PHASE APD

PROJET DE RÉHABILITATION DU PAVILLON LE NORMAND AU POTAGER DU ROI

MISSIONS FLUIDES & THERMIQUE



POTAGER DU ROI - BÂTIMENT LE NORMAND

ADRESSE :
10 RUE DU MARÉCHAL JOFFRE,
78000 VERSAILLES

VERSION v1b
JUIN 2026

IMPACT CONSEILS & INGÉNIERIE
41 rue Horace Vernet
59110 LA MADELEINE

Sommaire

1.	PRÉSENTATION	3
2.	THERMIQUE	6
3.	CONFORT THERMIQUE	21
4.	RÉSULTATS - CALCUL DE CONFORT THERMIQUE STD	25
5.	CONFORT VISUEL	29
6.	SYSTÈMES TECHNIQUES	36
7.	MATÉRIAUX	46
8.	ETUDES HYGROTHERMIQUES DES PAROIS	48

1 PRÉSENTATION

1. 1 - Préambule

Le projet de rénovation porte sur le bâtiment le Normand, situé dans le Potager du Roi à Versailles où se trouve l'École Nationale Supérieure de Paysage. Elle accueille aujourd'hui les étudiants en master de paysage, et diplôme 70 étudiants par an.

Le projet permettra ainsi la rénovation du bâtiment Le Normand.

1. 2 - Contenu de la notice

La notice permet de préciser les éléments de conception d'avant-projet définitif et notamment :
- estimation des consommations énergétiques et des déperditions sur l'existant
- estimation des consommations énergétiques et des déperditions sur l'état rénové
- évaluation du confort thermique sur l'état rénové
- description des compositions des parois rénovées
- description des compositions des systèmes techniques

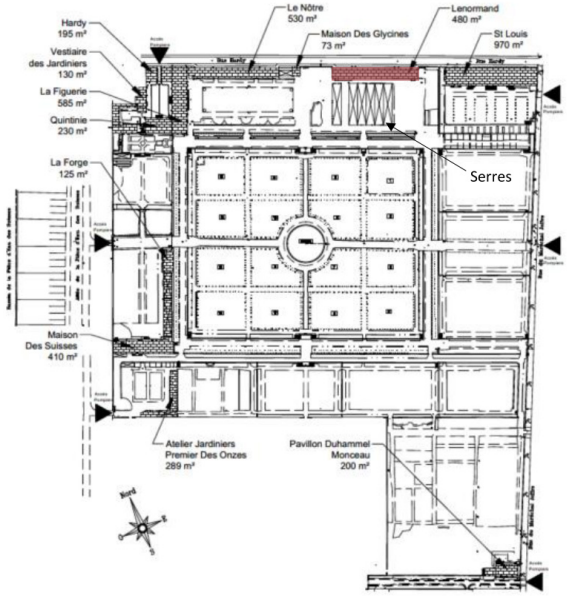
1. 3 - Objectifs

Repenser la performance énergétique du bâti tout en préservant sa qualité architecturale :
Le bâtiment actuel présente un intérêt architectural certain mais présente un état de performance énergétique quasi-inexistant.

Dans le cadre de la rénovation, il y a lieu de réduire efficacement ces dépenses en envisageant une rénovation complète du bâti et des équipements pour améliorer les performances énergétiques du pavillon. Le recours au réemploi des matériaux existants est fortement motivé ainsi que l'utilisation des matériaux sains faiblement émetteurs de carbone (en particulier les matériaux d'origine biosourcée et géosourcée) afin de réduire l'impact environnemental du projet tout en conservant d'excellentes performances techniques.

1. 4 - Le bâtiment et son contexte

Le bâtiment
Le Potager du Roi fait partie du domaine national du château de Versailles et du périmètre du site inscrit au patrimoine mondial de l'UNESCO. Il est classé monument historique dans son intégralité depuis mai 2024 et le jardin est classé « jardin remarquable ». Le bâtiment Le Normand est donc classé au titre de Monument Historique.



Plan d'ensemble du Potager du roi

Le bâtiment Le Normand a été édifié entre 1956 et 1958 sous la direction de Pierre Labaude. Il a fait l'objet d'une rénovation partielle en 1996–1997. En 2013, des travaux de réfection des faux plafonds du premier étage du bâtiment Le Normand ont été réalisés. Enfin, en 2024 et 2025, la toiture a fait l'objet de travaux d'urgence à la suite de la chute d'éléments sur la voirie.

Le bâtiment est implanté en limite séparative nord, le long de la rue Hardy. Un léger retrait est toutefois observé par rapport à la clôture du XVIIe siècle bordant la rue. Il est édifié sur caves, accueillant des locaux de stockage et des locaux techniques.

Le bâtiment se compose d'un rez-de-chaussée, accessible de plain-pied en façade sud depuis le parterre du potager, et d'un étage sous les combles. Les caves sont situées au niveau de la rue.

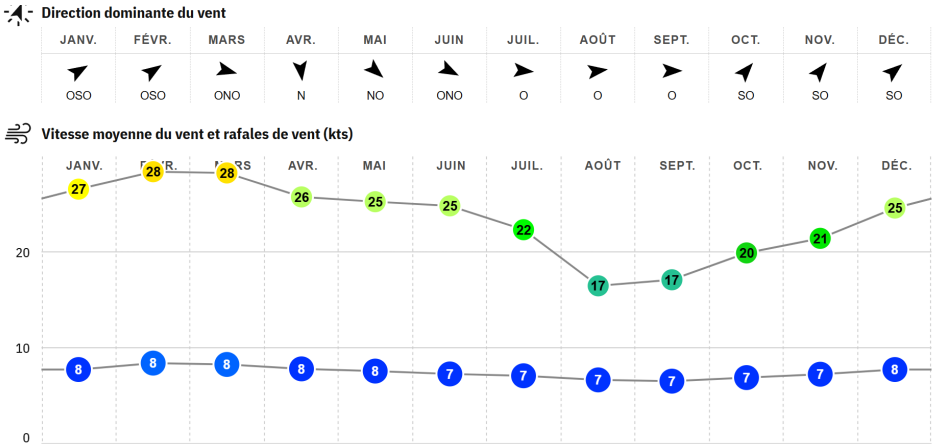
Les toitures sont constituées de brisis et de terrassons en ardoises, posées au crochet cuivre, avec membrons et faîtage en plomb.

Contexte bioclimatique

Le bâtiment est implanté en milieu urbain moyennement dense. Il possède deux façades principales avec ouvertures : Sud et Nord. Son orientation Sud offre une exposition solaire importante une grande partie de la journée. Effectivement, il n'y a que la façade Sud côté jardin qui permet au bâtiment de recevoir des rayonnement solaire directe. Tandis que la façade rue Hardy est située au Nord, reçoit uniquement des rayonnements solaires indirectes.

L'exposition aux vents dominants (Sud-Ouest en période hivernale) est légèrement limitée par les serres situées au sud. Le bâtiment est relativement exposé aux vents dominants.

En synthèse, le bâtiment semble propice à exploiter le contexte bioclimatique au regard de son implantation. Les rayonnements solaires directes pourront être utilisés l'hiver afin de bénéficier des calories passives, qui seront utilisées comme complément au chauffage naturel. Toutefois, en période estivale il faudra occulter les ouvertures pour éviter les surchauffes. Un système de ventilation naturelle peut être intéressant à mettre en place en cas de forte chaleur.



Statistiques mensuelles sur la vitesse et la direction du vent pour base aérienne de Vélizy-Villacoublay

Les statistiques mensuelles sur la vitesse et la direction du vent sont prises pour la base aérienne de Vélizy-Villacoublay.

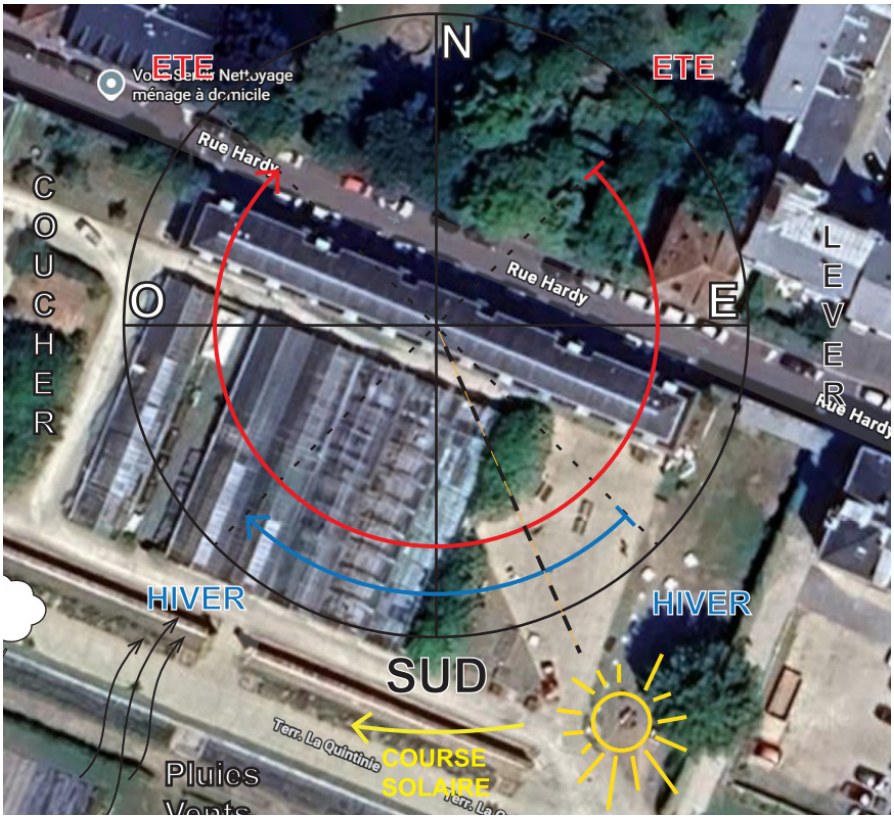


Schéma d'héliodon du projet illustrant son insertion dans le contexte bioclimatique

2 THERMIQUE

2. 1 - Thermique Réglementaire

Bâtiment existant - Réglementation thermique existante

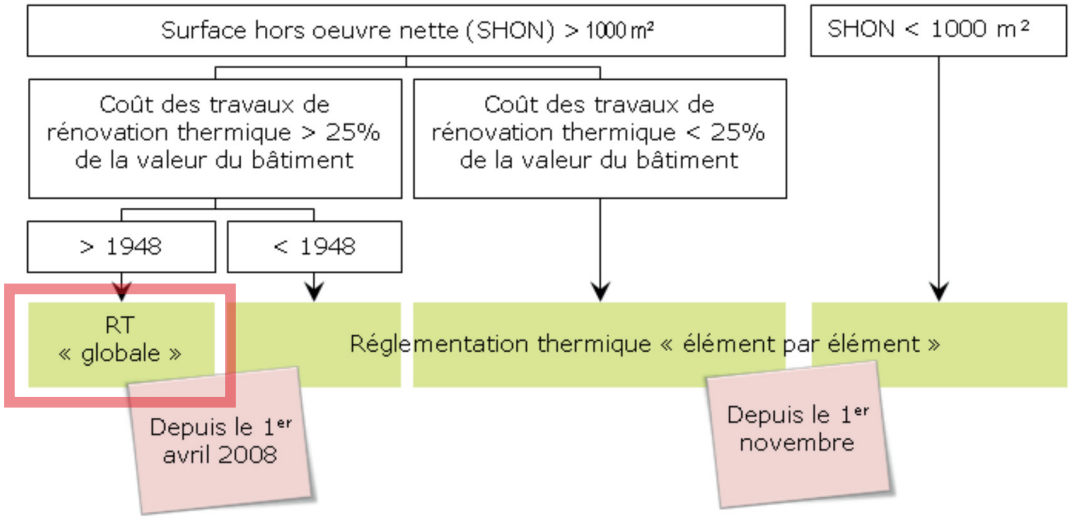
Au sens de la réglementation, l'usage principal du bâtiment est un lieu d'enseignement secondaire.

Cet usage est dans le champ d'application de la Réglementation thermique, cependant le bâtiment existant Le Normand est classé Monument Historique, ses propres règles s'appliquent alors.

Les bâtiments soumis à la Réglementation thermique sur l'existant peuvent être soumis à deux dispositifs différents en fonction de leur caractéristiques et de l'ampleur des travaux de rénovation.

Surface habitable bâtiment : 1100 m²
SHON : 1390 m² environ > 1000 m²
Date de construction postérieure à 1948 : oui
Valeur du bâtiment : 2 043 604€HT (au sens de la réglementation RT Ex (1466 €HT/m2 SHON) - Valeur 1er Janvier 2022)

Le bâtiment Le Normand rentre donc dans le dispositif de réglementation thermique RT «globale» suivant l'arrêté du 3 mai 2007 modifié par l'arrêté du 22 mars 2017.



Le tableau ci-dessous indique, à titre informatif uniquement, les prescriptions d'enveloppe thermique minimales réglementaires pour les bâtiments existants afin de limiter l'impact sur l'environnement et de réduire les consommations énergétiques :

Situé à Versailles, le Potager du Roi relève de la zone climatique H1a. Ci-dessus les résistances thermiques minimales.

Type de parois	R minimal (valeur garde-fou réglementaire) en m².K/W	Préconisation de construction minimale pour ce projet
Murs en contact avec l'extérieur et rampants de toitures de pente supérieure à 60°	3,2	Doublage thermique par 40+120 mm d'isolant type fibre de bois* ou 200 mm de bloc chaux-chanvre* Isolant 80+160mm type fibre de roche
Rampants de toiture de pente inférieure 60°	5,2	Isolant 80+160mm type fibre de roche
Murs sur espaces non chauffés	2,5	Doublage thermique par 140 mm d'isolant type polystyrène extrudé*
Planchers de combles perdus	5,2	Doublage thermique par 450mm d'isolant type ouate cellulose
Plancher bas sur vide sanitaire ou local non chauffé	3	Doublage thermique par 140 mm d'isolant type flocage laine minérale*
Fenêtres	Uw < 1,9 W/m².K	Menuiseries double vitrage à rupteur de pont thermique : Uw < 2,75 W/m2.K Ug <1,2 W/m2.K

*Compris ponts thermiques structurels

Cependant, l'article R.131-25 du code de la construction et de l'habitation nous informe : « A noter, que l'article R.131-25 du code de la construction et de l'habitation définit des bâtiments exemptés de l'application de la réglementation. Les bâtiments classés monuments historiques sont notamment concernés. ». Ses propres règles s'appliquent.

Toutefois, lorsqu'il est possible, la majorité des compositions de parois respectent les niveaux d'isolation requis pour l'obtention des Certificats d'Economie d'Energie (CEE).

2. 2 - Caractéristiques d'enveloppe du bâtiment

Existant - caractéristiques techniques - parois

Parois	Composition	U supposé ($m^2.°C/W$)	Performance thermique	Etat globale / désordres	Légende sur plan de repérage
Plancher bas sous-sol	Dallage béton non isolé	2,93	⊗	⊗	
Plancher haut sous-sol	Dalle béton	2,35	⊗	⊗	
Plancher haut R+1	Structure bois + isolant	2,61	⊗	⊗	
Murs extérieurs non isolés - sous-sol	Maçonnerie pierre hourdie au ciment	2,03	⊗	⊗	
Murs extérieurs non isolés - RDC	Maçonnerie pierre hourdie au ciment non isolé	2,03	⊗	⊗	
Murs extérieurs isolés - RDC	Maçonnerie pierre hourdie au ciment + plaque plâtre + polystyrène 40mm + plaque plâtre	0,51	!	!	
Murs extérieurs non isolés - R+1 (pan de toiture)	Ardoise + Structure bois	5,72	⊗	⊗	
Murs extérieurs isolés - R+1 (pan de toiture)	Ardoise + Structure bois + polystyrène 40mm + plaque de plâtre	0,88	!	!	

Existant - caractéristiques techniques - menuiseries

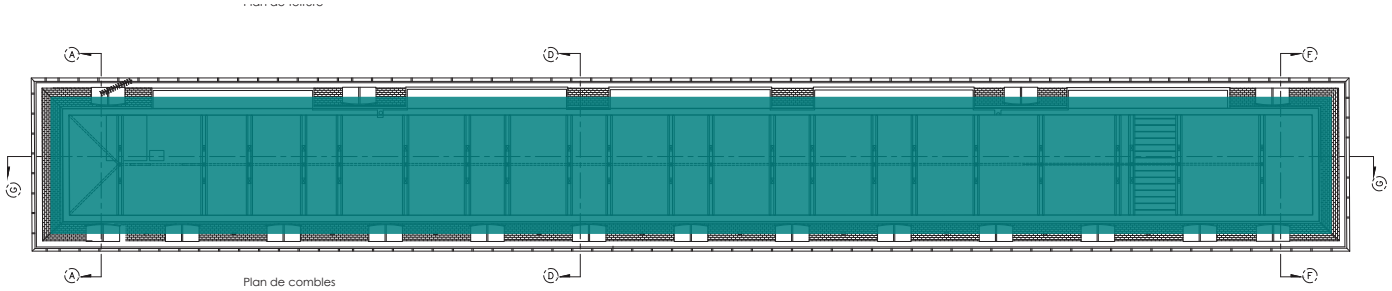
Menuiseries	Type	Uw supposé ($W/m^2.°C$)	Performance thermique	Etat globale / désordres	Légende sur plan de repérage
Menuiserie SV - type A	Fenêtre simple vitrage - Bois Dimensions (Lxh) 88 x 64 cm	4,1	⊗	⊗	
Menuiserie SV - type B	Fenêtre simple vitrage - Bois - Imposte Dimensions (Lxh) 224 x 202 cm	4,1	⊗	⊗	
Menuiserie SV - type C	Fenêtre simple vitrage - Bois Dimensions (Lxh) 65 x 110 cm	4,1	⊗	⊗	
Menuiserie SV - type D	Fenêtre simple vitrage - bois Dimensions (Lxh) 175 x 225 cm	4,1	⊗	⊗	
Menuiserie SV - type E (porte)	Porte simple vitrage - bois Dimensions (Lxh) 175 x 225 cm	4,1	⊗	⊗	
Menuiserie SV - type F (porte)	Porte simple vitrage - bois Dimensions (Lxh) 100 x 110 cm	4,1	⊗	⊗	
Menuiserie SV - type G	Fenêtre simple vitrage - bois Dimensions (Lxh) 100 x 150 cm	4,1	⊗	⊗	
Menuiserie SV - type H	Fenêtre simple vitrage - bois Dimensions (Lxh) 230 x 145 cm	4,1	⊗	⊗	
Menuiserie DV - type G	Fenêtre double vitrage - bois Dimensions (Lxh) 100 x 150 cm	2,0	!	!	

Existant - étanchéité à l'air

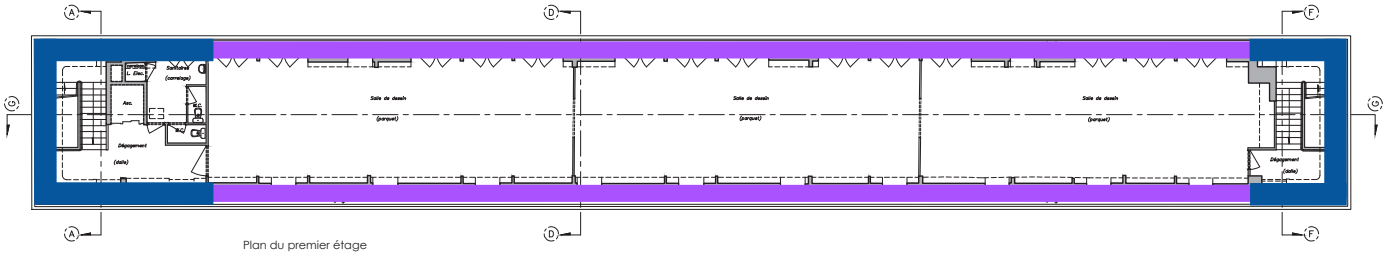
Bâtiment	Description de l'enveloppe étanche à l'air	Valeur Q4 supposée ($m3/(h.m^2)$)	Performance thermique
Bâtiment existant	*Structure mixte, murs en maçonnerie pierres hourdie au ciment et planchers bétons *Menuiseries extérieures simple vitrage non étanches	4	⊗

2. 3 - Plan de repérage des compositions de paroi

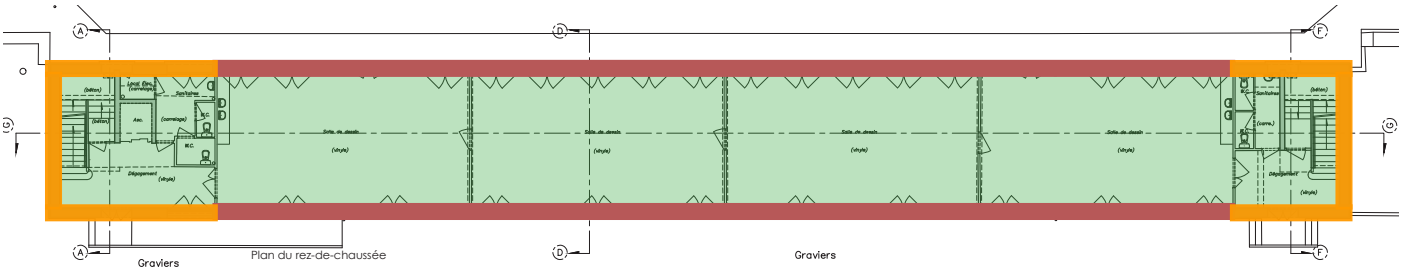
2.3.1. Planchers et murs



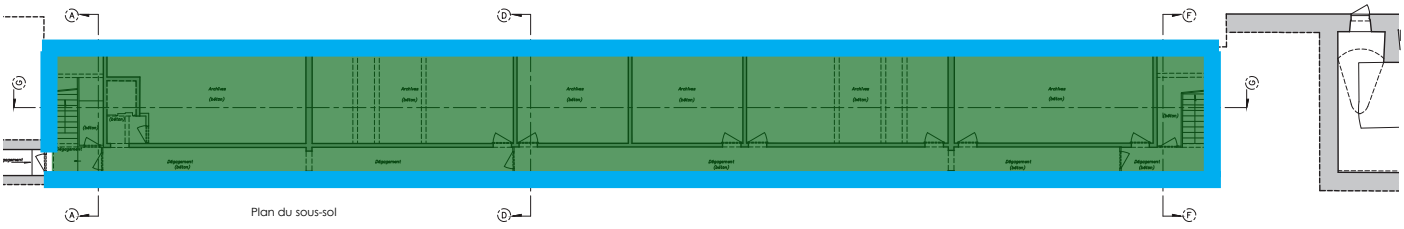
Plan de combles



Plan du premier niveau



Plan du rez-de-chaussée



Plan du sous-sol

Légende

Plancher bas sous-sol

Plancher haut sous-sol

Plancher haut R+1

Murs extérieurs non isolés - sous-sol

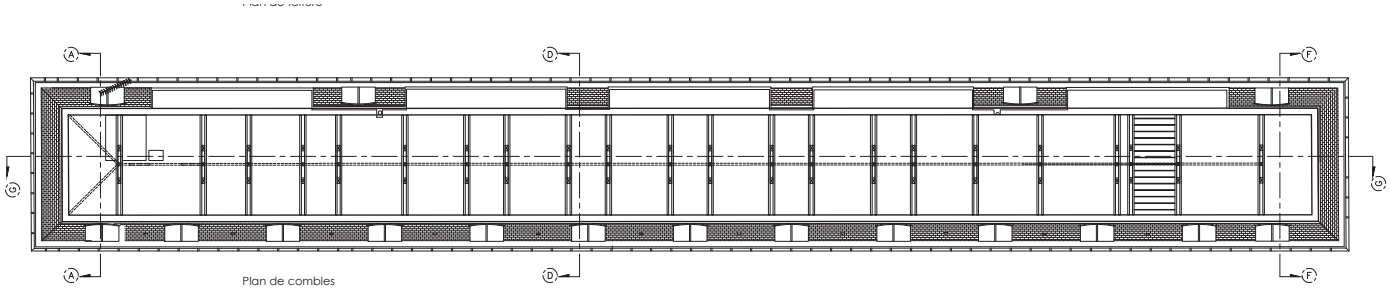
Murs extérieurs isolés - RDC

Murs extérieurs non isolés - RDC

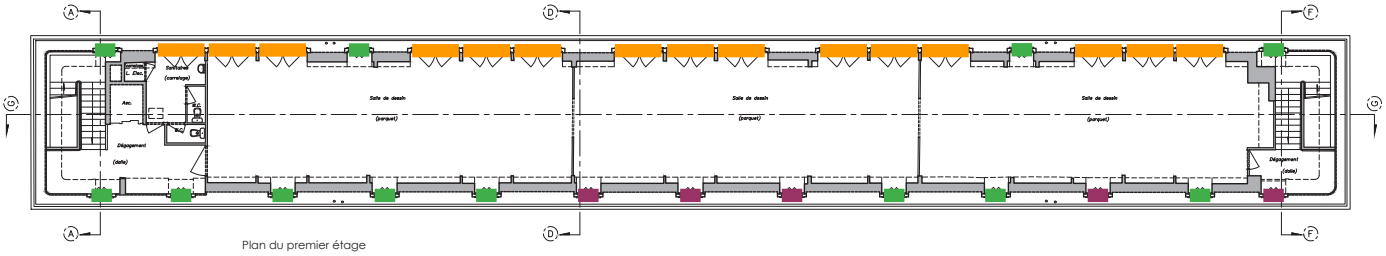
Murs extérieurs isolés - pan de toiture

Murs extérieurs non isolés - pan de toiture

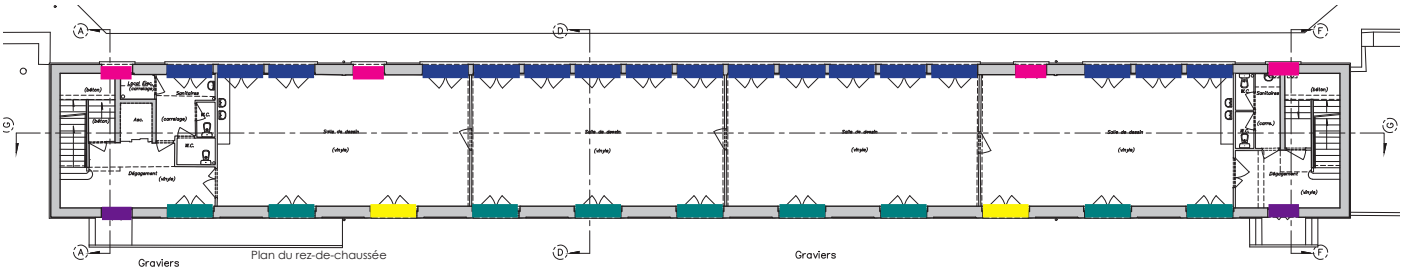
2.3.2. **Menuiseries**



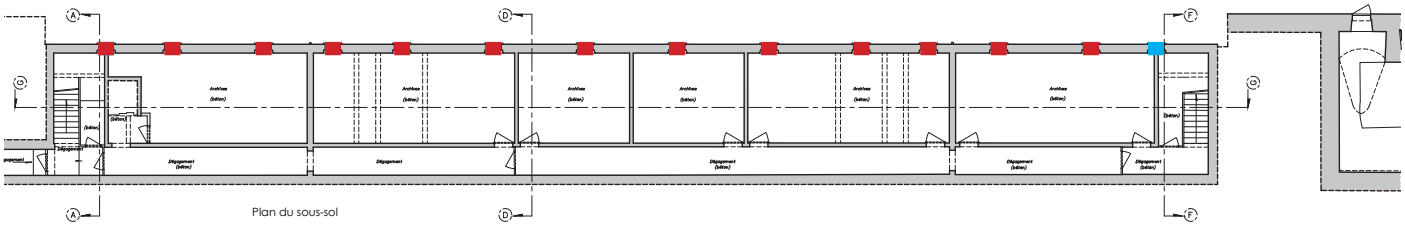
Plan de combles



Plan du premier niveau



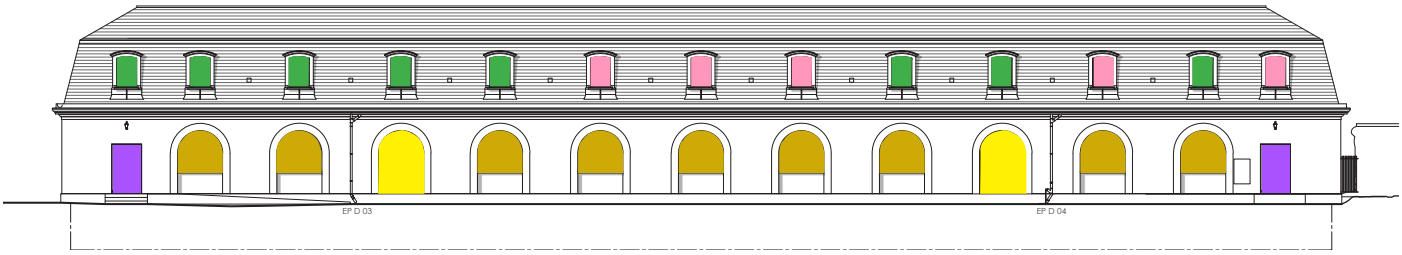
Plan du rez-de-chaussée



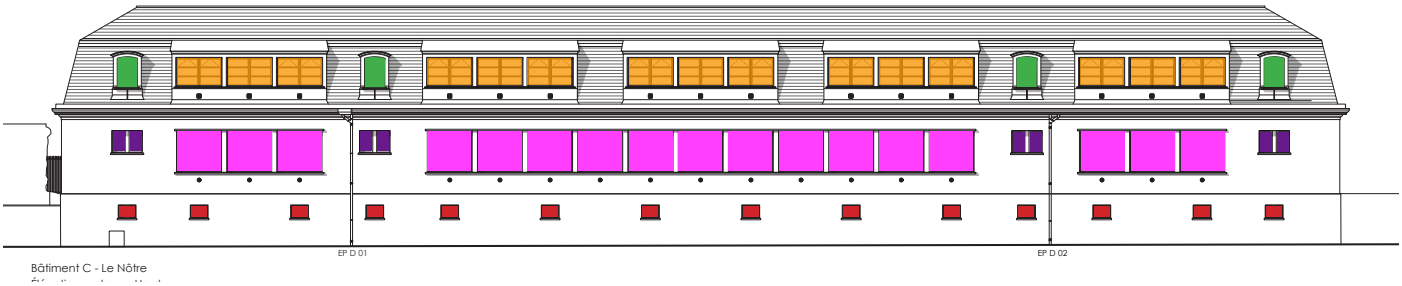
Plan du sous-sol

Légende

Menuiserie SV - type A		Menuiserie SV - type F	
Menuiserie SV - type B		Menuiserie SV - type G	
Menuiserie SV - type C		Menuiserie DV - type G	
Menuiserie SV - type D		Menuiserie SV - type H	
Menuiserie SV - type E			



Façade Sud (côté jardin)



Façade Nord (côté rue Hardy)

Aucune ouverture n'est présente en façade Ouest et Est.

Légende

- Menuiserie SV - type A
- Menuiserie SV - type B
- Menuiserie SV - type C
- Menuiserie SV - type D
- Menuiserie SV - type E
- Menuiserie SV - type F
- Menuiserie SV - type G
- Menuiserie DV - type G
- Menuiserie SV - type H

2. 4 - Calcul thermique suivant la méthode réglementaire Th-CE-Ex

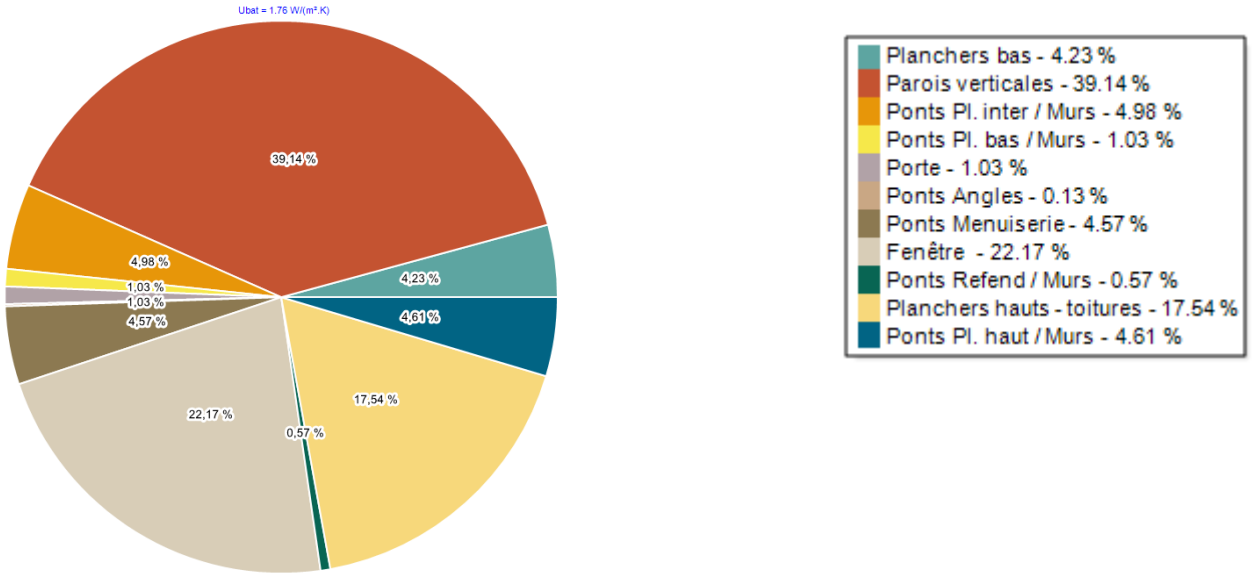
Le bilan des consommations énergétiques est réalisé à l'aide du moteur de calcul RT globale qui permet d'évaluer les consommations des différents postes.

Hypothèses de calcul
Le détail de l'ensemble des hypothèses de calcul est disponible dans le rapport d'étude thermique fournie en annexe 1.

Quelques précisions cependant :

*Hypothèses d'usages
Les consommations ont été calculées en tenant compte de l'usage du bâtiment, qui demeurera inchangé à l'avenir, à savoir :
- Un usage ERP pour tous les locaux

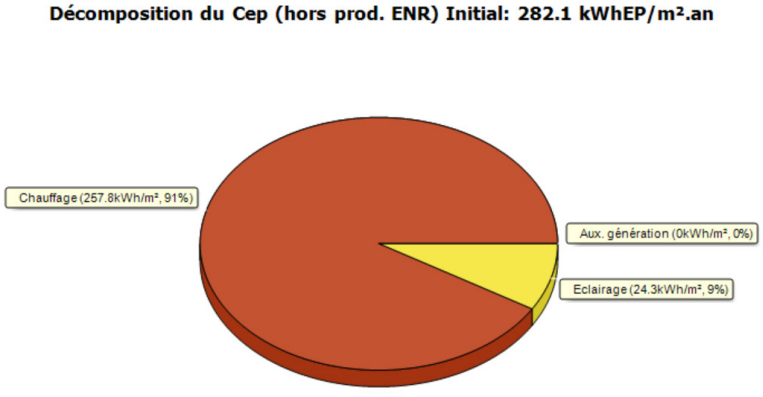
Résultats de calculs - déperditions - état existant



Déperditions thermiques de l'existant - extrait du logiciel Pleiades

Les déperditions thermiques se présentent principalement dans les parois verticales (39,14%), manquant d'isolants ; dans les fenêtres (22,17%) en simple vitrage pour la majorité ; et dans le plancher haut du R+1-toitures (17.54%) manquant d'isolant.
Le coefficient de transmission thermique moyen est de 1,78 W/(m².K)

Résultats de calculs - Consommation en énergie primaire réglementaire de l'existant

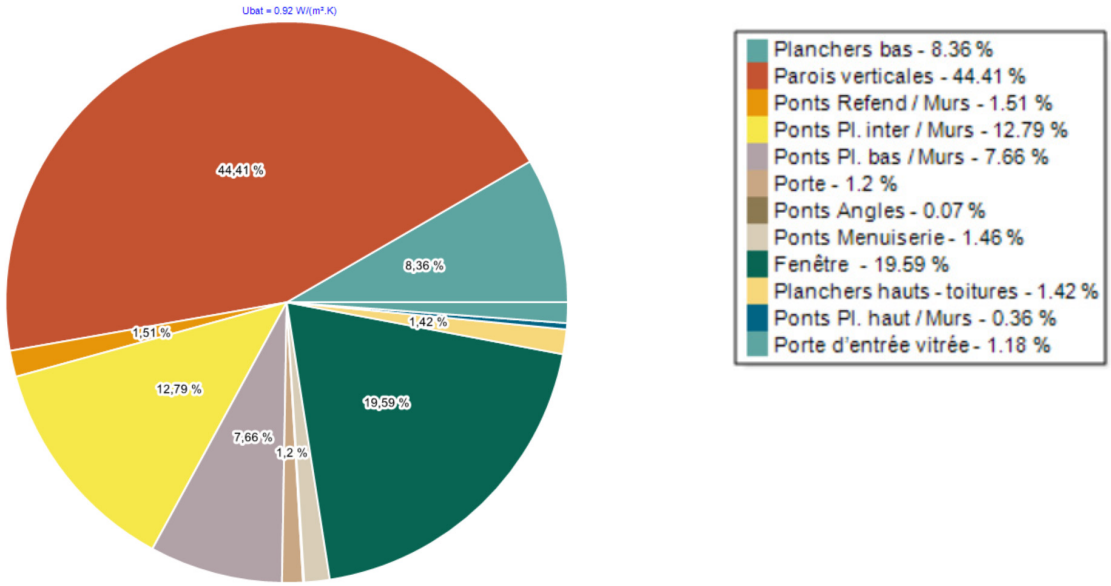


Consommation d'énergie primaire de l'état existant - extrait du logiciel Pleiades

Résultats de calculs - déperditions - état rénové

Pour ce projet, nous avons imaginé plusieurs scénarios :
- scénario 1 : utilisation d'isolant biosourcés
- scénario 2 : utilisation d'isolants dit « conventionnels »

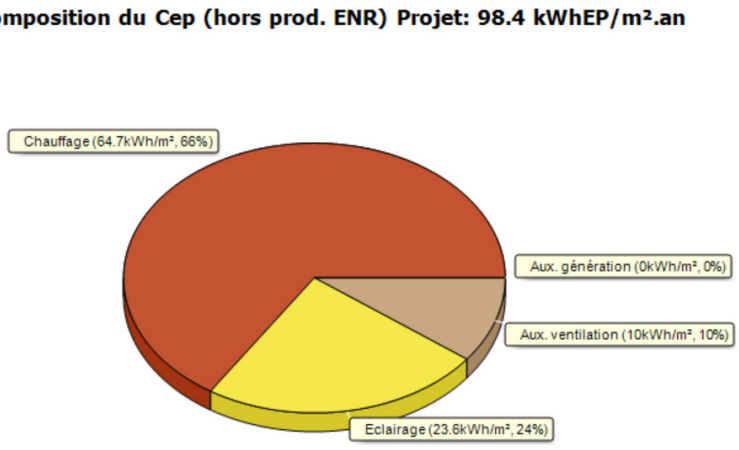
Les calculs sont effectués en se basant sur le scénario 1 où les isolants sélectionnés sont de type biosourcés. Les hypothèses prises pour ces calculs sont détaillées dans le paragraphe 3.3-hypothèses de modélisation. Les résultats sont considérés pour l'option B, combles perdus conservés.



Déperditions thermiques de l'état rénové - extrait du logiciel Pleiades

La restauration entraîne une réduction significative des déperditions thermiques à l'état rénové. La répartition des pertes évolue : le plancher bas du sous-sol devient une source plus importante de déperditions, de même que certains ponts thermiques non traitables en raison du choix d'une isolation par l'intérieur
Le coefficient de transmission thermique moyen est abaissé à de 0,92 W/(m².K)

Résultats de calculs - Consommation en énergie primaire réglementaire de l'état rénové



Consommation d'énergie primaire de l'état rénové - extrait du logiciel Pleiades

2. 5 - Synthèse des consommations

Synthèse des résultats	Etat existant	Base CEP Ref	Etat rénové
Surface chauffée 1130 m2	kWhep/m2.an	kWhep/m2.an	kWhep/m2.an
Chauffage	267,6	116,9	64,7
Auxiliaires ventilation	0	15,2	10
Eclairage	23,8	51,7	23,6
Total	291,4	183,5	98,4
Gain (Par rapport CEP Ref 183.5 kWhep/m2.an)			47%

Les modifications apportées au projet permettent, avec les hypothèses actuelles, de réduire de 47% la consommation d'énergie primaire.

2. 6 - Évaluation du confort thermique de l'existant

Confort	Type	Niveau de confort	Remarques
	Isolation thermique		Quelques parois isolées, et pas de manière uniforme
Confort hygrothermique	Hygrothermie		*Ventilation des locaux insuffisante.
	Inertie		Principe constructif massif des bâtiments pouvant apporter une bonne inertie. (structure béton)
	Etanchéité à l'air		Médiocre. Fuites d'air importantes.
	Orientation des locaux		Ensemble des ateliers orientés au Sud provoquant des surchauffes estivales.
Confort d'été	Protections solaires		Rideaux extérieurs obsolètes, hors service. Protections solaires artisanales faites à partir de feuilles de papier.
	Rafraichissement		*Ventilation naturelle par ouvertures des fenêtres.
Qualité de l'air	Ventilation de confort		Renouvellement d'air par manque d'étanchéité à l'air du bâtiment et par ouverture des fenêtres, énergivore en hiver.
	Ventilation hygiénique		Aucun renouvellement d'air, CTA éteinte. Seulement une extraction d'air des sanitaires par VMC.
Lumière naturelle	Tous locaux		Lumière diffuse et locaux traversant Nord/Sud. Bâtiment peu épais. Peu de lumière dans le sous-sol mais pas important au vu de son usage.
Acoustique	Bruits extérieurs		*Ecole située en site urbain moyennement dense. *Ecole suffisamment éloignée des infrastructures routières bruyantes selon la cartogtaphie de carto.bruitparif.fr. La rue Hardy présente un niveau sonore moyen de 55-60dB.
	Entre locaux		Isolation acoustique mauvaise entre salles de classe voire inexistante.

2. 7 - Scénarios de rénovation énergétique - descriptif des prestations

Nous rappelons les scénarios imaginés :
- scénario 1 : utilisation d'isolants biosourcés
- scénario 2 : utilisation d'isolants dit « conventionnels »

Les niveaux d'isolation recommandés s'appuient sur les exigences du BBC rénovation et des Certificats d'Économies d'Énergie (CEE), ainsi que, le cas échéant, sur la réglementation thermique existante.

Elles décrivent principalement les isolations à mettre en place pour l'option B par défaut, avec combles perdus toujours en place comme actuellement, sinon pour l'option A si notifications.
Comme le stipule les observations de la Décision d'admission des prestations, l'option A d'ouverture des combles reste en option.

Les tableaux ci-après définissent nos préconisations d'isolation thermique pour respecter la thermique réglementaire le cas échéant, pour maximiser le confort thermique tant l'hiver que l'été et pour réduire les consommations énergétiques :

Parois / Élément		Composition de la paroi	Performance thermique
Plancher bas sous-sol **PB_01**		* Sur terre-plein * Dalle en béton armé	Non isolé
Plancher haut sous-sol **PH_01**		* Isolation en sous face type flocage, laine minérale à projeter Knauf, ép 14cm (λ=0,038) * Béton armé, ép. 28cm * Revêtement de sol	R > 3 m².K/W visée **Eligible CEE** Rréel = 4,1 m².K/W A confirmer selon contrainte archi (hsp)
Plancher haut R+1 (Combles) **PH_02**	Scénario 1 - biosourcé	*Isolant biosourcé type ouate de cellulose ép. 45cm (λ=0,039 W/m.K), masse volumique = 25 à 40 kg/m3 *Structure bois *pare vapeur hygrovariable *Plaque plâtre/Panneau de fibres-gypse	R > 6 m².K/W visée **Eligible CEE** Rréel = 11,5 m².K/W A vérifier charge admissible plancher haut combles Rréel = 8,0 m².K/W
	Scénario 2 - conventionnel	*Isolant conventionnel laine de roche en rouleau ép. 32cm ((λ=0,04 W/m.K) *Structure bois *pare vapeur *Plaque plâtre/Panneau de fibres-gypse	
Murs extérieurs - Sous-sol **Mext_01**		* Maçonnerie pierre au ciment * Isolant imputrécible type polystyrène extrudé ép. 14cm (λ=0,039 W/m.K) *Plaque plâtre/Panneau de fibres-gypse	R > 3,7 m².K/W visée **Eligible CEE** Rréel = 4,1 m².K/W

Murs extérieurs RDC **Mext_02**	Scénario 1 - biosourcé	* Maçonnerie pierre hourdie au ciment * Isolant type chaux-chanvre, ép. 20 cm (λ=0,071 W/m.K) Sud / Isolant type fibre de bois ép 12+4cm (λ=0,038 W/m.K) Nord *pare vapeur hygrovariable (Nord) * Enduit de finition géosourcé (Sud) / Plaque plâtre ou panneau fibres-gypse (Nord)	R > 2,9 m².K/W visée façade Sud Rréel = 3,1 m².K/W R > 3,7 m².K/W visée façade Nord **Eligible CEE** Rréel = 4,1 m².K/W
	Scénario 2 - conventionnel	* Maçonnerie pierre hourdie au ciment *Isolant type laine minérale (roche), ép. 12+4 cm (λ=0,04 W/m.K) toutes façades * Plaque plâtre/Panneau de fibres-gypse	R > 3,7 m².K/W visée **Eligible CEE** Rréel = 4,9 m².K/W
Rampant de toiture R+1 **Mext_03** **(dont option A rampants jusqu'au faîtage)**	Scénario 2 - conventionnel	* Ardoise * Toiture bois * Isolant type laine de roche ép. 8 (complexe toiture)+ 16 cm (λ=0,038 W/m.K) * Plaque plâtre/Panneau de fibres-gypse	R > 6 m².K/W visée **Eligible CEE** Rréel = 6,2 m².K/W
Chiens assis toiture R+1 **Mext_03b**	Scénario 2 - conventionnel	* Ardoise * Toiture bois * Isolant compact type polystyrène expansé à partir de 80mm ép (λ=0,039 W/m.K) - à confirmer selon dimension menuiseries *Plaque plâtre/Panneau de fibres-gypse	R > 2 m².K/W visée Rréel = 2,0 m².K/W
Murs extérieurs RDC (pignons) **Mext_04**		*Maçonnerie pierre hourdie au ciment * Correcteur thermique enduit chaux-chanvre projeté ép30mm (λ=0,071W/m.K)	
Cloison séparative isolante (entre pignon et salle d'enseignement RDC) **Mint_01**		*Plaque plâtre/Panneau de fibres-gypse * Isolant type fibre de bois ép. 14 cm (λ=0,036 W/m.K) type STEICOflex *Plaque plâtre/Panneau de fibres-gypse	R > 3,7 m².K/W visée Rréel = 3,8 m².K/W

Remarques :

Dans le cas d'une pose d'un isolant en vrac (type ouate de cellulose) pour le plancher haut du R+1 (combles), un chemin de câble est prévu pour accueillir les fourreaux qui seraient posés dans le futur afin d'éviter une hétérogénéité de la couche isolante.

La masse volumique de l'isolant posé dans les combles sur plancher haut du R+1 ou sur rampants devra être la plus importante possible afin de favoriser le déphasage thermique dans le but de limiter les surchauffes (notamment en été).

Caractéristiques techniques - menuiseries

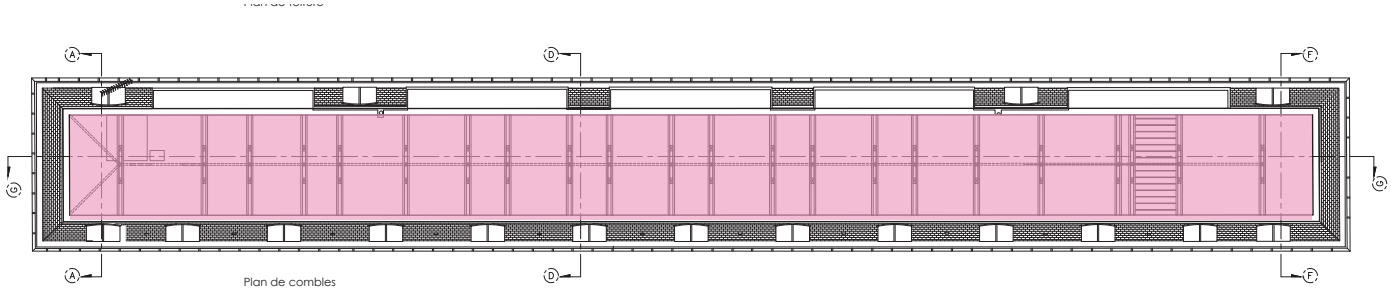
L'ensemble des menuiseries existantes seront remplacées par des menuiseries double vitrage avec un cadre en bois et auront les caractéristiques suivantes :

Performance thermique des menuiseries	
Pont thermique de mise en œuvre	Linéique d'appui : < 0,1 W/m.K Linéique de linteau : < 0,1 W/m.K Linéique de tableau : < 0,1 W/m.K
Coefficient de performance thermique global de la fenêtre	Uw fenêtre 1,55 à 2,75 W/m².K
Coefficient de performance thermique global des portes	Ud porte < 3 W/m².K
Coefficient de performance thermique du vitrage	Ug < 1,2 W/m².K
Protections solaires	
- volets roulants - variante stores extérieurs (sud) - stores intérieurs (sud)	

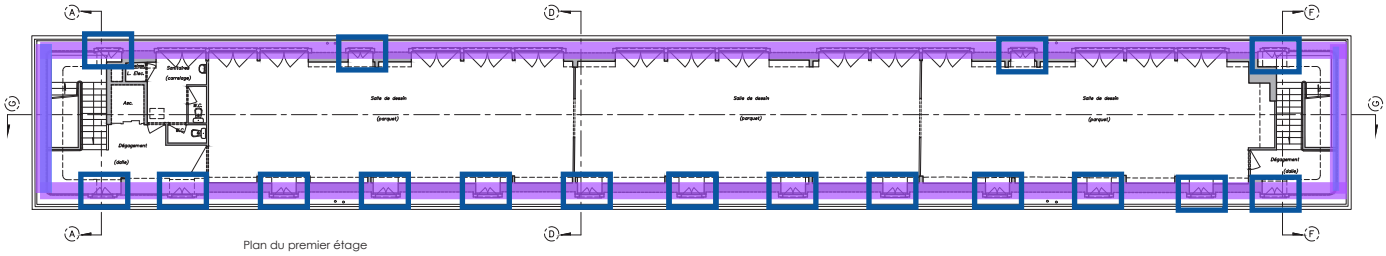
2. 8 - Plan de repérage des compositions de parois rénovées

2.8.1. Planchers et murs

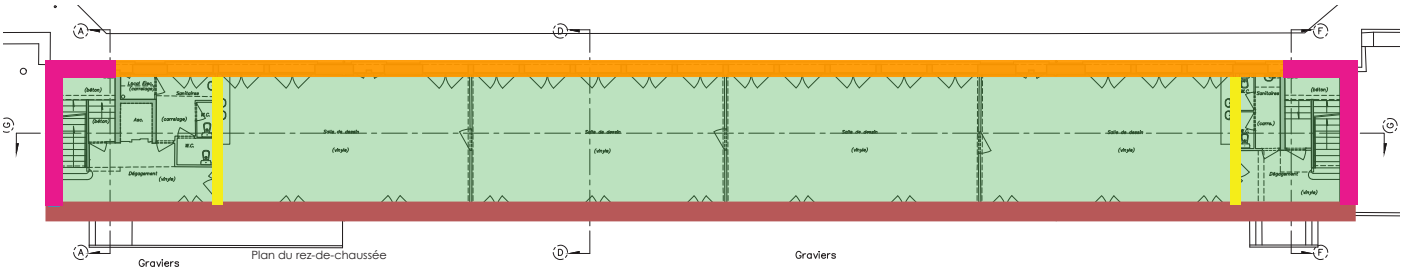
Considérant option B par défaut.



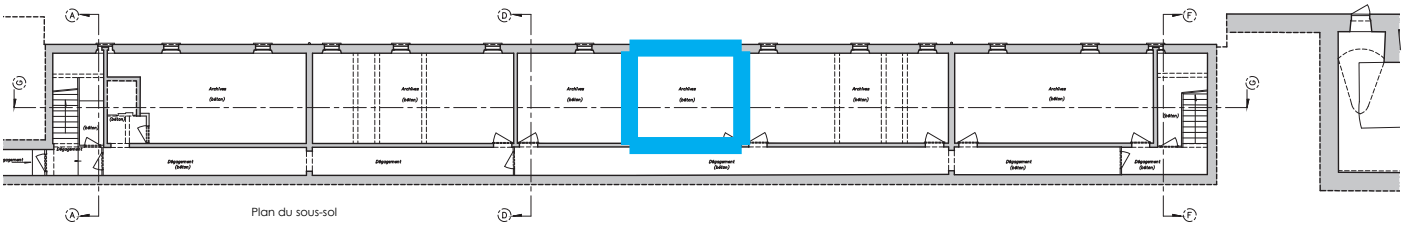
Plan de combles



Plan du premier niveau



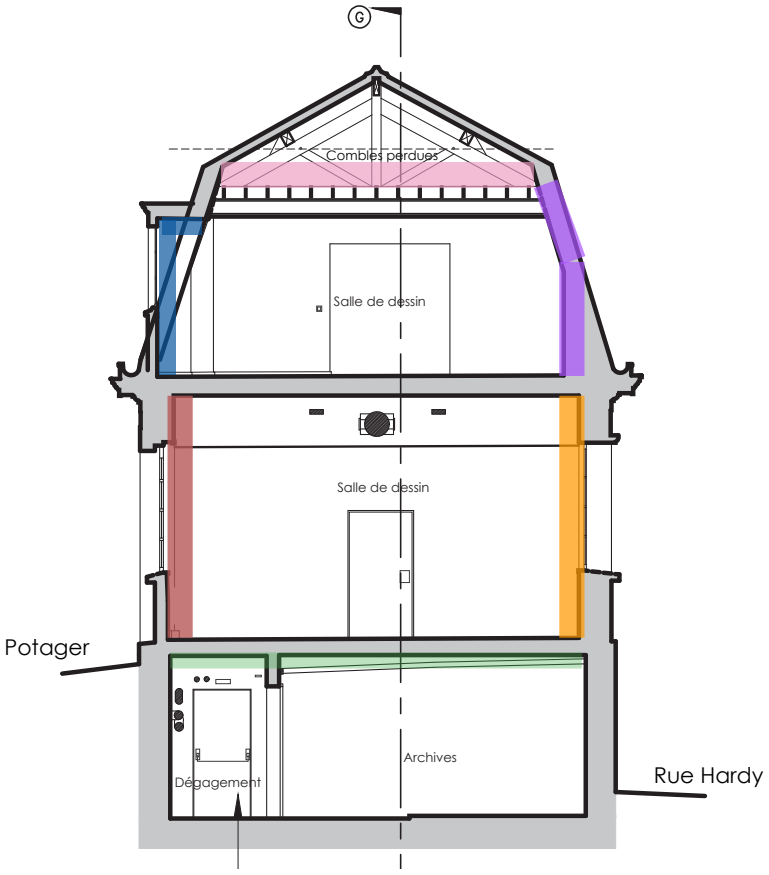
Plan du rez-de-chaussée



Plan du sous-sol

Légende

PH_01 - Flocage laine minérale (sous face)	Mext_02 scén 1 - chaux-chanvre	Mext03b - polystyrène extrudé pourtour lucarnes
PH_02 - ouate de cellulose	Mext_02 scén 1 - fibre de bois	Mext04 - enduit chaux-chanvre
Mext_01 - polystyrène extrudé	Mext_03 scén 1 - fibre de roche	Mint01 - cloison séparative isolante



Coupe transversale

Légende

PH_01 - Flocage laine minérale (sous face)

PH_02 - ouate de cellulose

Mext_01 - polystyrène extrudé

Mext_02 scén 1 - chaux-chanvre

Mext_02 scén 1 - fibre de bois

Mext_03 scén 1 - fibre de roche

Mext03b - polystyrène extrudé pourtour lucarnes

Mext04 - enduit chaux-chanvre

Mint01 - cloison séparative isolante

3 CONFORT THERMIQUE

3. 1 - Simulation Thermique Dynamique

La Simulation Thermique Dynamique (STD) permet (à partir d'un ensemble de scénario sur la position géographique, l'enveloppe thermique, la ventilation, les apports d'énergie internes, les consignes de température et l'occupation) de s'approcher du comportement énergétique réel du bâtiment.
Des scénarios réels très différents de ceux modélisés entraîneront donc un comportement du bâtiment très différent de celui simulé.
Toutefois, les simulations tiennent compte d'un comportement défavorable d'un point de vue de l'occupation et des apports internes.

Les résultats de l'étude permettront :

- de valider les exigences de confort thermique, telles qu'elle est décrite ci-après
- de quantifier les différents apports d'énergie gratuits liés au soleil et aux différents usages du bâtiment
- d'avoir une vision des performances du bâtiment par rapport à ses besoins réels en énergies et à son comportement thermique hivernal et estival.

3. 2 - Définition du confort thermique

Plusieurs méthodes permettent d'évaluer le confort thermique à l'intérieur du bâtiment tel que la norme NF EN ISO 7730:2005 qui est une méthode de prévision de l'insatisfaction thermique ou des méthodes plus «traditionnelle» évaluant le nombre d'heure d'occupation (en pourcentage ou non) au-delà d'une température seuil de confort à ne pas dépasser au risque de créer de l'inconfort.

Le programme précise un objectif de confort optimale qui est une température résultante dans l'espace à occupation prolongée ne dépassant pas 28°C plus de 45h annuelle du temps d'occupation.

CARACTÉRISTIQUES	CRITÈRE
Pour les locaux : - Atelier 1 (salle 01, 02, 03) - Atelier 2 (salle 04, 05, 06) - Convivialité (tisannerie) - Archives 04 - salle de visite	Température résultante ne dépassant pas Tmax (28°C) plus de : - 30h du temps d'occupation annuel

3. 3 - Hypothèses de modélisation

Choix du fichier météo

Conformément aux demandes du maître d'ouvrage, les données météo utilisées sont celles propres au site, issues de Météonorm selon deux scénarios :

- Une année moyenne
- Une année RCP8.5 2050

Pour cette phase APD, nous nous sommes basés sur le scénario « année moyenne » et le scénario RCP8.5 2050 sont pris en compte.

Caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment

Les caractéristiques de l'enveloppe sont détaillées dans la rubrique 2.7-Scénarios de rénovation énergétique - descriptif des prestations.

Dans le cadre des simulations à réaliser, deux scénarios de composition des parois ont été définis :
- scénario 1 : utilisation d'isolants biosourcés
- scénario 2 : utilisation d'isolants dit « conventionnels »

L'ensemble des résultats présentés dans cette étude est issu de la simulation réalisée avec le scénario 1.

Zonage thermique du bâtiment

Le zonage du bâtiment distingue les locaux ou groupe de locaux ayant un fonctionnement et une utilisation différente (différence de température de chauffe, d'occupation, etc...). Il distingue également des locaux au fonctionnement similaire mais dont l'orientation est différente ou s'il y a absence de contiguïté (et donc de couplage thermique) entre ceux-ci.

Chaque zone a un paramétrage qui lui est propre défini par un ensemble de scénario :
• Scénario de chauffage
• Scénario de climatisation ou refroidissement
• Scénario d'occupation
• Scénario d'occultation
• Scénario d'éclairement
• Puissance de chauffage
• Puissance de climatisation ou refroidissement
• Puissance dissipée par les équipements (autre qu'éclairage)
• Puissance dissipée par les équipements d'éclairage

3. 4 - Définition des scénarios

Scénarios de chauffage

Il est prévu un scénario de chauffage prenant en compte l'occupation ou non du bâtiment. Ce scénario se base sur les élément suivants :

Pièces	Horaire/jour	Semaines	Période de chauffe	Température de consigne	Température réduite
Archives	toutes heures	7j/7j	1 Oct. - 31 Mars	17°C	17°C
Archives 04 - salle de visite	8h-19h	5j/7j occupation 60%	1 Oct. - 31 Mars	19°C	16°C
Atelier 1, atelier 2 et tisannerie	8h-20h (jours ouvrés et samedi) 20h-00h (jours ouvrés)	6j/7j	1 Oct. - 31 Mars	19°C 18°C	16°C
Autres locaux (circulations)	8h-20h (jours ouvrés et samedi) 20h-00h (jours ouvrés)	6j/7j	1 Oct. - 31 Mars	19°C 18°C	16°C

La température réduite correspond à la température appliquée lorsque les locaux sont inoccupés.

Il a été considéré un samedi par mois où l'école est ouverte exeptionnellement de 8h à 18h (considérant Ateliers, tisannerie et circulations à chauffer comme ci-dessus.

Scénarios d'occupation

Pièces	Occupations maximum	Heures d'occupations	Jours d'occupation
Archives 04 - salle de visite	2 pers	8h - 19h	5j / sem occupation 60%
Atelier 1 et atelier 2 (salle 01, 02, 03, 04, 05, 06)	60 pers (56+4)	8h - 00h 8h à 12h - 100% eff. ; 12h à 14h - 20% eff. ; 14h à 18h - 100% eff. ; 19h à 21h 60% eff. ; 21h à 00h - 20% eff.	6j / sem
Tisannerie	6 pers	8h - 00h 8h à 12h - 60% eff. ; 12h à 15h - 100% eff. ; 15h à 00h - 60% eff. ;	6j / sem
Autres locaux	1 pers (occupation passagère)	8h - 00h	6j / sem

Samedi :
Il a été considéré tous les samedis des périodes scolaire de 8h à 18h. Considérant Ateliers, tisannerie et circulations occupés à 50% eff des ateliers et 60% eff de la tisannerie toute la journée.

Scénario d'occultation
Dans cette simulation, les protections solaires sont présentes.

Scénarios de ventilation

Ventilation mécanique double flux :
La ventilation mécanique double flux a été saisie suivant les débits dimensionnés dans les calculs de ventilation.

Ventilation naturelle :
La ventilation naturelle est prise en compte dans le calcul de manière automatique dans les différentes salles, suivant les scénarios d'ouverture conformes au moteur RE 2020.

Apport de chaleur des appareils

L'ensemble des équipements et autres appareils d'un bâtiment alimentés en énergie (électrique, combustible, etc.) dissipe une partie de l'énergie consommée sous forme de chaleur.

Les hypothèses d'énergie dissipée retenues sur le projet sont reprises dans l'annexe de calcul . Ci-dessous les appareils pris en compte dans notre étude par locaux suivant fiche programme :

Les valeurs utilisées représentent un cas d'utilisation critique du bâtiment (maximisation des occupations et apports internes).
Elle pourront être ajustées dans les phases suivantes suite aux échanges avec la maîtrise d'ouvrage.
A noter également que la puissance dissipée par l'éclairage n'est pas incluse dans l'énergie dissipée ci-desous mais est bien prise en compte dans le calcul par l'intermédiaire des scénarios d'éclairage artificiels explicités ci-après.

Pièces	Appareils
Archives 04 - salle de visite	2 Ordinateurs
Atelier 1 et atelier 2	56 Ordinateurs (1 par étudiant) par niveau

Eclairage artificiels

La puissance dissipée par l'éclairage artificiel dépend du niveau d'éclairement naturel (qui dépend de la transmission lumineuse des ensembles menuisés, de la réflexion lumineuse des sols, murs et plafonds), des équipements d'éclairage artificiel et du scénario d'éclairement.

Pièces	Puissance (W/m^2)	Gestion d'éclairage
Archives	10	Détection mouvement et extinction après temporisation en cas d'absence
Atelier 1 et atelier 2	10	Détection présence avec gradation fonction éclairage naturel et extinction après temporisation en cas d'absence + interrupteur
Tisannerie	10	Détection présence avec gradation fonction éclairage naturel et extinction après temporisation en cas d'absence + interrupteur
Autres (sanitaires, circulations)	2	Détection mouvement et extinction après temporisation en cas d'absence

L'ajout en parallèle d'un interrupteur manuel dans chaque local permet une extinction forcée des luminaires.

4 RÉSULTATS - CALCUL DE CONFORT THERMIQUE STD

4. 1 - Évaluation du confort thermique à l'état rénové

1 - Fichier météo « année moyenne » :

Les résultats ci-dessous correspondent au fichier météo « année moyenne ». Est considérée l'option B par défaut.

Avec combles perdus, charpente non apparente

	Archives 04 - salle de visite	RDC - salle dessin 01	RDC salle dessin 02	RDC salle dessin 03	RDC - Tisannerie	R+1 salle dessin 05	R+1 salle dessin 06	R+1 salle dessin 07
Température	Durée cumulée							
°C	h							
14,00	0,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	0,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00
15,00	0,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00
16,00	1 980,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00
17,00	1 920,00	3 482,00	3 475,00	3 481,00	3 492,00	3 492,00	3 486,00	3 492,00
18,00	1 829,00	3 359,00	3 309,00	3 355,00	3 366,00	3 346,00	3 315,00	3 343,00
19,00	1 012,00	1 862,00	1 603,00	1 679,00	1 884,00	2 392,00	2 175,00	2 308,00
20,00	540,00	1 255,00	1 035,00	1 068,00	1 173,00	1 633,00	1 440,00	1 521,00
21,00	274,00	839,00	680,00	682,00	740,00	1 097,00	940,00	984,00
22,00	116,00	523,00	400,00	394,00	421,00	700,00	598,00	622,00
23,00	54,00	309,00	224,00	217,00	255,00	447,00	383,00	386,00
24,00	27,00	161,00	136,00	129,00	132,00	251,00	197,00	195,00
25,00	0,00	103,00	79,00	70,00	74,00	118,00	104,00	102,00
26,00	0,00	53,00	44,00	40,00	27,00	67,00	61,00	61,00
27,00	0,00	25,00	21,00	19,00	15,00	42,00	38,00	37,00
28,00	**0,00**	**15,00**	**10,00**	**6,00**	**2,00**	**22,00**	**21,00**	**18,00**
29,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	10,00	9,00
30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	2,00	0,00
31,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
32,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Résultat des températures relevées en occupation du bâtiment Le Normand à l'état rénové, durant toute l'année - selon STD - fichier météo «année moyenne»

Conformément au programme, nous prêtons attention au risque de surchauffe des salles d'enseignements et de la salle archives 04. Ici, nous cherchons à évaluer les risques de surchauffe dont le seuil correspond ici à la température > 28°C plus de 30h du temps d'occupation.

Les résultats de la STD, intégrant les différents dispositifs mis en oeuvre, montrent que le nombre d'heures cumulées au-delà de 28 °C demeure inférieur au seuil fixé.

Les résultats présentés ci-dessus nous permettent de conclure que les dispositions prises permettent d'atteindre les objectifs de confort fixés par la maitrise d'ouvrage.

1 - Fichier météo « année RCP8.5 2050 » :

Les résultats ci-dessous correspondent au fichier météo « année RCP8.5 2050 ». Est considérée l'option B par défaut.

Avec combles perdus, charpente non apparente

	Archives 04 - salle de visite	RDC - salle dessin 01	RDC salle dessin 02	RDC salle dessin 03	RDC - Tisannerie	R+1 salle dessin 05	R+1 salle dessin 06	R+1 salle dessin 07
Température	Durée cumulée							
°C	h							
14,00	0,00	0,00	3 492,00	0,00	0,00	3 492,00	3 492,00	3 492,00
15,00	0,00	3 492,00	3 490,00	3 492,00	0,00	3 491,00	3 491,00	3 491,00
16,00	1 980,00	3 490,00	3 487,00	3 490,00	3 492,00	3 491,00	3 488,00	3 491,00
17,00	1 953,00	3 486,00	3 485,00	3 486,00	3 492,00	3 487,00	3 485,00	3 488,00
18,00	1 877,00	3 400,00	3 373,00	3 391,00	3 397,00	3 399,00	3 383,00	3 400,00
19,00	1 183,00	2 297,00	2 003,00	2 097,00	2 280,00	2 726,00	2 544,00	2 655,00
20,00	754,00	1 635,00	1 400,00	1 429,00	1 579,00	2 107,00	1 911,00	2 014,00
21,00	647,00	1 203,00	1 037,00	1 058,00	1 112,00	1 590,00	1 350,00	1 436,00
22,00	484,00	918,00	783,00	791,00	844,00	1 142,00	969,00	1 025,00
23,00	275,00	653,00	537,00	540,00	589,00	749,00	664,00	678,00
24,00	160,00	440,00	353,00	349,00	363,00	496,00	436,00	447,00
25,00	114,00	274,00	225,00	219,00	233,00	337,00	313,00	308,00
26,00	56,00	172,00	145,00	143,00	145,00	218,00	185,00	187,00
27,00	1,00	122,00	109,00	107,00	104,00	133,00	120,00	124,00
28,00	**0,00**	**88,00**	**71,00**	**69,00**	**70,00**	**91,00**	**83,00**	**85,00**
29,00	0,00	61,00	52,00	48,00	42,00	65,00	56,00	57,00
30,00	0,00	30,00	19,00	11,00	6,00	38,00	35,00	34,00
31,00	0,00	7,00	3,00	1,00	0,00	19,00	15,00	15,00
32,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	2,00	1,00
33,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Résultat des températures relevées en occupation du bâtiment Le Normand à l'état rénové, durant toute l'année - selon STD - ficher météo «année RCP8.5 2050»

Conformément au programme, nous testons le comportement thermique du projet avec également le fichier météo année RCP8.5 2050.
Les résultats de la STD montrent que le nombre d'heures cumulées au-delà de 28 °C est important.

Les résultats présentés ci-dessus nous permettent d'établir que le confort thermique d'été pourra varier au fil des décennies.

4. 2 - Amélioration du confort thermique

4.2.1. Gestion des apports et des protections solaires

Apports solaires

Les apports solaires constituent un levier important pour le confort thermique en hiver. Les rayonnements solaires directs pénétrant par les baies vitrées permettent de chauffer naturellement les locaux, réduisant ainsi les besoins en chauffage artificiel.
Ces apports solaires sont régulés à la fois par les protections solaires et par un vitrage.

Protections solaires

Le système de volets roulants en bois vétustes et hors service sera remplacé par un système à l'identique. Les rayonnements solaires directes seront donc évités pour réduire la surchauffe en été. Le système de volets roulants permettra la ventilation des locaux par l'inclusion du départ du volet sur la partie inférieure.
La variante de stores extérieurs est également proposée.

La mise en œuvre de protections solaires contribue à l'amélioration du confort thermique estival en limitant les apports solaires directs, tout en permettant une maîtrise efficace des phénomènes d'éblouissement par le contrôle des luminances incidentes.

Les volets roulants en bois/stores extérieurs sont considérés pour les menuiseries extérieures de la façade Sud au RDC. Des stores intérieurs sont considérés au niveau R+1 aux menuiseries de la façade Sud.

Façade		Type	Remarque
Sud	RDC	Volets roulants sur rail	A l'identique des existants, permettent le passage de la ventilation naturelle Fermé à 35% de la surface de menuiserie en période estivale - 10h à 19h
		Variante Stores extérieurs type Soltis	Couleur gris Fermé à 35% de la surface de menuiserie en période estivale - 10h à 19h
	R+1	Stores intérieurs	Fermé à 75% de la surface de menuiserie en période estivale - 14h à 19h

Vitrage spécial

Toutes les menuiseries extérieures présenteront un double vitrage:
- les menuiseries extérieures du RDC possèdent un vitrage SGG STADIP PROTECT PLANITHERME XN 4(16)4 pour limiter les pertes thermiques notamment en hiver
- les menuiseries extérieures du R+1 possèdent un vitrage à contrôle solaire de type SGG STADIP PROTECT PLANISTAR SUN en 4(16)4. Ce traitement réduit les apports solaires tout en compensant l'absence de protections solaires extérieures.

4.2.2. **Inertie thermique**

Le bâtiment existant offre une forte inertie thermique de part sa structure en maçonnerie en pierres hourdies au ciment.
Il s'agira de conserver autant que possible l'inertie thermique du bâtiment, notamment grâce aux planchers intermédiaires en béton.
Les ouvrages chaux-chanvre permettent l'apport de l'inertie thermique supplémentaire aux murs verticaux du RDC.

4.2.3. **Isolation thermique**

L'isolation biosourcée notamment en doublage des murs périphériques permettra une très bonne isolation.

4.2.4. **Ventilations**

Ventilation mécanique

Le système de ventilation double flux assurera le renouvellement de l'air dans l'ensemble des espaces tout en garantissant une qualité d'air intérieur conforme aux exigences réglementaires. Grâce à la récupération de chaleur sur l'air extrait, les déperditions thermiques liées à la ventilation seront fortement limitées, contribuant ainsi à l'amélioration de la performance énergétique du bâtiment.

Pour l'option A, le volume apparaissant par les combles ouverts ne possède pas une hauteur suffisante pour qu'il y ait stratification de l'air chaud au R+1. Il n'y a donc pas besoin de présence de brasseurs d'air pour le confort thermique d'hiver.

Ventilation naturelle, en complément

Au rez-de-chaussée, les grands châssis vitrés seront pourvu de vantaux cintrés à limiteur d'ouverture ou compas d'ouverture en apportant une ventilation naturelle. Ces dispositifs permettront de renforcer la ventilation mécanique, pour ventiler les locaux pendant la journée jusqu'au soir. Les menuiseries du R+1 pourront être ouvertes selon les besoins jusqu'à minuit, ne craignant pas des problématiques d'intrusion.

4.2.5. **Rafraîchissement**

Les résultats de la simulation thermique dynamique permettent d'affirmer le besoin d'un rafraîchissement de type free-cooling pour garantir un confort thermique d'été minimal. La Centrale de Traitement d'Air fonctionnera les nuits d'été du 4 juin au 30 septembre pour rafraichir principalement les locaux suivants : salles d'enseignement du RDC et du R+1.
Ce dispositif permet de faire redescendre la température ambiante dans les locaux de plusieurs degrés la nuit des jours d'été.

5 CONFORT VISUEL

5. 1 - Lumière naturelle

Contexte

Afin d'évaluer le confort visuel des locaux, une étude d'éclairement naturelle de type FLJ (Facteur de Lumière de Jour) a été réalisée via le logiciel Pléiades.

Outils de simulation

Le logiciel utilisé dans le cadre de cette présente étude est le module Enelight de la suite logiciel Pleiades. Enelight est basé sur le moteur Radiance, avec un algorithme sous-jacent de type raytracer.

Le modèle de ciel utilisé est le modèle Ciel couvert uniforme CIE.

Hypothèses de modélisation

Dans toutes les surfaces étudiées, un maillage rectangulaire d'espacement fixe de 50cm x 50cm, automatiquement généré par le logiciel, est utilisé.

Les facteurs de réflexion lumineuse des parois intérieures sont les suivants :

Réflexion lumineuse	
Sol	20 %
Murs	50 %
Plafond	70 %

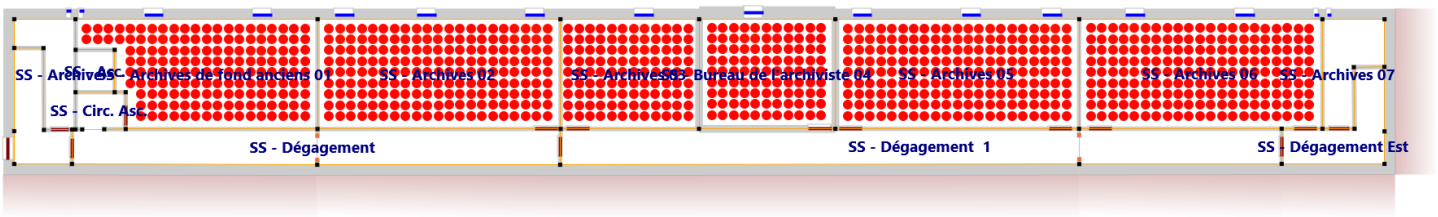
NB : Les réflexions lumineuses explicités ci-dessus correspondent à des hypothèses envisagées par défaut, les propriétés réelles n'étant pas connues lors de la rédaction de ce rapport.

Critères d'évaluation

Pour cette analyse, nous portons une attention particulière aux locaux dont le temps d'occupation théorique dépasse une heure (salles d'enseignement, tisannerie, archives 04-salle de visite)
Un seuil de 2 % est retenu : au-delà de cette valeur, un risque d'éblouissement est considéré comme avéré.

Résultats

SOUS-SOL



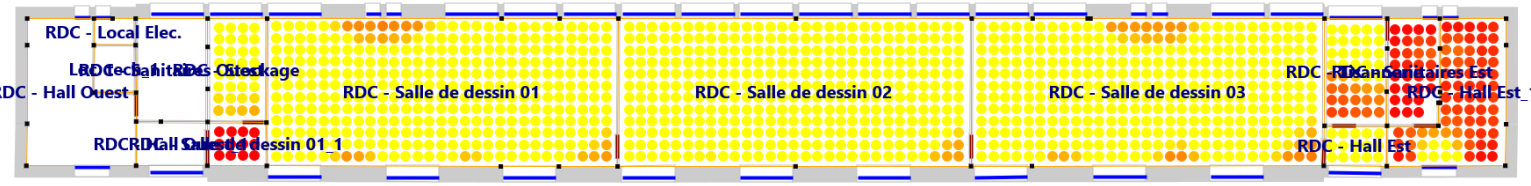
Plan des FLJ du sous-sol

Sous-sol	FLJ		
	Min	Moy	Max
Archives 01	0.02	0.04	0.11
Archives 02	0.02	0.05	0.11
Archives 03	0.01	0.03	0.10
Archives 04	0.01	0.03	0.08
Archives 05	0.02	0.05	0.11
Archives 06	0.01	0.04	0.10
Archives 07	0.00	0.00	0.01

Résultats FLJ du sous-sol

Les FLJ des locaux du sous-sol sont très faibles, soit inférieurs à 1%. Les locaux sont très faiblement éclairés par la lumière naturelle, l'éclairage naturel est insuffisant.

REZ-DE-CHAUSSEE



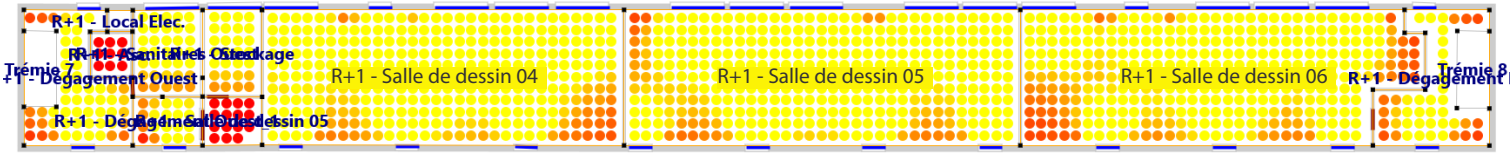
Plan des FLJ du rez-de-chaussée

Rez-de-chaussée	FLJ		
	Min	Moy	Max
Salle de dessin 01	0.99	4.95	11.87
Salle de dessin 02	1.27	6.34	11.97
Salle de dessin 03	0.96	4.57	11.56
Tisanerie	0.50	3.44	11.06

Résultats des FLJ du rez-de-chaussée

La majorité des FLJ des locaux du rez-de-chaussée sont situés entre 1% et 7% ce qui témoigne d'un niveau de lumière naturelle modéré. Des FLJ supérieurs à 2 % sont observés dans les salles de dessin et la tisannerie, indiquant un risque d'éblouissement.

PREMIER NIVEAU



Plan des FLJ du premier niveau

Premier niveau	FLJ		
	Min	Moy	Max
Salle de dessin 04	0.66	3.76	13.09
Salle de dessin 05	0.54	3.99	13.47
Salle de dessin 06	0.54	3.38	13.17

Résultats des FLJ du premier niveau

Situées entre 1% et 4%, Les valeurs de FLJ des locaux du premier niveau témoignent d'un apport modéré de lumière naturelle.
Néanmoins, cet apport demeure inférieur à celui observé au rez-de-chaussée. Cet écart s'explique principalement par une surface d'ouvertures plus réduite au premier niveau, constituée essentiellement de lucarnes, tandis que le rez-de-chaussée bénéficie de larges baies vitrées favorisant une meilleure pénétration de la lumière naturelle.

Les salles de dessin présentent un risque d'éblouissement car leur FLJ respectif est supérieur à 2%.

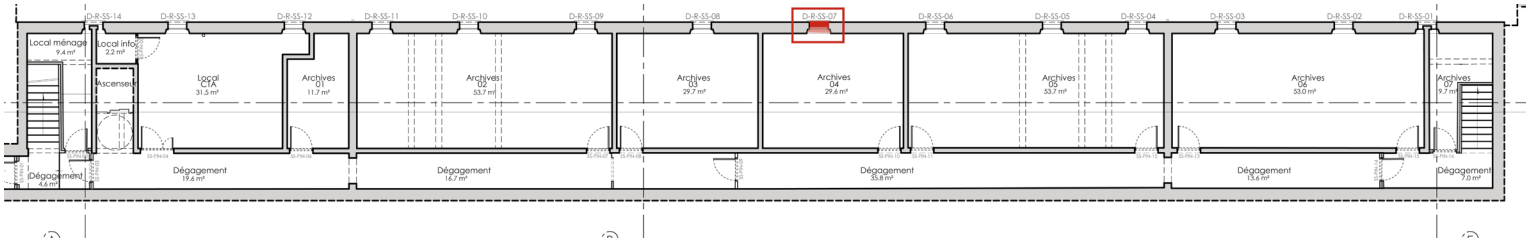
5. 2 - Étude d'ensoleillement - exposition au soleil

Contexte

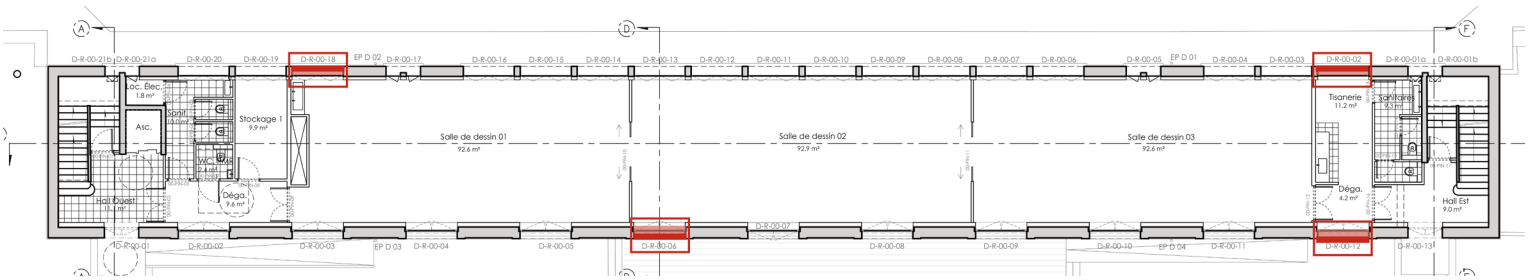
Afin d'évaluer l'exposition au soleil des locaux, une étude d'ensoleillement est réalisée via le logiciel ArchiWizard (Graitec). Il permet de simuler l'exposition au soleil du bâtiment pendant une période donnée. Dans notre étude, la simulation est faite sur une année complète, soit 365 jours. L'analyse porte exclusivement sur les façades sud et nord, les menuiseries extérieures étant uniquement implantées sur ces façades.

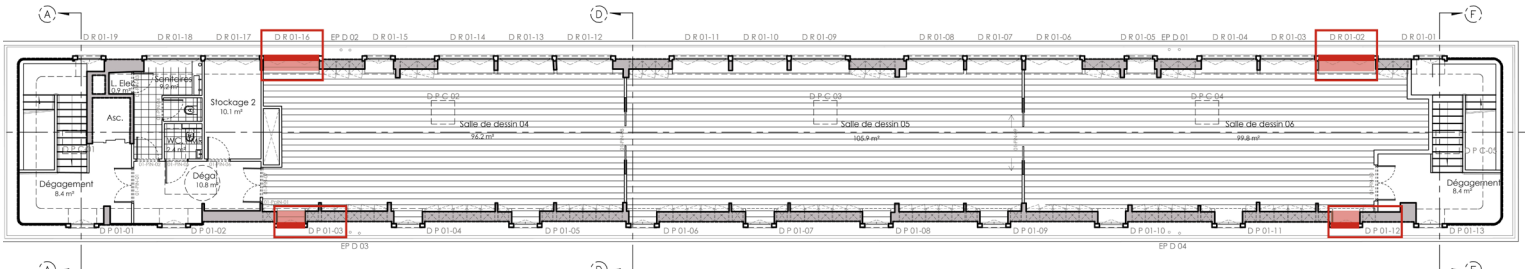
L'objectif est d'évaluer l'exposition solaire des baies identifiées ci-dessous et, simultanément, d'analyser l'influence éventuelle des serres situées au rez-de-chaussée sur l'exposition solaire des menuiseries extérieures du rez-de-chaussée. Bien que les serres soient destinées à être déposées, le délai de dépose n'est à ce jour pas connu.

Repérage des menuiseries extérieures étudiées



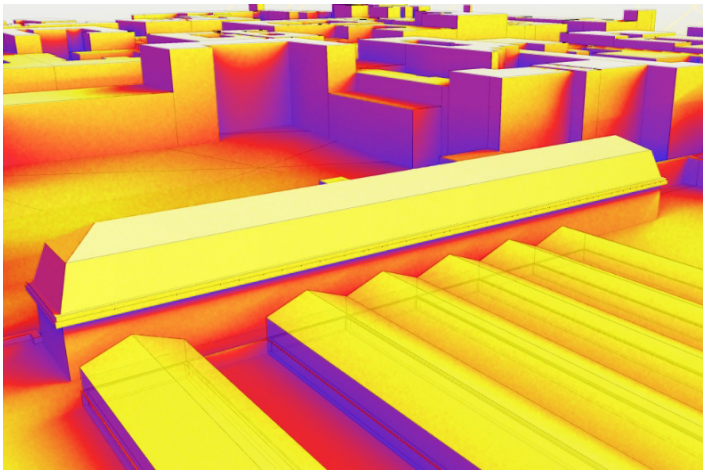
Plan de repérage des menuiseries extérieures étudiées du sous-sol





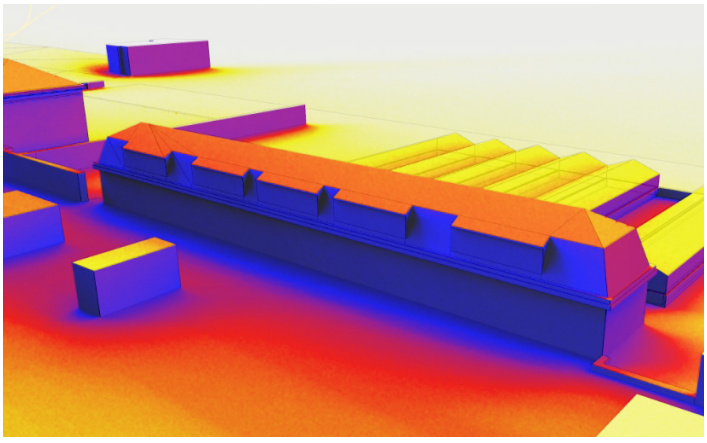
Plan de repérage des menuiseries extérieures étudiées du premier niveau

Imagerie solaire





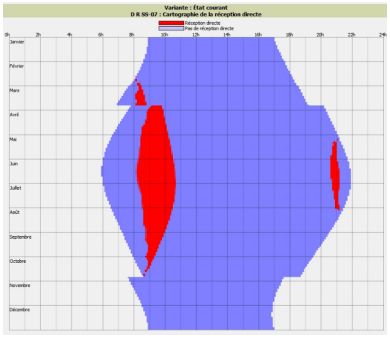
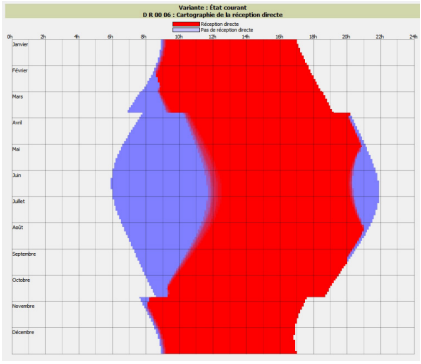
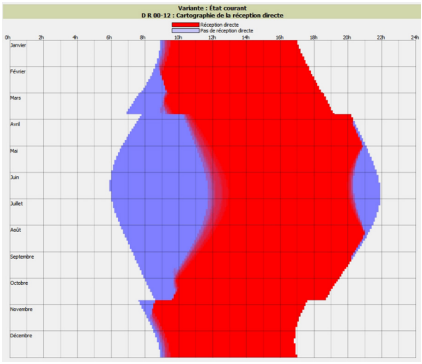
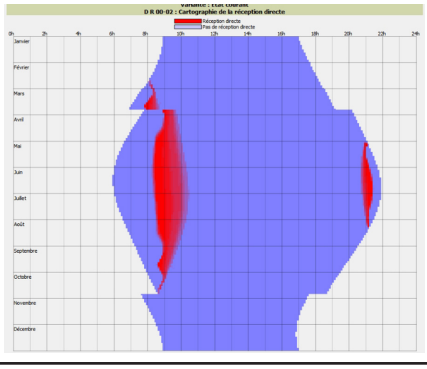
Vue Sud

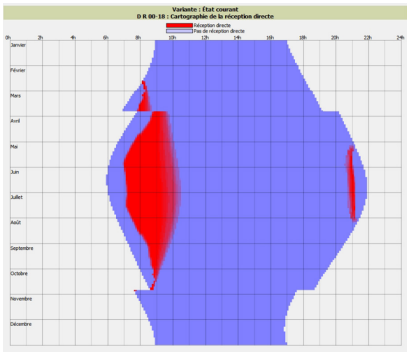
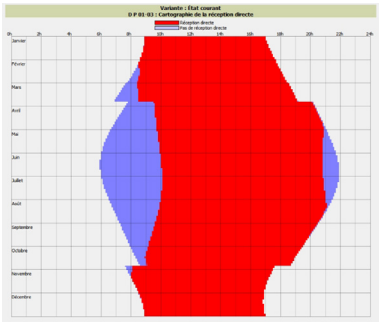
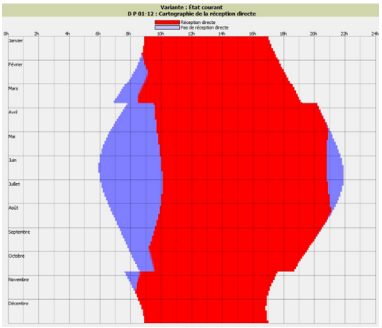
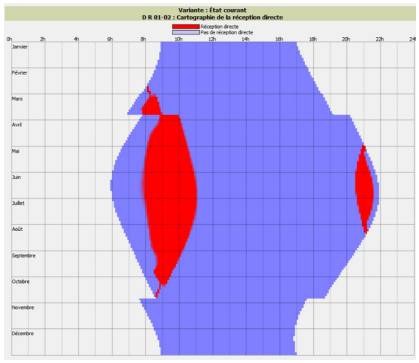
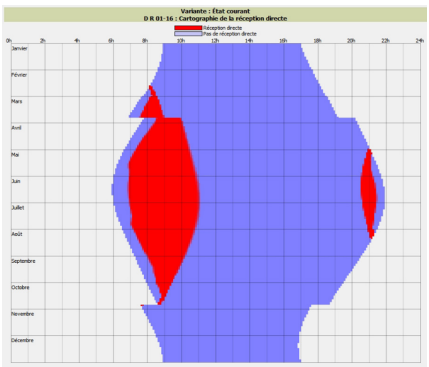


Vue Nord

Étude d'ensoleillement

Le tableau ci-dessous présente l'analyse de l'exposition au soleil des menuiseries extérieures précédemment repérées :

Dénominations menuiseries extérieures	Exposition solaire	Remarque
Sous-sol		
Façade Nord		
D-R-SS-07		Exposition aux rayonnements directs presque inexistante. On remarque au maximum 2h d'exposition directe dans la journée d'avril à octobre.
Rez-de-chaussée		
Façade Sud		
D-R-00-06		Forte exposition aux rayonnements directs toute l'année, de 8h au coucher du soleil en hiver et de 11h à 21h en été. La présence des serres n'engendre qu'un impact négligeable sur l'ensoleillement.
D-R-00-12		Forte exposition aux rayonnements directs toute l'année, de 8h au coucher du soleil en hiver et de 11h à 21h en été.
Façade Nord		
D-R-00-02		Exposition aux rayonnements directs presque inexistante. On remarque moins de 2h d'exposition directe dans la journée d'avril à octobre.

D-R-00-18		Exposition aux rayonnements directs presque inexistante. On remarque maximum 3h d'exposition directe dans la journée d'avril à septembre.
Premier niveau		
Façade Sud		
D-P-01-03		Forte exposition aux rayonnements directs toute l'année, de 8h au coucher du soleil en hiver et de 10h à 21h en été.
D-P-01-12		Forte exposition aux rayonnements directs toute l'année, de 8h au coucher du soleil en hiver et de 10h à 21h en été.
Façade Nord		
D-R-01-02		Très faible exposition aux rayonnements directs. On remarque moins de 3h d'exposition directe dans la journée d'avril à octobre.
D-R-01-16		Très faible exposition aux rayonnements directs. On remarque moins de 4h d'exposition directe dans la journée d'avril à octobre.

Synthèse des résultats

La façade sud est très exposée au soleil tandis que la façade nord perçoit très peu de rayonnements directs solaires. La présence des serres n'engendre qu'un impact négligeable sur l'ensoleillement des baies du rez-de-chaussée.

Les locaux orientés sud pourront profiter d'apports solaires passifs en hiver, bénéfiques au confort thermique. Toutefois, étant très exposés aussi en été, il faudra prévoir des systèmes de protection solaire pour éviter les surchauffes estivales.

6 SYSTÈMES TECHNIQUES

6. 1 - Préambule des systèmes techniques

L'ajout de panneaux photovoltaïques pour la production d'énergie renouvelable est exclu à cause du caractère patrimonial du projet.

6. 2 - Les exigences hygrothermiques

Le programme définit les conditions de conservation suivantes :

ARCHIVES

		C1- Archives de paysagistes	C2- Fonds ancien	C3- Salle de traitement des archives	C4- Archives	C5- Archives
HIVER						
Température en °C	Consigne	17	17	19	17	17
	Variation	+/-1°C	+/-1°C	+/-1°C	+/-1°C	+/-1°C
Humidité relative en %	Consigne	45%	45%	-	-	-
	Variation	+/- 5%	+/- 5%	-	-	-
ÉTÉ						
Température en °C	Consigne	22°C	22°C	max 30h avec T°C >28°C - brasseurs d'air	-	-
	Variation	+/-1°C	+/-1°C	-	-	-
Humidité relative en %	Consigne	50%	50%	-	-	-
	Variation	+/- 5%	+/- 5%	-	-	-

ATELIERS

		A1- Atelier 1 (Salles 01 02 03)	A2- Atelier 2 (Salles 04 05 06)	A3- Stockages	A4- Convivialité
HIVER					
Température en °C	Consigne	19	19	17	19
	Variation	-	-	-	-
Humidité relative en %	Consigne	-	-	-	-
	Variation	-	-	-	-
ÉTÉ					
Température en °C	Consigne	max 30h avec T°C >28°C - brasseurs d'air	max 30h avec T°C >28°C - brasseurs d'air	-	max 30h avec T°C >28°C - brasseurs d'air
	Variation	-	-	-	-
Humidité relative en %	Consigne	-	-	-	-
	Variation	-	-	-	-

AUTRES LOCAUX

		B1- Sanitaires
HIVER		
Température en °C	Consigne	17
	Variation	-
Humidité relative en %	Consigne	-
	Variation	-
ÉTÉ		
Température en °C	Consigne	-
	Variation	-
Humidité relative en %	Consigne	-
	Variation	-

6. 3 - Etat des lieux des systèmes énergétiques et des consommations d'énergie

6.3.1. Synthèse des systèmes énergétiques

Poste	Système	Energie	Performance énergétiq	Etat globale / désordres	Remarques
Production de chauffage	*Chaudières gaz situées bâtiment Saint-Louis chauffant le bâtiment Le Normand	Gaz	!	!	*Energie non carbonée. *Chaudières entretenues mais globalement vieillissantes.
Distribution et émetteurs de chauffage	*1 circuit secondaire pour Le Normand, 1 circuit secondaire pour les serres, *Type Radiateurs à eau chaude avec têtes thermostatiques.	/	!	!	*Régulation terminale de performance moyenne. *Radiateurs robustes mais globalement vieillissants.
Production ECS pour eau chaude robinets	Un seul ballon d'ECS électriques à proximité des points de puisage (éviers, lavabos).	Electricité	!	✗	*Equipements globalement vétustes.
Ventilation de confort	Ventilation naturelle	0	!	✗	*QAI médiocre dans les locaux. *Principe de ventilation inconfortable, peu pratique par la grandeur des châssis menuisés et énergivore en hiver.
Ventilation hygiénique	Une seule VMC semble être en fonctionnement dans un des sanitaires Les deux CTA sont à l'arrêt depuis plusieurs années	0	!	✗	*QAI Médiocre
Eclairage	*Luminaires globalement de type fluocompacte *Commandes manuelles.	Electricité	✗	!	*Appareillages vétustes et énergivores.
Electricité à usage mobilière	*Usage type bureautique *Equipements de cuisine (bouilloires, micro-ondes, cafetières...)	Electricité	!	!	*Certains appareillages et équipement vétuste. *Equipements de cuisine à puissances électrique élevées.
Energie renouvelable	Pas d'énergie renouvelable sur bâtiment	/	✗		-

6. 4 - Synthèse des locaux techniques nécessaires

Le tableau ci-dessous décrit les besoins en locaux techniques pour le bâtiment existant :

Locaux techniques	Localisation actuelle	Localisation projetée	Dimensions actuelles	Dimensions minimales LxlxH	Donnéees dimensionnement	Contraintes
BATIMENT EXISTANT						
Electricité						
Local TGBT	RDC -"Local Elec" - proximité de l'entrée	-	1,60 x 1,10	-	Longueur TD d'environ 1,50m	*Coupe feu 1heure (local à risque)
Local CFA (dont local informatique)	-	Sous-sol ou RDC ou R+1	-	1,20 x 2,00	Baie 42U 0,60x0,60	*Condition d'humidité à étudier si localisation dans sous-sol *Coupe feu 1heure (local à risque) *Idéal Ouest bâti pour arrivée fibre
CVC						
Local CTA double flux	-	Sous-sol	-	6,00 x 3,00	3580 m3/h	*Prise d'air et rejet extérieur en toiture (> 8 m ou façade différente)
Sous-statoin chauffage	-	Sous-sol	-	20 m²	3 circuits secondaires minimum à créer	*Prévoir VB/VH

6. 5 - Ventilation

La ventilation sera assurée par un système mécanique à double flux à récupération d'énergie pour les locaux d'usages. La ventilation mécanique double flux à récupération d'énergie permet de ventiler le bâtiment avec des débits élevés tout en réalisant des économies d'énergie car les calories de l'air sortant permettent de réchauffer l'air entrant. Ce système est donc très avantageux mais nécessite une mise en œuvre avec un coût plus élevé par rapport à une VMC simple flux.

Le système double flux avec échangeur à débit d'air sera constant ou modulé - éligible CEE.

Le débit d'air à extraire est estimé à 3615 m^3/h, calculé dans les conditions les plus défavorables, correspondant à l'occupation maximale des locaux et aux débits précisés dans les fiches espaces. Chaque niveau RDC et R+1 comprend un débit de ventilation de 1500 m3/h maximum. Le débit d'extraction par occupant est de 25 m3/h/occupant.

Les scénarios suivants permettent d'identifier les débits de ventilation nominaux :

Scénarios	Occupation	Quantité (d'individus)	Détit unitaire	Débit IN (m3/h)
1	107%	60	25	1500
2	75%	42	35	1470
3	18%	10	35	350
	82%	46	25	1150

En scénario 1 : le jour de rendu, 60 Personnes par niveau de salle d'enseignement. Aucune utilisation de produits (colles, peintures..) n'est nécessaire.

En scénario 2 : Les salles d'enseignement peuvent être occupées par 42 étudiants utilisant des produits. Le débit de ventilation par occupant est ramené à 35m3/h, s'alignant avec les valeurs préconisées par Artelia.

En scénario 3 : Les salles d'enseignement sont occupées par la majorité des étudiants - 56 au total. 10 étudiants utilisent des produits tandis que le restant travail sans produits.

La répartition des débits de ventilation est la suivante :

Local	Surface (m2)	Hauteur (m)	Volume (m3)	Quantité (d'individus)	Détit unitaire	Ratio (vol/h)	Débit IN (m3/h)	Débit OUT (m3/h)		CTA
Sous sol - Zone rénovée										
Ssol- 00 Dégagements	94,6	2,57	243				0	0		CTA1
Ssol- XX Local CTA	33	2,57	85		Local CTA	0,30	0	0		CTA1
Ssol - 01 Archives	12	2,57	31			0,30	45	15		
Ssol- 02 Fond ancien	54	2,57	139		41,634	0,30	45	45		CTA1
Ssol - 03 Salle de traitement des archives	30	2,57	77	2	30		60	60		CTA1
Ssol - 04 Archives administratives	30	2,57	77		23,13	0,30	35	35		CTA1
Ssol - 05 Archives d'enseignement	54	2,57	139		41,634	0,30	45	45		CTA1
Ssol - 06 Archives paysagistes	54	2,57	139			0,30	45	45		CTA1
Ssol - 07 Autre local							0	30		
						Total Ssol	275	275		
RDC - Zone rénovée										
RDC - Hall Ouest	19	3,9	74				85	0		
RDC - Sanitaires exist	11,4	3,90	44				0	125		CTA1
RDC - Stockage	12	3,90	47			1,00	0	60		CTA1
RDC - 01 Salle de dessin	60	3,90	234	20	25	2,14	500	400		CTA1
RDC - 02 Salle de dessin	64	3,90	250	20	25	2,00	500	500		CTA1
RDC - 03 Salle de dessin	64	3,90	250	20	25	2,00	500	500		CTA1
RDC - Tisannerie	15	3,90	59	6	35	3,59	210	120		CTA1
RDC - Sanitaires nouv	10,2	3,90	40				0	90		CTA1
RDC - Hall Est	13,4	3,90	52				0	0		CTA1
Paillasse, évier	Intégrer 4 x 30									
						Total RDC	1795	1795		
R+1 - Zone rénovée										
R+1-Hall Ouest	20,6	2,55	53				45	0		
R+1-01 Salle de dessin	93,00	2,55	350	20	25	1,43	500	400		CTA1
R+1 - 02 Salle de dessin	99,00	2,55	365	20	25	1,37	500	500		CTA1
R+1 - 03 Salle de dessin	94,00	2,55	352	20	25	1,42	500	500		CTA1
R+1 - Stockages ateliers	11	2,55	28			1,00	0	50		CTA1
R+1 - Sanitaires exist	11,2	2,55	29				0	95		CTA1
R+1-Hall Est	11,7	0	0				0	0		CTA1
Paillasse, évier	Intégrer 3 x 30									
						Total R+1	1545	1545		
Total	**937,10**		**3050**			**1,19**	**3615**	**3615**		

La Centrale de Traitement d'Air est située dans l'enceinte du bâtiment, au sous-sol pour limiter les pertes thermiques et ainsi réduire les consommations énergétiques. Elle contiendra un préfiltre G4 et un filtre F7, ainsi qu'un caisson de filtration raccordé sur gaine horizontale avec filtre F8 pour répondre aux exigences des locaux Archives de paysagistes et Fond ancien.
La CTA sera de type verticale avec à raccordements verticaux, échangeur à plaques, type Topvex TC60 de chez Systemair. Chaque gaine de départ mesurent 50cm de diamètre et sont calorifugées.



CTA verticale TC60

La CTA mesure 548kg au total. Elle pourra être démontée en trois blocs (largeur de 1.09m). Ces blocs pourront être passés dans l'ascenseur (porte largeur 1,10m) arrivant au sous-sol, d'une capacité portante nominale de 630kg.
Sa maintenance et son entretien se fera deux fois par an. Grâce à son implantation en sous-sol, l'accès sera simple et aisé.
Le pilotage pourra être établi par une GTB (écran tactile accessible dans le local CTA).

Les CTA actuelles, obsolètes, seront déposées y compris la laine de verre actuellement présente en combles. La réfection complète du système de ventilation sera mis en œuvre.

Dans les salles d'enseignement, les gaines de soufflage et d'extraction seront équipés de sonde CO2 dans me but de réguler les débit d'air en fonction de sa concentration pour ainsi faire des économies d'énergie. Les bouches de ventilation des stockages et local informatique seront équipées de clapet coupe feu. Les bouches de soufflages utilisées sont de type SAX 21.
L'hypothèse est d'implanter des registres de régulation CO2 pour adapter la reprise d'air à l'occupation qui semble très changeante. Alors, la quantité d'air sera adpatée au juste besoin pour les locaux qui se trouvent en situation d'occupation fortement intermittente. Le système sera relié à la GTB pour un pilotage automatique. La vitesse du ventilateur variera en fonction de taux d'occupation afin d'augmenter la pression dans le réseau de conduits.

L'entrée d'air neuf et la sortie d'air vicié se feront en toiture (voir plan de toiture). Les sorties actuelles vétustes seront à déposer et à changer par des sorties ayant un diamètre plus important.

L'extraction d'air hygiénique est assurée par la CTA, représentant 8,6% du débit nominal total.

L'extraction d'air du local informatique et local ménage sont géré par un extracteur d'air indépendant, couplé à des entrées d'air par les soupiraux de chaque local.

6.5.1. **Rafraîchissement nocturne**

Le free-cooling nocturne est mis en place du 4 juin au 30 septembre. Les locaux d'enseignement, tisannerie et stockages sont ventilés la nuit pour diminuer les surchauffes en journée.

6.5.2. **Climatisation**

Une attente pour unité de climatisation de type unité murale est prévue pour le local informatique en cas de besoin futur.

6.5.3. **Système de régulation de température et hygrométrie pour archives**

Les locaux d'archives nécessitent un maintien de température ambiante précise. Ils seront pourvus de sondes intérieures reliées à la GTB pour régulation de la température par les radiateurs en fonte. La STD relate un besoin en chauffage ponctuel des salles d'archives en dehors de la saison de chauffe. Le circuit d'eau chaude des radiateurs archives situé dans la sous-station sera ouvert plus longtemps.
Les locaux Archives paysagistes et Fond ancien qui nécessitent en plus d'un contrôle de l'hygrométrie seront équipés de déshumidificateurs régulant l'hygrométrie de chaque local.

6. 6 - Chauffage / Plomberie

6.6.1. **Chauffage**

Sous-station

Dans le but de pouvoir réguler facilement le chauffage des locaux, une sous-station de chauffage sera positionnée dans le sous-sol. Le raccordement à la chaufferie existante du bâtiment Saint Louis est conservé, afin de pouvoir relier la sous-station à la chaufferie. Elle disposera de 4 départs : ateliers, archives, serres et extension, pour permettre un pilotage de chaque partie de bâtiment. Le départ de l'extension sera réservé dans l'attente de la construction du bâtiment. A terme, le réseau de chauffage et sous-station ne seront plus alimentés par la chaufferie Saint Louis mais par la sous-station St Louis reliée au réseau de chaleur urbain de la ville de Versailles. Sous certaines conditions, ce raccordement est éligible au CEE.

Chauffage

L'état des conduits de chauffage existants seront évalués, en fonction des exigences et performances et du dimensionnement de l'installation, ils pourront être réutilisés. Sinon ils seront purgés. La réfection complète de la distribution est effectuée pour relier sous-station et l'ensemble des émetteurs. Les émetteurs actuels, radiateurs à eau chaude en fonte seront dans la mesure du possible réutilisés. Les réseaux sont calorifugés selon les normes en vigueur.

Tous les émetteurs seront déposés. Selon étude des radiateurs existants seront désamboués, sablés et peints. Les têtes thermostatiques seront changées car connectées.

Le système de chauffage des serres sera conservé dans l'attente de sa déconstruction.

6.6.2. **Plomberie**

Une réfection complète des sanitaires est prévue. Des équipements sanitaires tels que des sanitaires PMR par exemple seront installés.
Les conduits EU non utilisés (sous-sol) seront déposés.

Le système de production d'Eau Chaude Sanitaire actuel localisé dans les sanitaires sera déposé. Tandis que la fourniture d'Eau Chaude Sanitaire sera maintenue pour les paillasses des ateliers et tisannerie. Chaque ballon d'ECS de 15L sera installé sous chaque évier des salles d'enseignement et dans la tisannerie.
Un système d'arrêt sera prévu afin de ne pas chauffer inutilement l'eau en période d'inactivité. L'eau chaude sanitaire sera impérativement réglée à une température maximale de 45 °C au puisage.

6. 7 - Electricité

6.7.1. Courant fort

L'installation électrique sera complètement purgée et recréée (TGBT, tableaux divisionnaires, appareillages, éclairages). L'ensemble des installations sera conforme à la norme NF C 15-100 et entièrement rénové par du matériel neuf ou issu d'une filière de réemploi.

Plusieurs tableaux divisionnaires (TD) seront créés -en sous-sol et R+1, pour reprendre l'ensemble des départs d'une zone spécifique, facilitant les interventions de maintenance.

Les câbles seront posés sur des chemins de câble inaccessibles aux personnes non autorisées. L'ensemble des câbles seront repérés aux tenants/aboutissants et aux traversées de dalles ou cloisons.
Les équipements terminaux des ateliers seront adaptés à l'usage et à l'aménagement des lieux. Les terminaux seront résistant à une utilisation intense.

Les éclairages seront prévus à LED.
Différentes prises dont prises ménage sont réparties dans l'ensemble du bâtiment selon plans. Des enrouleurs permettent de disposer plusieurs prises au centre des salles d'enseignement.

6.7.2. Courant faible

Les éléments obsolètes seront déposés.
Le câblage « courants faibles » permettra aussi le fonctionnement des alarmes anti-intrusion, des contrôles d'accès, des alarmes incendie et de la gestion technique du bâtiment.

Infrastructure VDI
Le bâtiment sera raccordé à l'armoire fibre situé dans le bâtiment Le Nôtre.
Les bornes wifi seront situées au RDC et R+1 dans mur. Les alimentations nécessaires aux bornes Wifi sont prévues (courant faible - PoE). L'installation devra intégrer une marge de 20% pour anticiper toute évolution
Deux câbles RJ45 seront tirés jusqu'au local d'Archives 04, des câbles seront tirés à chaque tablettes des équipements techniques (sous-station, CTA). Deux RJ45 seront tirés par niveau.
Le système de câblage est de catégorie 6A classe EA ou supérieure. Elle devra permettre la connexion de tous les terminaux des bâtiments. Le câblage cuivre doit supporter le POE et POE+.

La baie existante située au sous-sol et obsolète sera déposée. Une nouvelle baie de brassage principale sera située dans le local informatique au sous-sol. La baie informatique sera équipée d'un onduleur rackable de puissance adaptée à l'usage et comprenant une réserve de puissance de 50%. Les alimentations POE, switchs et autres installations du local informatique (Sûreté) seront alimentées depuis cet onduleur.

La liaison fibre optique existante sera à conforter pour supporter les usages du précâblage et de la GTB.

Les résultats livrés et garantis seront les suivant :
- support d'applications exigeant une bande passante de 500 MHz
- débit disponible à la prise : 1Gb/s
- totalité de l'infrastructure de catégorie 6A permettant des connexions au minimum de Classe EA

Système anti-intrusion
Un système d'alarme anti-intrusion est à prévoir. Le bâtiment sera protégé par de multiples dispositifs (voir plans).
Les alarmes (anti-intrusion, incendie, défaillance technique des équipements, …) seront reportées à la GTB.
Le clavier de mise sous alarme permettra un accès aux désarmements ponctuels et du paramétrage des plages horaires d'armement du système.

L'armoire Intrusion se situe au sous-sol dans le local technique.

Système de contrôle d'accès

Le système de contrôle d'accès viendra en extension du système existant. Les détails seront apportés lors de la phase PRO.
Un contrôle d'accès est prévu à chaque portes des archives, local technique et ateliers. Equipements choisis dans une gamme anti-vandalisme.

Le matériel (armoire Contrôle accès) sera disposé dans le local technique sécurisé du bâtiment Le Normand et sera interconnecté au réseau primaire du système centralisé de contrôle d'accès.

Protection incendie/SSI

Une alarme incendie de type 2b sera installée. Les détails de l'installation sont développés dans la notice Electricité.

Un dispositif sonore autonome relié à des déclencheurs manuels disposés près des sorties seront mis en place. Un système de désenfumage sera électriquement indépendant et alimentation de secours autonome (batterie). Il sera constitué d'ouverture automatique en toiture et de système de motorisation des portes d'entrée RDC. Ils seront tous asservis au SSI.
Les locaux seront équipés de BAES.

Des dispositifs de signalisation visuelle (flash lumineux) seront installés dans les sanitaires PMR.

Gestion Technique du Bâtiment

La GTB rassemblera toutes les informations techniques des ouvrages. Elle permettra de récupérer les informations sur la consommation, de piloter les systèmes et de les exploiter. Elle a pour but de réaliser la supervision technique des installations et de fonctionnalités de comptages et de commandes.
La sous-station et la CTA seront pourvu respectivement d'un écran et boutons de commande. Des câblages électriques et RJ45 seront prévus. Une plateforme en ligne regroupera les données et sera accessible par le mainteneur du site. Des notifications pourront lui être envoyées.
Le tableau divisionnaire de la GTB sera localisé dans le local électrique du RDC.

La GTB sera disposée sur un réseau virtuel du réseau informatique de l'exploitant.

7 MATÉRIAUX

7. 1 - Généralités

Les matériaux retenus sur le projet seront choisis pour leur facilité d'entretien, leur durabilité, leur recyclabilité, leur impact limité sur le réchauffement climatique et leur Eco-labels.
La totalité des produits de construction mis en œuvre présenteront une étiquette COV de classe A+. Les matériaux bénéficieront tous d'un label environnemental et sanitaire.
En dehors de leurs caractéristiques renouvelables et environnementales, les matériaux seront choisis pour leur caractère local.

7. 2 - Réemploi

Le choix des matériaux se veut à la fois inspiré par le lieu et son histoire, mais également ancré dans la problématique des enjeux environnementaux actuels.

Nous souhaitons conserver et valoriser autant que possible les matériaux bruts existants tout en intégrant les problématiques thermiques et techniques.
D'autres part, nous travaillerons sur une approche vertueuse consistant à trier et valoriser le plus possible les matériaux ou les produits dont on n'a plus l'usage, afin de leur donner une nouvelle valeur dans le bâtiment.

Par exemple : restauration et réemploi des radiateurs en fonte existants, restauration et réemploi des menuiseries extérieures...

7. 3 - Matériaux biosourcés

Isolants biosourcés
Nous étudierons la faisabilité technico-économique afin d'intégrer des isolants biosourcés dans les doublages des murs extérieurs et pour l'isolation des combles. Les études acoustiques, structurelles et économiques devront être menées conjointement pour déterminer la solution optimale.

Enduit chaux-chanvre projeté et bloc chaux-chanvre



De l'enduit chaux-chanvre projeté est prévu pour la correction thermique des pignons intérieurs dans les halls d'entrée. Tandis qu'il est envisagé de mettre en oeuvre des blocs chaux-chanvre sur les murs RDC de la façade Sud.
Ces ouvrages sont composés de granulat végétal, la chènevotte et de chaux. Grâce à sa structure poreuse, la chènevotte possède d'excellentes propriétés d'isolation et de régulation de l'humidité et de la température. Par son caractère poreux et par la structure caverneuse de la chènevotte, le chaux-chanvre améliore le confort acoustique des lieux.

Ouate de cellulose



Par sa masse volumique importante, elle joue un rôle dans le confort d'été par le déphasage thermique. Les flocons sont fabriqués à partir de vieux papiers non utilisés.

Fibre de bois

La fibre de bois est envisagée pour l'isolation des rampatns de toiture, uniquement sur le brisis. Par sa masse volumique importante, elle joue un rôle dans le confort d'été. Elle est obtenue par défibrage de chutes de bois.



7. 4 - Éco-matériaux

Notre ambition est d'améliorer la qualité sanitaire des matériaux de construction en recourant à des produits en contact avec l'air intérieur disposant d'un label environnemental sur les COV de niveau A+, pour 100% des revêtements et anticiper la logique d'entretien et de la facilité d'entretien pour éviter qu'il ne soit remplacé parce que l'image du matériau change.

La quantité importante de matériaux biosourcé visée, notamment dans les ateliers (doublage), permet une qualité sanitaire exemplaire de classe A +.

L'ensemble des revêtements (concernés et non concernés par l'étiquetage age obligatoire), présenteront un **étiquetage relatif aux émissions de Composés Organiques Volatils dans l'air intérieur de classe A+**.



Les taux d'émission sont alors limités aux valeurs suivantes :
- Taux d'émission de COV < 1000 µg/m³
- Taux d'émissions de formaldéhydes < 10 µg/m³

Les peintures utilisées seront en phase aqueuse et bénéficieront d'un label environnemental de type NF Environnement, Ecolabel Européen, Ange Bleu ou équivalent. Dans la mesure du possible, la teneur en COV des peintures choisies sera inférieure à 1 g/L.

De plus les colles, sols, faux plafonds, et peintures mis en œuvre possèderont eux aussi un étiquetage A+ et seront classifiés **Emicode EC1** à minima. Aucun produit choisi ne dégagera de particules ou fibres cancérigènes.
Les bois employés présentent le certificat FSC ou PEFC.

8 ÉTUDES HYGROTHERMIQUES DES PAROIS

8. 1 - Généralités

Afin de mettre en évidence nos propos précédents, nous avons réalisé une étude hygrothermique dynamique des parois, à l'aide du logiciel Ubakus.
Ce logiciel permet de simuler le comportement des parois en prenant en considération l'inertie des matériaux, les phénomènes de rayonnement solaires, etc...

-> Les études révèlent l'absence de risque de condensation majeur au sein des parois.

9 ÉTUDES COMPARATIVES POUR AIDE A LA DÉCISION

9. 1 - Consommation de chauffage option A // option B

Dans le cas de cet APD, il est demandé d'étudier la différence des coûts de fonctionnement au regard de la différence de volume à chauffer entre l'option A et l'option B.

Dans la simulation thermique dynamique, seules les consommations annuelles de chauffage des salles de dessin du R+1 sont relevées. Il convient néanmoins de préciser que cette modification géométrique peut également influencer les besoins de chauffage des locaux adjacents.

La simulation thermique dynamique nous permet de constater que :

	Option B : conservation des combles perdus	Option A : ouverture des combles, charpente apparente
Consommation en chauffage des salles 04 05 06 -énergie finale Réseau chaleur urbain	8077 kWh/an	15 228 kWh/an
Consommation en chauffage et coût supplémentaire	7151 kWh/an soit +8,1% de consommation en chauffage annuelle soit **816€TTC/an à prévoir en plus pour option A** Selon prix Réseau de chaleur urbain de Versailles Tertiaire 114€TTC/MWh*	

*prix moyen pour une surface de 1000m² avec une consommation de 1500 MWh/an
Sources : france-chaleur-urbaine.beta.gouv.fr

Il est à noter que l'ouverture des combles a un impact léger sur l'amélioration du confort thermique d'été.

9. 2 - Fonctionnement des éclairages : solution base et variante

Deux options de déclenchement d'éclairage artificiel sont visés pour les salles d'enseignement. La solution de base est un éclairage d'actionnement manuel par interrupteurs, sans horloge. La variante est un éclairage par détection et gradation en fonction de l'éclairage naturel des locaux avec bouton poussoir.

Les coûts par poste sont détaillés dans le DPGF Electricité CFO - CFA.

IMPACT

CONSEILS & INGÉNIERIE