu du bâtiment).

Inclinaison soleil solstice 21 juin : 64°

Inclinaison soleil solstice 21 décembre : 17°

L'orientation est très bonne, avec deux larges façades vitrées à l'ouest et à l'est, et peu de surface au nord.

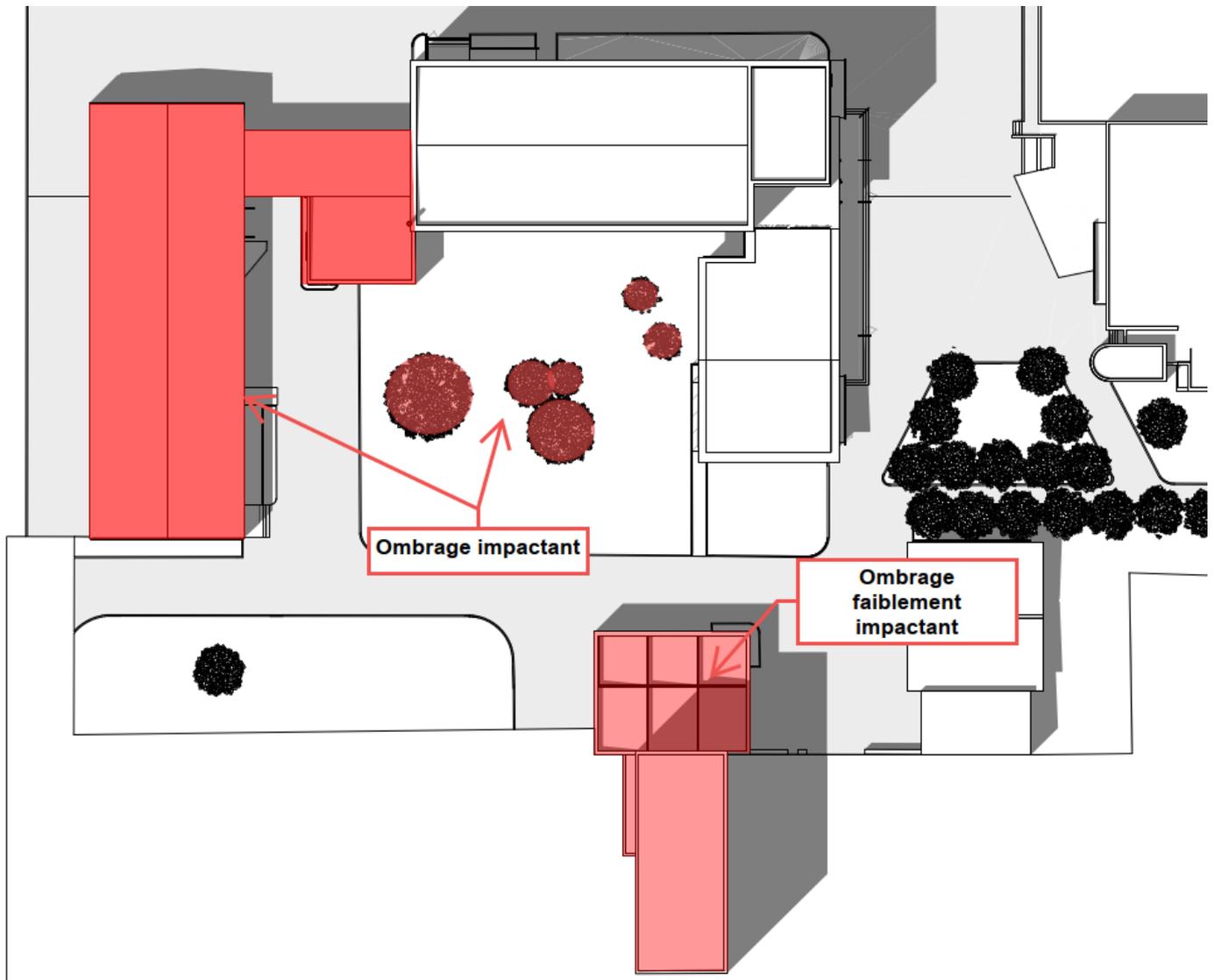




## Masques

Le terrain est assez dégagé, avec quelques arbres mais qui ne gêne pas les apports solaires.

Les masques existants ne sont pas pénalisants, ils ont été néanmoins calculés à l'aide de DesignPH.



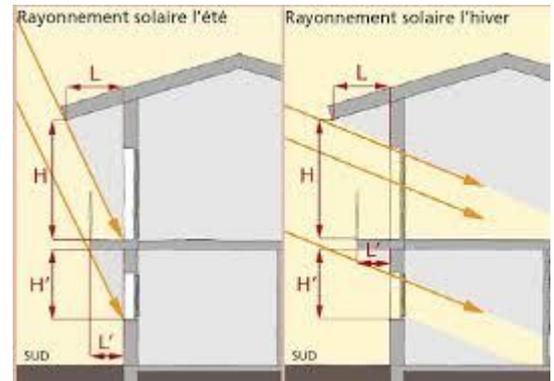
## Conception Bioclimatique

### Apport solaire :

Les façades du existantes Est et Ouest sont largement vitrée, ce qui fait bénéficier le bâtiment d'important apports solaires.

La partie extension est plus largement vitrée au Nord.

Des débords de toitures sont présent au niveau de l'extension, permettant de se protéger en été en gardant les apports en hiver.



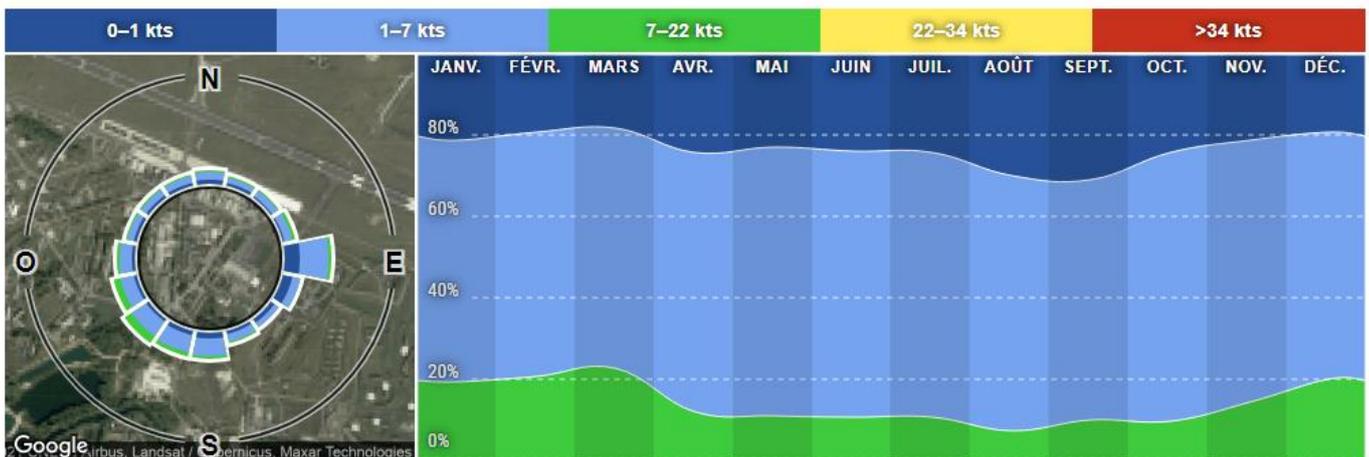
### Vents dominants :

Le point de mesure est celui de la station Saint-Dizier-Robinson base aérienne.

Les vents dominants sont principalement orientés à l'Est, et légèrement Sud-Ouest.

L'accès principal au bâtiment s'effectue au Nord et à l'Ouest : les entrées sont protégées des vents dominants.

Pour l'accès au Sud, le bâtiment voisin ainsi que le préau serviront de protection partielle vis-à-vis des vents.



Kts : nœud marin

Kts	km/h	m/s
1	1,9	0,5
4	7,4	2,1

Kts	km/h	m/s
7	13,0	3,6
11	20,4	5,7

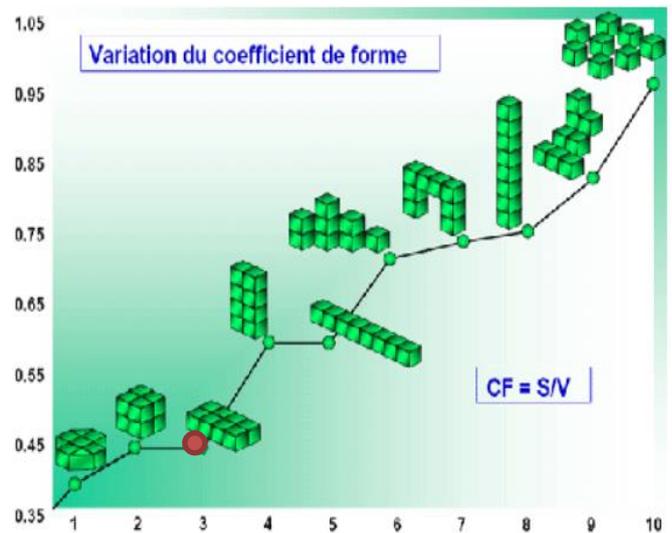
Kts	km/h	m/s
22	40,7	11,3
28	51,9	14,4
34	63,0	17,5

### Compacité :

Le projet présente également un volume compact de 4 niveaux chauffés intégralement superposés et une extension. Cette excellente compacité réduit les besoins de chauffage et optimise les distributions techniques.

Les murs de façades sont en béton banché pour l'existant, matériau étanche à l'air et à forte inertie garantissant le confort des occupants. Les extensions sont en ossature bois, permettant une intégration de l'isolant dans les murs.

Sur la partie existante, l'isolation est extérieure afin de minimiser les ponts thermiques. Ce système traditionnel correspond également à l'optimum technico économique sur le projet.



### Surface de référence énergétique

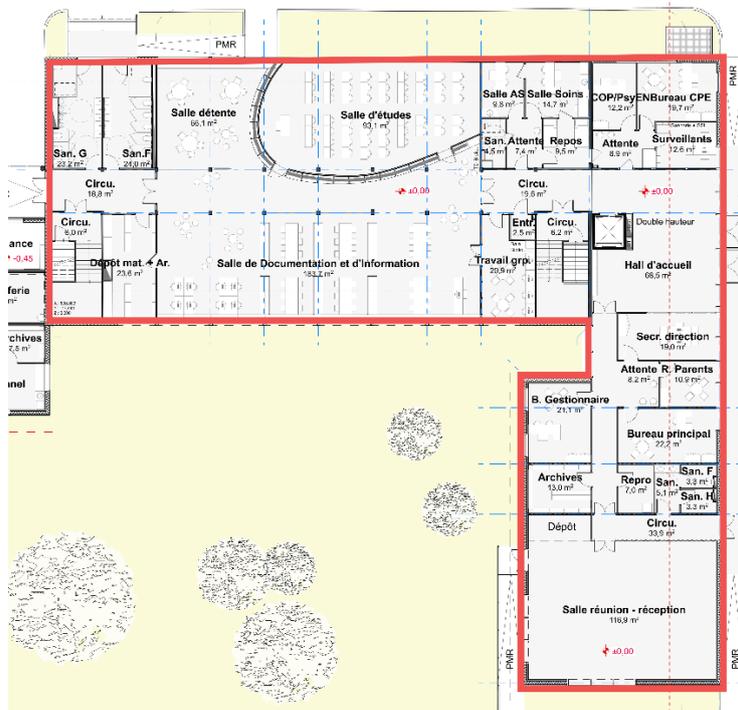
Surface intérieur réelle	2 839,30
SRE	2 559,02

Compacité	
Surface d'enveloppe ext	4590
Senv / V	0,7
Senv / SRE	1,8
Ratio SRE par logement	0
nombre logement	0
Surface réelle (m <sup>2</sup> )	2839,3

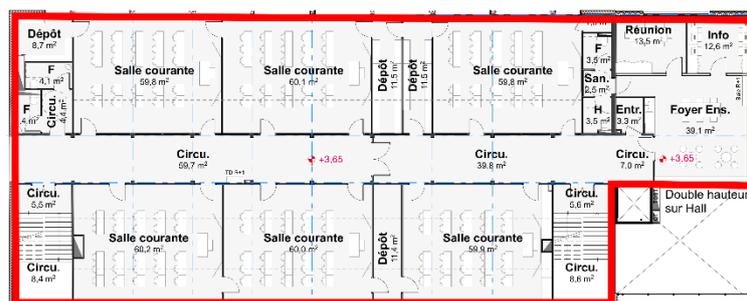
## Enveloppe

### Contour de l'enveloppe thermique

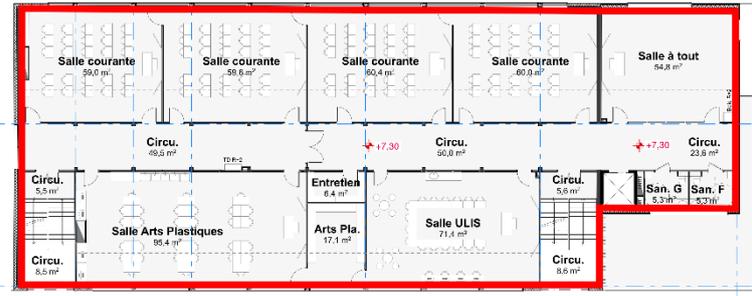
#### RDC



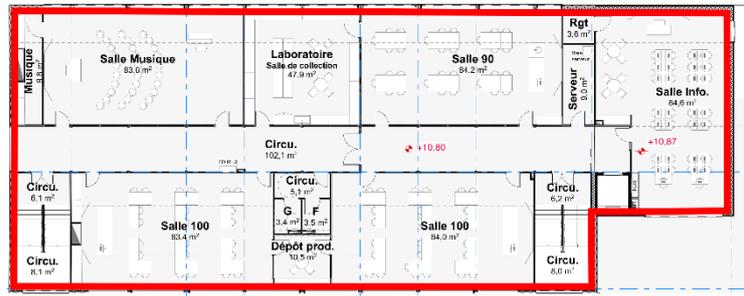
#### R+1



#### R+2



**R+3**



**Parois**

Les performances envisagées sur les parois sont les suivantes :

Nr. de la paroi	Description de la paroi		Isolation intérieure?				
01ud	<b>Dalle existante sur vide sanitaire</b>		<input type="checkbox"/>				
	Résistance superficielle [m²K/W]						
Orientation de la paroi	<b>3-sous-sol</b>	intérieure R <sub>si</sub> :	<b>0,17</b>				
Adjacent à	<b>3-lame d'air</b>	extérieure R <sub>se</sub> :	<b>0,17</b>				
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]	
<b>Béton</b>	<b>2,000</b>					<b>150</b>	
<b>Ouate projeté</b>	<b>0,042</b>	<b>béton</b>	<b>2,000</b>			<b>150</b>	
<b>Ouate projeté</b>	<b>0,042</b>					<b>50</b>	
Pourcentage de surface de la section 1	80%	Pourcentage de surface de la section 2	<b>20,0%</b>	Pourcentage de surface de la section 3		Total	<b>35,0</b> cm
Majoration de la valeur U	<input type="checkbox"/>	W/(m²K)		Valeur U:	<b>0,466</b>	W/(m²K)	

Nr. de la paroi: 02ud  **Dalle fosse ascenseur** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m<sup>2</sup>K/W]  
Orientation des parois: 3-sous-sol intérieure R<sub>si</sub>: 0,17  
Adjacent à: 2-sol extérieure R<sub>se</sub>: 0,00

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
Béton	2,000					200
Isolant	0,023					100
Pourcentage de surface de la section 1		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
95%		5,0%				30,0 cm
Majoration de la valeur U <input type="text"/> W/(m <sup>2</sup> K)						Valeur U : 0,217 W/(m <sup>2</sup> K)

N° de la paroi: 03ud  **Mur fosse ascenseur** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m<sup>2</sup>K/W]  
Orientation des parois: 2-mur intérieure R<sub>si</sub>: 0,13  
Adjacent à: 2-sol extérieure R<sub>se</sub>: 0,00

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
Béton	2,000					200
Isolant	0,023					100
Pourcentage de surface de la section 1		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
100%						30,0 cm
Majoration de la valeur U <input type="text"/> W/(m <sup>2</sup> K)						Valeur U : 0,218 W/(m <sup>2</sup> K)

N° de la paroi: 04ud  **Mur ossature bois extension** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m<sup>2</sup>K/W]  
Orientation des parois: 2-mur intérieure R<sub>si</sub>: 0,13  
Adjacent à: 1-air extérieur extérieure R<sub>se</sub>: 0,04

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
Placo	0,357					25
Coton recyclé	0,039					60
vide technique	0,110					20
bois / OSB	0,150					15
ouate de cellulose	0,042	bois	0,130			200
fibre bois	0,043					60
Pourcentage de surface de la section 1		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
85%		15,0%				38,0 cm
Majoration de la valeur U <input type="text"/> W/(m <sup>2</sup> K)						Valeur U : 0,137 W/(m <sup>2</sup> K)

N° de la paroi: 05ud **Mur existant - structurel** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m²K/W]  
 Orientation des parois: **2-mur** intérieure R<sub>si</sub>: 0,13  
 Adjacent à: **1-air extérie** extérieure R<sub>se</sub>: 0,04

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
<b>Isolant</b>	<b>0,022</b>					<b>120</b>
<b>Béton</b>	<b>2,000</b>					<b>200</b>
Pourcentage de surface de la section 1		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
100%						<b>32,0</b> cm
Majoration de la valeur U <input type="text"/> W/(m²K)						<b>Valeur U : 0,175</b> W/(m²K)

N° de la paroi: 09ud **Toiture extension RDC** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m²K/W]  
 Orientation des parois: **1-toit** intérieure R<sub>si</sub>: 0,10  
 Adjacent à: **1-air extérie** extérieure R<sub>se</sub>: 0,04

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
<b>Laine de bois rigide</b>	<b>0,045</b>					<b>60</b>
<b>bois / OSB</b>	<b>0,150</b>					<b>15</b>
<b>Ouate de cellulose</b>	<b>0,040</b>	<b>bois</b>	<b>0,130</b>			<b>260</b>
Pourcentage de surface de la section 1		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
92%		<b>7,7%</b>				<b>33,5</b> cm
Majoration de la valeur U <input type="text"/> W/(m²K)						<b>Valeur U : 0,138</b> W/(m²K)

N° de la paroi: 10ud **Dalle extension/VS** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m²K/W]  
 Orientation de la paroi: **3-sous-sol** intérieure R<sub>si</sub>: 0,17  
 Adjacent à: **2-sol** extérieure R<sub>se</sub>: 0,00

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
<b>OSB</b>	<b>0,130</b>					<b>22</b>
<b>Isolant</b>	<b>0,040</b>	<b>solives</b>	<b>0,130</b>			<b>240</b>
Pourcentage de surface de la section 1		Pourcentage de surface de la section 2		Pourcentage de surface de la section 3		Total
76%		<b>24,1%</b>				<b>26,2</b> cm
Majoration de la valeur U <input type="text"/> W/(m²K)						<b>Valeur U : 0,233</b> W/(m²K)

N° de la paroi: 11ud **Mur ossature bois surélévation R+3** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m²K/W]  
 Orientation de la paroi: **2-mur** intérieure R<sub>si</sub>: 0,13  
 Adjacent à: **1-air extérieu** extérieure R<sub>se</sub>: 0,04

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
Placo	0,357					25
Coton recyclé	0,039					60
vide technique	0,110					20
bois / OSB	0,150					15
Ouate de cellulose	0,040	bois	0,130			200
Fibre bois	0,043					60

Pourcentage de surface de la section 1: 85%  
 Pourcentage de surface de la section 2: 15,0%  
 Pourcentage de surface de la section 3:

Total: **38,0** cm

Majoration de la valeur U: 0,01 W/(m²K) Valeur U: **0,140** W/(m²K)

N° de la paroi: 12ud **Toiture surélévation** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m²K/W]  
 Orientation de la paroi: **1-toit** intérieure R<sub>si</sub>: 0,10  
 Adjacent à: **1-air extérieu** extérieure R<sub>se</sub>: 0,04

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
Fibre de bois	0,045					60
bois / OSB	0,150					15
Ouate de cellulose	0,040	bois	0,130			220
vide d'air plénum	1,220					200

Pourcentage de surface de la section 1: 89%  
 Pourcentage de surface de la section 2: 10,8%  
 Pourcentage de surface de la section 3:

Total: **49,5** cm

Majoration de la valeur U:  W/(m²K) Valeur U: **0,158** W/(m²K)

N° de la paroi: 13ud **BSO sur mur existant** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m²K/W]  
 Orientation de la paroi: **2-mur** intérieure R<sub>si</sub>: 0,13  
 Adjacent à: **1-air extérieu** extérieure R<sub>se</sub>: 0,04

Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
BSO intégré à la MEX, type MAGU	0,022					40

Pourcentage de surface de la section 1: 100%  
 Pourcentage de surface de la section 2:   
 Pourcentage de surface de la section 3:

Total: **4,0** cm

Majoration de la valeur U:  W/(m²K) Valeur U: **0,503** W/(m²K)

N° de la paroi: 14ud **Mur existant - non structural encadré - Ajout béton cellulaire** Isolation intérieure?

Résistance superficielle [m<sup>2</sup>K/W]  
 Orientation de la paroi: 2-mur intérieure R<sub>si</sub>: 0,13  
 Adjacent à: 1-air extérieur extérieure R<sub>se</sub>: 0,04

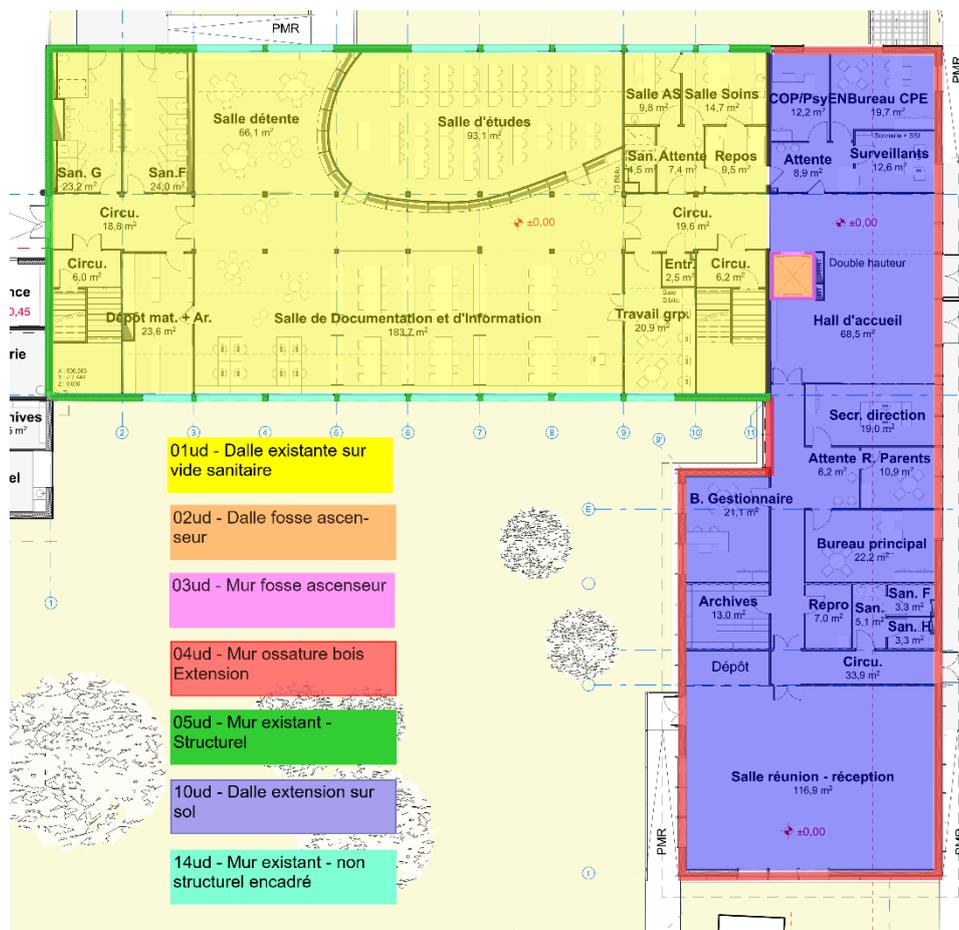
Section 1	λ [W/(mK)]	Section 2 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Section 3 (optionnelle)	λ [W/(mK)]	Epaisseur [mm]
Isolant	0,022					130
Béton cellulaire	0,200					140
Béton	2,000					100
Polystyrène	0,038					20
brique	0,300					35

Pourcentage de surface de la section 1: 100% Pourcentage de surface de la section 2: Pourcentage de surface de la section 3: Total: 42,5 cm

Majoration de la valeur U: Valeur U: 0,134 W/(m<sup>2</sup>K)

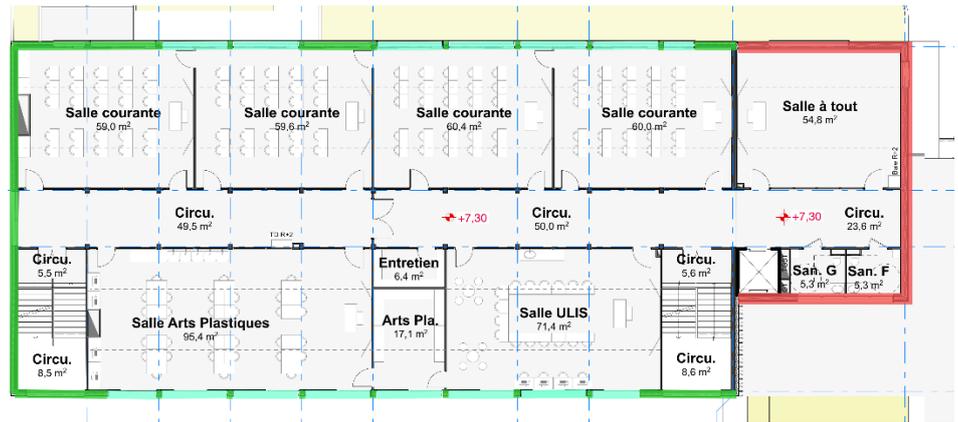
Repérage des parois :

Rez-de-chaussée :



**R+1 :**

- 04ud - Mur ossature bois Extension
- 05ud - Mur existant - Structurel
- 14ud - Mur existant - non structurel encadré



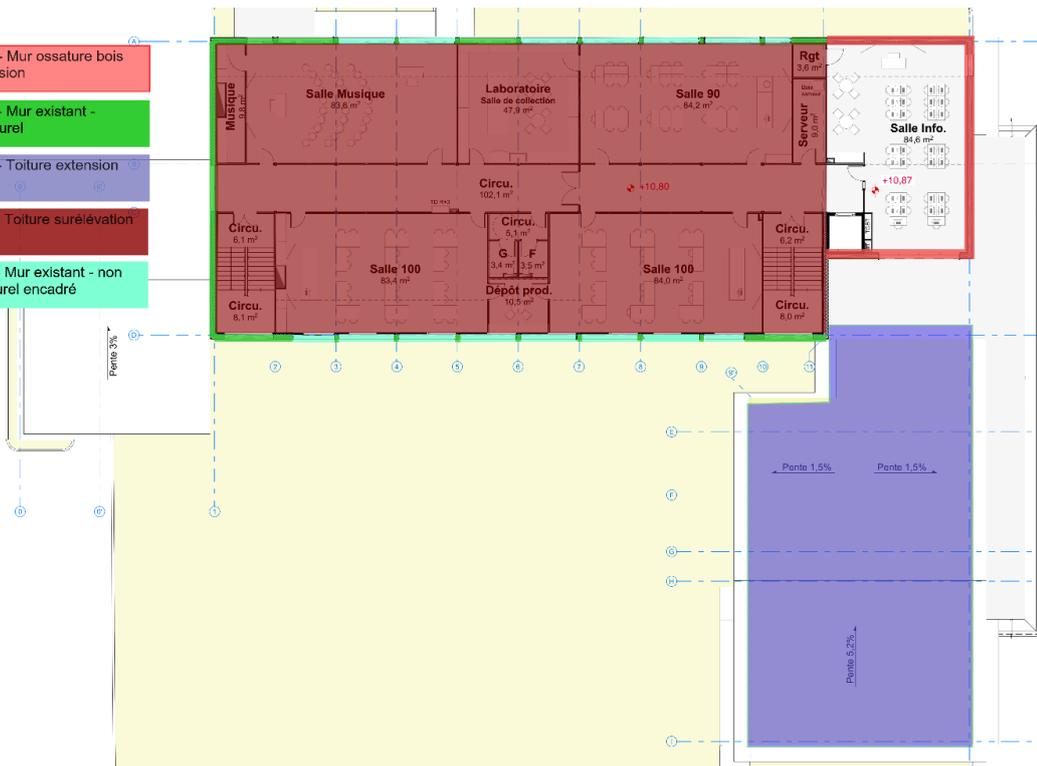
**R+2 :**

- 04ud - Mur ossature bois Extension
- 05ud - Mur existant - Structurel
- 14ud - Mur existant - non structurel encadré



**R+3 :**

- 04ud - Mur ossature bois Extension
- 05ud - Mur existant - Structurel
- 09ud - Toiture extension
- 12ud - Toiture surélévation
- 14ud - Mur existant - non structurel encadré



## Menuiseries

Ce manteau thermique est complété par la mise en œuvre de **menuiseries triple vitrage à très haute performance** ( $U_w < 0.85 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ ). Les vitrages sont sélectionnés pour leur qualité thermique, leur apport solaire favorable à la réduction du besoin de chauffage et leur apport en lumière naturelle.



Ces menuiseries, notamment les châssis au Sud, permettent les apports solaires passifs en hiver et participent à la réduction des besoins de chauffage du bâtiment.

## Étanchéité à l'air

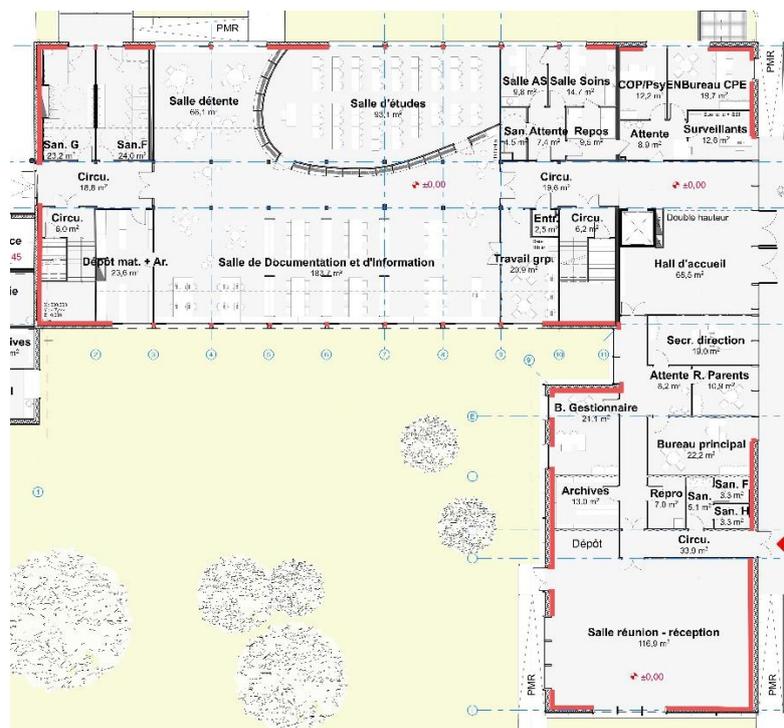
### Démarche

Le niveau d'étanchéité à l'air visé est de **0.6 volume/heure sous 50 Pascal** conformément au Label Passivhaus

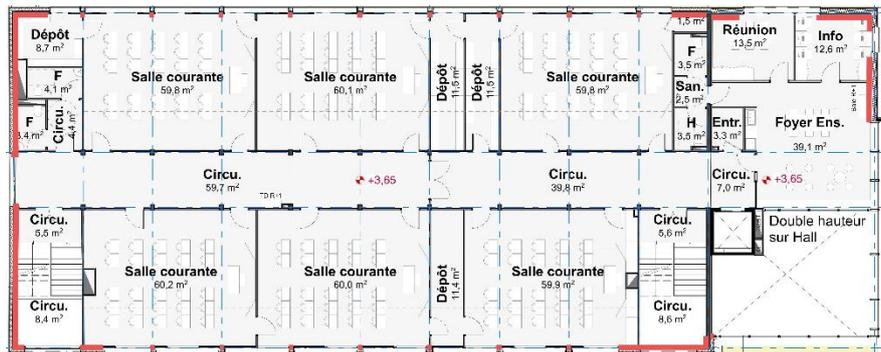
Une attention particulière sera donc apportée à la perméabilité à l'air du bâti. L'ensemble des points sensibles sera traité (menuiseries spécifiques à double joints, jonction bâti-menuiseries avec bandes d'étanchéité systématique, pénétrations des fluides, liaison entre panneaux de bois...). En phase chantier, le traitement de l'étanchéité à l'air est particulièrement suivi.

### Vue en plan

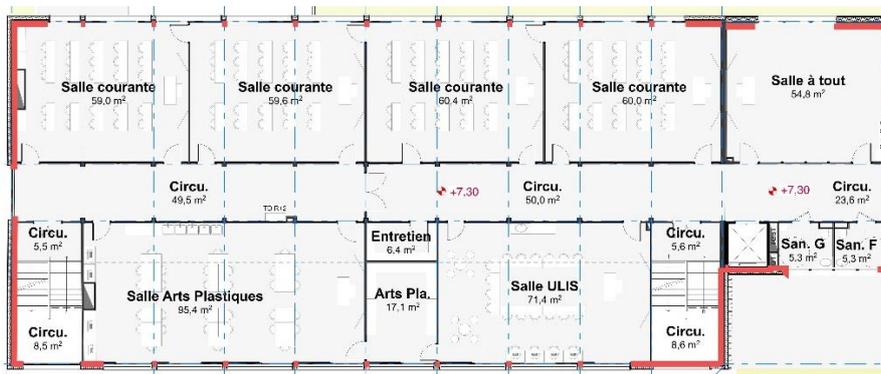
#### Rez-de-chaussée :



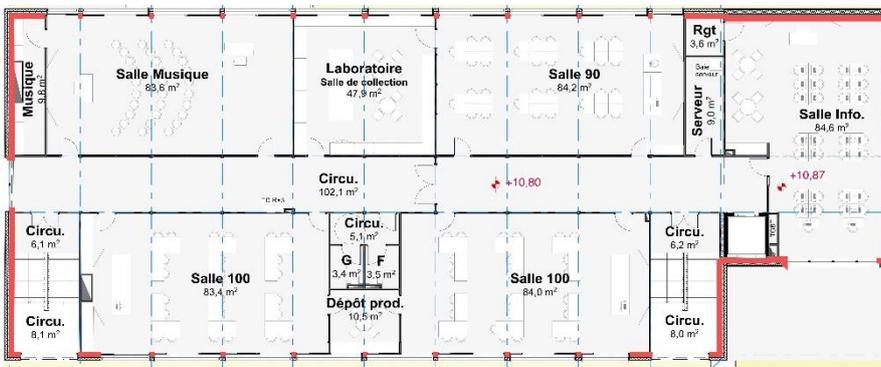
**R+1 :**



**R+2 :**



**R+3 :**



## Equipements techniques

### Ventilation

Le second axe de réflexion pour la réduction des consommations de chauffage repose sur la réalisation d'une ventilation performante.

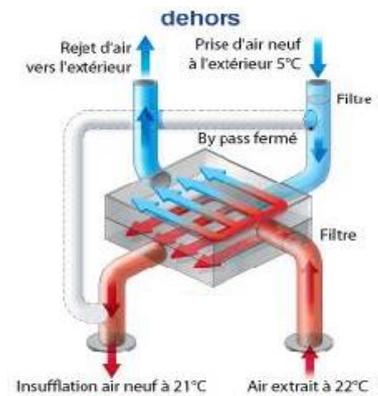
Le renouvellement d'air par la ventilation mécanique double flux est réalisé quasiment sans pertes d'énergie grâce au système de récupération de chaleur statique avec **un rendement minimum de 85% et certifié Passivhaus**.

En été, un by-pass permet de souffler l'air extérieur plus frais que l'air intérieur, sans qu'il soit réchauffé dans l'échangeur, cette gestion est nommée free-cooling.

La ventilation double flux à récupération d'énergie permet également de limiter les nuisances en provenance de l'extérieur :

- Pollution extérieure = filtration F7 de l'air entrant
- Nuisances sonores extérieures = des pièges à son.

Afin de réduire l'investissement et le coût d'entretien de la ventilation, le parti est pris de réaliser deux centrales d'air pour le bâtiment existant, une pour l'aile ouest et une autre pour l'aile est, et une centrale de ventilation pour l'extension. Il y aura donc au total 3 centrales de ventilation.



### Chauffage

La performance de l'enveloppe thermique et de la ventilation permet d'atteindre un besoin de chauffage résiduel inférieur à 15kWh/m<sup>2</sup>.an pour la partie neuve, et 25kWh/m<sup>2</sup>.an pour la partie rénovée.

Pour ces faibles besoins et afin d'atteindre l'équilibre technico économique du projet, le chauffage est assuré par la chaudière gaz existante qui alimentera les radiateurs déjà présents également.

Pour la partie extension, des bouches chauffantes soufflerons de l'air pour chauffer le bâtiment à 20°C.

Les bouches chauffantes permettront d'augmenter la surface utile des locaux par rapport à un radiateur classique. Chaque bouche sera pilotée par une sonde présente dans le local concerné afin d'assurer un confort optimum.

### Eau chaude sanitaire

Dans un bâtiment tertiaire Passivhaus, le poste de consommation d'eau chaude sanitaire est presque négligeable.

Le réseau d'eau chaude sanitaire sera alimenté à l'aide de ballons électriques à chaque point de puisage.

L'avantage est qu'il n'y a pas de perte de chaleur dans les réseaux et aucune maintenance est à prévoir pendant au moins une décennie.

### Eclairage

Les consommations électriques de l'éclairage sont optimisées par une conception architecturale favorisant l'éclairage naturel.

Les circulations communes sont équipées de luminaires à source LED couplés à une détection de présence et de luminosité si l'accès à la lumière naturelle est possible.

## Confort d'été

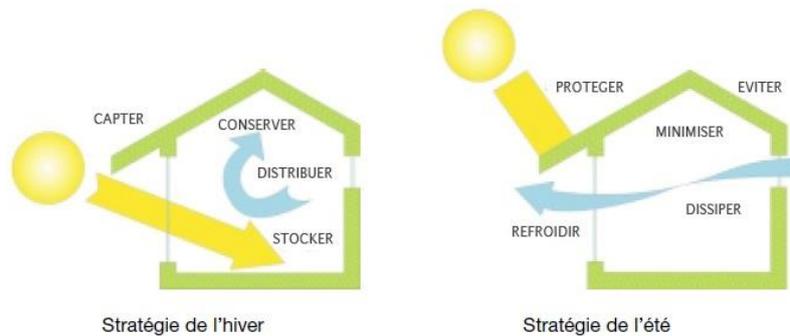
L'étude du comportement chaud des bâtiments passifs est essentielle. En effet, un bâtiment mal conçu entraîne invariablement des phénomènes de surchauffes dès la mi-saison.

### Stockage

Le bâtiment possède une bonne inertie grâce à la présence d'éléments béton structurels à l'intérieur de l'enveloppe thermique. La forte inertie du bâtiment contribue ainsi à réduire les phénomènes de surchauffes en « stockant » la fraîcheur pendant les périodes de forte exposition (apport solaire au zénith).

### Protection

Sur la partie extension, l'ensemble des menuiseries sud sont équipées de casquettes permettant de bloquer les apports solaires en été tout en profitant de ces derniers en hiver.



Des Brise-Soleil-Orientable (BSO) seront placés sur les vitrages Est et Ouest des salles de classe garantissant une protection solaire optimale. En jouant sur l'ouverture des BSO, il est possible de se protéger des intrusions et d'occulter la totalité de la fenêtre. En période estivale, les BSO permettent également de faire varier l'inclinaison des lames afin de conserver un éclairage naturel optimum tout en se protégeant des apports solaires directs.

Les apports solaires sont très énergétiques et sont la source première de surchauffe en été, mais également indispensable en hiver.

**Une journée d'été avec Activ'Home® :**



**8 h à 12 h : lames en position Confort Matin**  
Lames ouvertes, vous êtes protégé et, en même temps, vous profitez de la fraîcheur matinale et d'un maximum de lumière naturelle.

**12 h à 16 h : lames en position Confort Après-midi**  
Lames entrouvertes, vous êtes protégé du soleil, tout en maintenant une lumière naturelle diffuse.

**16 h à 20 h : lames en position Confort Soir**  
Lames semi-ouvertes, après les grosses chaleurs de la journée, vous ventilez et bénéficiez de la lumière naturelle, sans être gêné par le soleil couchant.

## Rafraîchissement naturel

En période estival, lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure, le bypass permet de souffler directement l'air neuf dans le bâtiment sans le faire passer sur l'échangeur de chaleur. Le bypass permet donc de ne pas surchauffer le bâtiment en été tout en garantissant une ventilation hygiénique efficace.

Des batteries adiabatiques seront ajoutées à chaque centrale de ventilation afin de rafraîchir le bâtiment de façon passive.

## Confort visuel

L'accès à la lumière naturelle dans les pièces est favorisé par de larges fenêtres sur les façades Est et Ouest.

Les circulations sont également équipées de baies favorisant l'apport de lumière naturel. Une attention particulière sera apportée vis-à-vis des choix de couleurs afin de favoriser la bonne diffusion de la lumière.

## Qualité d'air

### Ventilation

La ventilation mécanique double flux est dimensionnée pour garantir un renouvellement d'air minimal hygiénique.

L'extraction s'effectue dans les pièces humides ou les pièces à pollution spécifique afin de limiter les échanges d'odeur.

Le développement des bactéries dans l'air est limité par la filtration de l'air neuf en amont des locaux grâce au système double flux (filtre F7) et par le contrôle de l'encrassement des filtres de la centrale de traitement d'air. Ces derniers devront être changés dès que nécessaire et un suivi par contrat de maintenance sera fortement recommandé.

### Matériaux

Les produits en contact avec l'air intérieur ne dégageront pas de particules et de fibres cancérigènes. Les matériaux faiblement émissifs en formaldéhyde et en composés organiques volatiles (COV), avec des étiquettes A+ seront exigés. De plus, les produits de finitions intérieures seront choisis pour leur bonne durabilité et leur maintenance aisée.



Les panneaux composés de matériaux dérivés du bois seront à faible teneur en formaldéhydes et appartiendront à la classe E1.

## C. DURABILITE – ENTRETIEN-MAINTENANCE

### Matériaux

Un soin particulier est rendu quant aux choix des différents matériaux mis en œuvre dans le bâtiment, afin qu'ils aient une durée de vie maximum sans dégradation ni entretien excessif. Par exemple, les revêtements de sols sont adaptés à l'usage des locaux. Ainsi les locaux poubelles et le hall sont revêtus de carrelage afin de faciliter leur nettoyage.

### Equipements

Notre conception des solutions techniques et architecturales intègre, le plus en amont possible une double exigence : recherche de fonctionnalité maximum et recherche d'optimisation en coût global. La priorité est toujours donnée à des solutions économes en énergie mais simples en termes d'exploitation et éprouvées. C'est pourquoi nous nous sommes tournés vers les concepts énergétiques du Passivhaus avec une installation technique de chauffage très simple : le chauffage électrique direct.

La prise en compte des coûts d'exploitation est systématique dans le choix des différents matériels. Ils sont choisis dans des gammes robustes et facilement exploitables. La rationalisation et la simplification des matériels installés minimiseront les interventions et le stock de pièces de rechange et de consommables.

### Comptages Eau / Energie

Des comptages en eau et en énergie sont prévus et pourront permettre un suivi de toutes les consommations (électricité par poste, eau froide par logement, eau chaude par logement). Ces comptages permettront de confirmer que les consommations prévisionnelles de niveau passif sont bien respectées en cours d'exploitation.

### Eco-matériaux

La réduction de l'impact environnemental du bâtiment est réalisée non seulement par l'utilisation de matériaux à faible impact mais également par la réduction des besoins énergétiques du bâtiment. Les ressources sont ainsi préservées et les coûts sont optimisés pendant la durée de vie du bâtiment.

Le matériau bois est notamment mis en œuvre sur le projet. Le choix de ce matériau biosourcé participe à l'amélioration du bilan carbone du projet. Ce bois sera certifié PEFC ou FSC et proviendra des forêts françaises. Une certification CTB-P+ pour les produits de traitement du bois sera demandée afin de réduire son impact environnemental.

Le choix des autres matériaux s'effectuera sur la base de fiches de déclaration environnementales et sanitaires (FDES) et de déclarations environnementales produits (DEP), d'écolabels et d'éco certification, ainsi que sur les fiches techniques assurant leur pérennité.

La proximité des matériaux sera également favorisée afin de réduire leur impact écologique.





il est également prévu de remplacer la laine de verre acoustique à l'intérieur du bâtiment par un isolant en fibre de textile recyclé, l'isolant Métisse.

## 1. ANNEXES CALCUL PHPP.

