



GRENOBLE INP

Projet Gemme Coriolis

Diagnostic énergétique du bâtiment existant GH



Version 5

Fait à Nivolas Vermelle, le 21 Décembre 2010

Sommaire

1. PREAMBULE.....	4
2. OBJETS.....	4
3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS EXISTANTES	5
3.1 LE SITE.....	5
3.1.1 Climatologie.....	5
3.1.2 L'environnement	7
3.2 LE BATIMENT.....	9
3.2.1 Description de l'existant	9
3.3 LE FONCTIONNEMENT DU BATIMENT ET SES CONTRAINTES TECHNIQUES	11
3.3.1 Occupation.....	11
3.3.2 Apports internes	11
3.3.3 Acoustique.....	11
3.4 LE BATI.....	12
3.4.1 Inertie thermique :.....	12
3.4.2 Composition thermique du bâti.....	12
3.5 LE CHAUFFAGE	16
3.5.1 Principe.....	16
3.5.2 Chaufferie.....	16
3.5.3 Réseaux primaire d'alimentation de la sous-station.....	16
3.5.4 Sous-station.....	17
3.5.5 Distribution.....	18
3.5.6 Émissions	19
3.5.7 Régulation et programmation	20
3.6 LA VENTILATION.....	21
3.6.1 Ventilation des halls.....	21
3.6.2 VMC des sanitaires	21
3.7 L'ECLAIRAGE.....	22
3.7.1 Définitions.....	22
3.7.2 L'éclairage naturel.....	22
3.7.3 Eclairage artificiel	23
3.8 PLOMBERIE SANITAIRES.....	26
3.8.1 Equipements sanitaires	26
3.8.2 Eau froide.....	26
3.8.3 ECS.....	26
3.9 LE CONFORT D'ETE	27
4. ANALYSE DE L'EXISTANT	28
4.1 SIMULATIONS SUR COMFIE PLEIADES	28
4.2 ETUDE DU BATI	35
4.2.1 Répartitions des déperditions.....	35
4.3 ESTIMATIONS DES CONSOMMATIONS	36
4.3.1 Consommation de chauffage.....	36
4.3.2 Consommations des pompes de distribution de chauffage.....	37
4.3.3 Consommations d'électricité liées à l'éclairage	37
4.4 ANALYSES DES MESURES DE TEMPERATURES	38
4.5 HETEROGENEITE DES INSTALLATIONS TECHNIQUES	39
5. RESUME DES DEFAUTS RENCONTRES	40
5.1 BATI.....	40
5.2 CHAUFFAGE.....	40
5.3 VENTILATION.....	40
5.4 ECLAIRAGE	40

5.5	EAU POTABLE	40
5.6	DIVERS	40
6.	ETUDE DE SOLUTIONS	41
6.1	BASE DE CALCUL	41
6.1.1	<i>Calcul des temps de retour.....</i>	<i>41</i>
6.1.2	<i>Rejet de CO2 suivant l'énergie et les usages</i>	<i>41</i>
6.2	BATI.....	42
6.2.1	<i>Isolation de la façade</i>	<i>42</i>
6.2.2	<i>Isolation de la toiture</i>	<i>44</i>
6.2.3	<i>Traitement des sheds.....</i>	<i>44</i>
6.2.4	<i>Remplacement des menuiseries de façade.....</i>	<i>45</i>
6.2.5	<i>Etude en coût global des solutions sur le bâti.....</i>	<i>45</i>
6.2.6	<i>Conclusions :</i>	<i>46</i>
6.3	CHAUFFAGE.....	47
6.3.1	<i>Isolation du réseau primaire de chauffage (Chaufferie – Sous-station) :</i>	<i>47</i>
6.3.2	<i>Isolation du réseau intérieur de chauffage :</i>	<i>47</i>
6.3.3	<i>Remplacement des circulateurs :</i>	<i>48</i>
6.3.4	<i>Remplacement des panneaux rayonnants :</i>	<i>48</i>
6.3.5	<i>Remplacement des convecteurs électriques par des radiateurs eau chaude raccordés sur le réseau existant et équipés de robinets thermostatiques</i>	<i>49</i>
6.3.6	<i>Remplacement des robinets de radiateurs.....</i>	<i>49</i>
6.3.7	<i>Déstratificateur pour hall.....</i>	<i>49</i>
6.4	VENTILATION.....	50
6.4.1	<i>VMC double flux des bureaux.....</i>	<i>50</i>
6.4.2	<i>Mur capteur Solarwall sur le bâtiment H.....</i>	<i>51</i>
6.4.3	<i>Ventilation naturelle pour rafraichissement :</i>	<i>51</i>
6.5	ECLAIRAGE	52
6.5.1	<i>Remplacement des luminaires.....</i>	<i>52</i>
6.5.2	<i>Amélioration des luminaires existants</i>	<i>53</i>
6.6	EAU POTABLE	53
6.7	SCENARIO DE TRAVAUX.....	54
6.7.1	<i>Scénario 1</i>	<i>54</i>
6.7.2	<i>Scénario 2</i>	<i>54</i>
6.7.3	<i>Résultats.....</i>	<i>54</i>

1. PREAMBULE

Le présent diagnostic énergétique intervient dans le cadre d'un projet de construction d'un bâtiment neuf en liaison avec le bâtiment existant.

L'objectif est donc double :

- Etablir l'état de l'existant ainsi que son analyse énergétique pour permettre à l'équipe de maîtrise d'œuvre de l'intégrer dans ses études
- Proposer des solutions d'amélioration énergétique et de confort du bâtiment pour les usagers actuels.

Ce document vient en complément du bilan environnemental de site réalisé par SE&ME et transmis aux équipes de maîtrise d'œuvre au stade du concours.

2. OBJETS

Le présent document, a pour but d'établir un diagnostic énergétique du bâtiment GH du site universitaire de l'INPG.

Ce rapport présente d'abord une analyse de l'existant tant au niveau du bâti que des équipements techniques, puis détaille une liste de propositions pour parer aux défauts rencontrés.

Ce document est décomposé de la manière suivante :

- Description des installations existantes
- Analyse énergétique.
- Résumé des défauts rencontrés
- Études des propositions en coût global

L'étude s'est appuyée sur les éléments suivants :

- Rencontres et échanges avec le Chargé d'opérations gestion énergétique du service du Patrimoine ainsi qu'avec le responsable maintenance du site.
- Relevés sur site
- Analyse de la thermique du bâti par modélisation

3. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS EXISTANTES

3.1 Le site

3.1.1 Climatologie

- Altitude : 210 m.
- Zone climatique RT 2005 : H1c
- Température extérieure de base hiver : - 11 °C
- Température extérieure de base été : +32°C
- DJU (Station météo de Grenoble Saint-Martin-D'hères - altitude 212m.) : 2 531
- Pluviométrie annuelle moyenne = 1 007 mm

L'ensemble des valeurs climatologiques est présenté sur la fiche Météo France suivante :



FICHE CLIMATOLOGIQUE

Statistiques 1971-2000 et records

GRENOBLE – SMH (38)

Indicatif : 38421001, alt : 212m, lat : 45°11'54"N, lon : 05°46'30"E

	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
La température la plus élevée (°C) <small>Records établis sur la période du 01-01-1969 au 31-12-2001</small>													
	19.1	23.4	27.3	29.5	32.3	34.3	38.8	37.2	34.0	31.0	24.9	22.9	38.8
Date	16-1975	21-1998	26-2001	30-1994	30-2001	28-1986	22-1983	20-2000	10-1970	09-1985	11-1995	16-1989	1983
Température maximale (moyenne en °C)													
	6.2	9.0	13.7	16.9	21.8	24.8	27.9	27.4	23.2	17.4	10.5	6.8	17.1
Température moyenne (moyenne en °C)													
	2.4	4.6	8.1	11.1	15.7	18.7	21.3	21.0	17.3	12.4	6.5	3.3	11.9
Température minimale (moyenne en °C)													
	-1.3	0.1	2.5	5.3	9.6	12.6	14.8	14.5	11.4	7.5	2.5	-0.2	6.6
La température la plus basse (°C) <small>Records établis sur la période du 01-01-1969 au 31-12-2001</small>													
	-20.3	-12.0	-11.9	-3.2	-0.6	4.0	5.9	6.3	1.8	-2.5	-9.1	-14.1	-20.3
Date	04-1971	11-1988	07-1971	06-1970	06-1979	01-1988	18-1970	30-1988	17-1971	28-1973	30-1973	30-1976	1971
Nombre moyen de jours avec													
Tx >= 30 °C	-	-	-	-	0.7	4.0	10.5	9.8	1.3	0.1	-	-	26.3
Tx >= 25 °C	-	-	0.3	1.8	9.8	15.7	24.1	22.6	12.1	0.9	-	-	87.2
Tx <= 0 °C	1.9	0.3	0.1	-	-	-	-	-	-	0.0	0.9	-	3.2
Tn <= 0 °C	19.2	14.0	7.6	1.9	0.0	-	-	-	0.8	8.7	16.9	-	69.2
Tn <= -5 °C	4.9	1.7	0.5	-	-	-	-	-	-	0.5	3.1	-	10.7
Tn <= -10 °C	0.8	0.1	0.1	-	-	-	-	-	-	-	0.1	-	1.2
<small>Tn : Température minimale, Tx : Température maximale</small>													
La hauteur quotidienne maximale de précipitations (mm) <small>Records établis sur la période du 01-01-1969 au 31-12-2001</small>													
	61.4	77.2	48.0	42.2	46.7	50.6	71.0	72.0	83.0	78.3	56.4	96.6	96.6
Date	28-1999	14-1990	08-2001	12-1989	15-1983	27-1975	21-1973	07-1976	01-1994	14-1983	05-1994	21-1991	1991
Hauteur de précipitations (moyenne en mm)													
	83.5	79.3	78.1	80.1	82.7	85.7	72.2	78.8	98.8	94.0	92.1	81.8	1007.1
Nombre moyen de jours avec													
Rr >= 1 mm	9.6	8.9	9.1	9.7	11.4	10.2	7.0	8.4	7.7	9.6	9.4	9.5	110.6
Rr >= 5 mm	5.3	5.0	5.1	5.3	5.7	5.2	4.1	4.0	4.8	5.5	5.6	5.3	60.8
Rr >= 10 mm	2.9	2.7	2.7	2.7	2.8	2.9	2.6	2.6	3.2	3.3	3.2	2.8	34.5
<small>Rr : Hauteur quotidienne de précipitations</small>													

GRENOBLE – SMH (38)

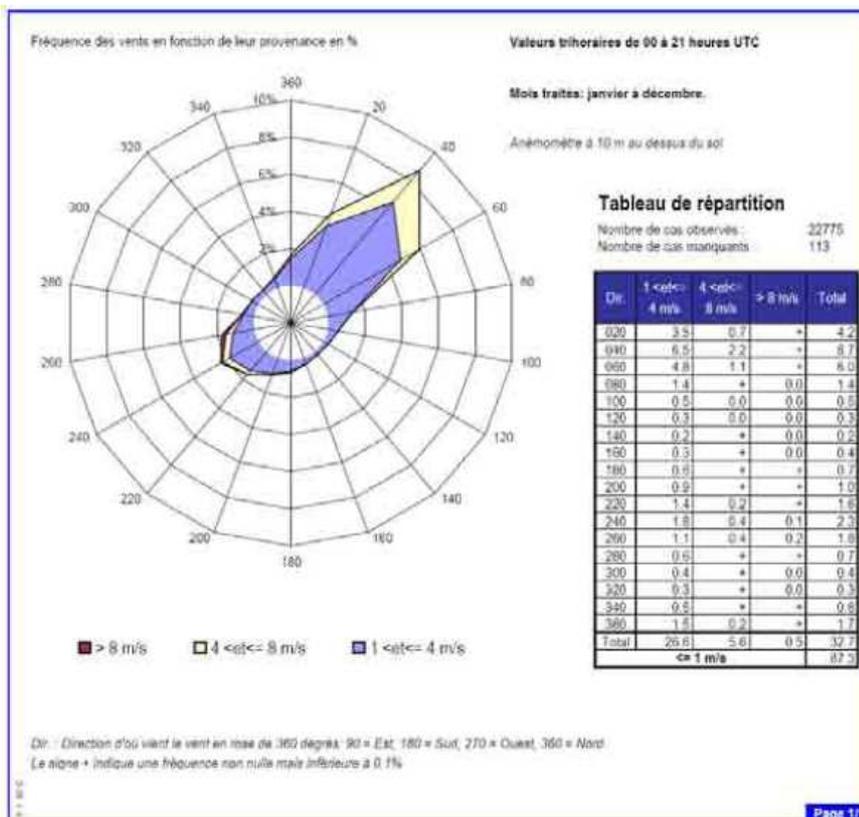
Indicatif : 38421001, alt : 212m, lat : 45°11'54"N, lon : 05°46'30"E

Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année	
Degrés Jours Unifiés (moyenne en °C)													
482.2	379.1	307.8	208.9	85.7	30.1	7.1	8.5	48.5	173.7	345.2	455.8	2530.6	
Rayonnement global (moyenne en J/cm²) Données non disponibles													
Durée d'insolation (moyenne en heures) Données non disponibles													
Nombre moyen de jours avec fraction d'insolation Données non disponibles													
Evapotranspiration potentielle (ETP Penman moyenne en mm) Données non disponibles													
La rafale maximale de vent (m/s) Records établis sur la période du 01-01-1985 au 31-12-2001													
	20	20	21	18	17	14	21	17	17	18	21	20	21
Date	07-1984	04-1994	04-1999	15-1992	01-1988	27-1991	24-1989	31-1992	28-1991	25-1986	11-1996	16-1989	1988
Vitesse du vent moyenné sur 10 mn (moyenne en m/s)													
	0.6	0.7	0.8	0.8	0.6	0.6	-	-	0.4	0.5	-	-	
Nombre moyen de jours avec rafales Données non disponibles													
Nombre moyen de jours avec brouillard / orage / grêle / neige Données non disponibles													

Ces statistiques sont établies sur la période 1971-2000 sauf pour les paramètres suivants :
vent (1985-1999)

- : donnée manquante
.: donnée égale à 0

La répartition des vents dominants est présentée par la rose des vents ci-dessous :



Les vents dominants sont Nord-Est Sud-Ouest.

3.1.2 L'environnement

La commune est située à l'entrée de la vallée du Grésivaudan, entre les massifs alpins de la CHARTREUSE et de BELLEDONNE.

Le Campus universitaire se trouve à proximité du centre ville de Grenoble, et se trouve entouré sur ses limites Nord, Est et Ouest par l'Isère.

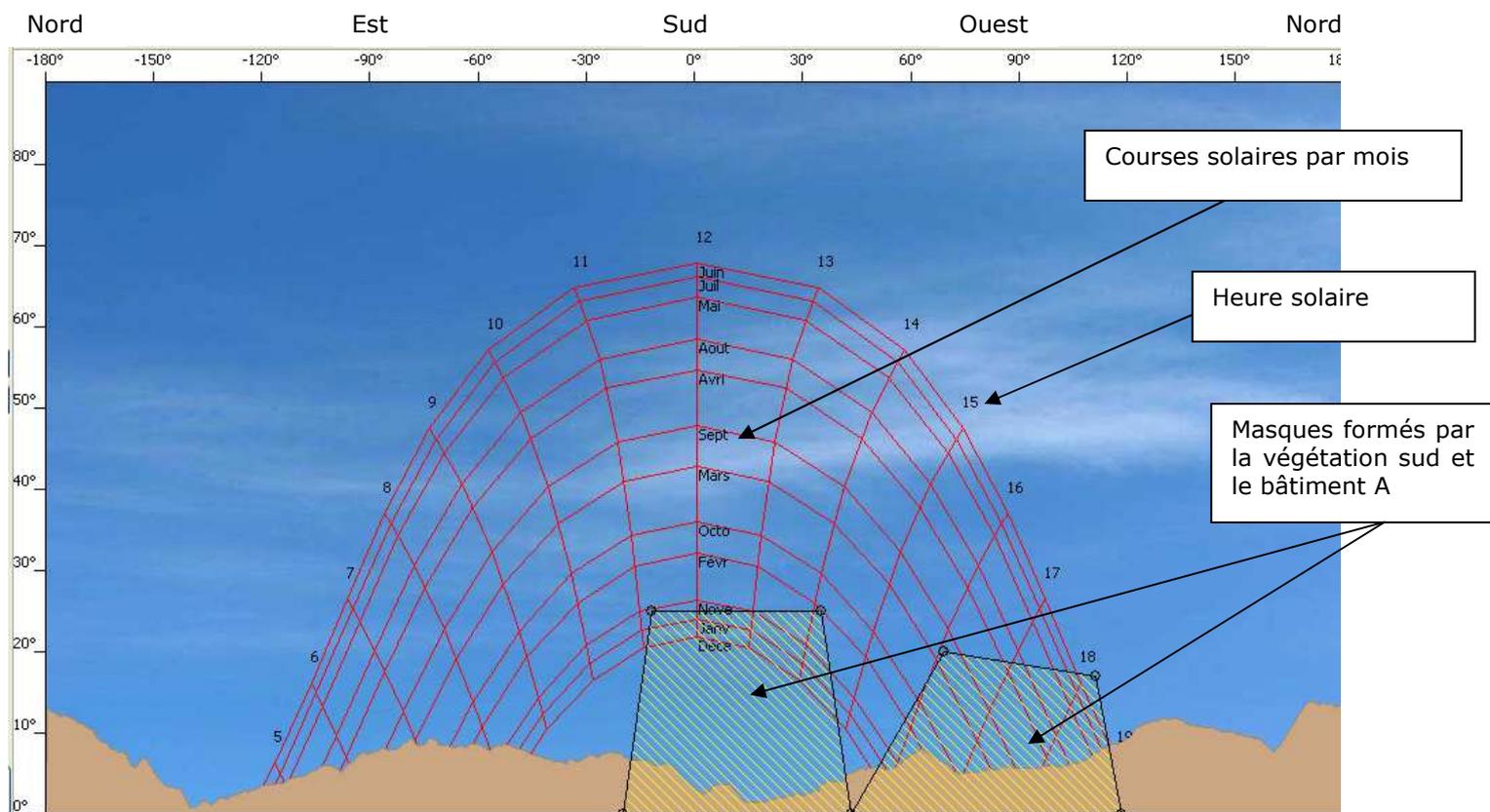
Son environnement proche est composé de :

- La rivière « Isère » au Nord de la parcelle.
- De nombreux espaces vert arborés

Chaufferie gaz
existante alimentant
le bâtiment GH



La courbe de masque suivante présente les principaux masques créés par l'environnement naturel et bâti sur le centre de la parcelle.



3.2 Le bâtiment

3.2.1 Description de l'existant

Date de construction : 1967

Surface : 3369 m²_{SDO}

Catégorie : ERP type R 5^ocatégorie

Le bâtiment d'origine est un grand hall d'une hauteur moyenne de 8m.

En 1985, puis en 1990, des dalles (plancher collaborant métallique) ont été réalisées pour créer un étage et y installer des bureaux.

Orientation principale : Nord Sud

Le bâtiment est composé de :

- Bâtiment G à l'Ouest :
 - Expérimentation volumineuse
 - Bureau d'analyse en rez-de-chaussée et R+1
 - 1 sous-station chauffage au R+1
- Bâtiment H à l'Est :
 - Expérimentation
 - Bureau au R+1
 - Un poste transfo (projet de remplacement)

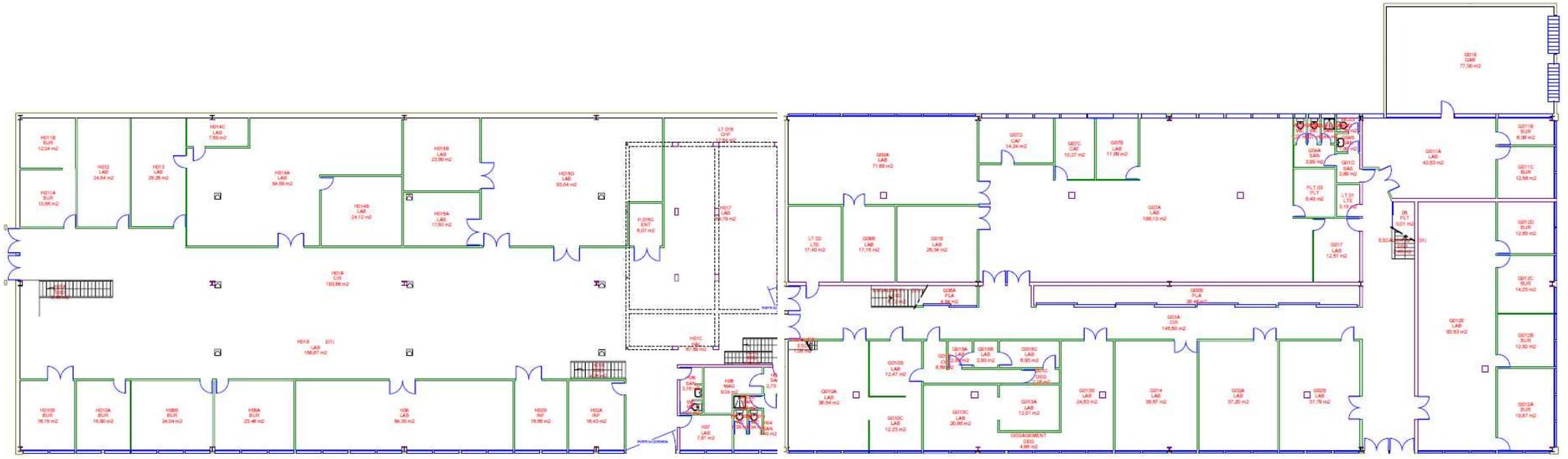
Chaque bâtiment possède son entrée. Il n'y a pas de hall commun.

Le bâtiment est construit sur un **vide sanitaire** de faible hauteur (inaccessible) sur toute sa surface.

Les **hauteurs sous plafond** sont les suivantes :

- Hall sous partie basse shed : 7,3 ml
- Hall sous partie haute shed : 9,5 ml
- Bureau RdC : 3 ml
- Bureau R+1 : 2,3 ml

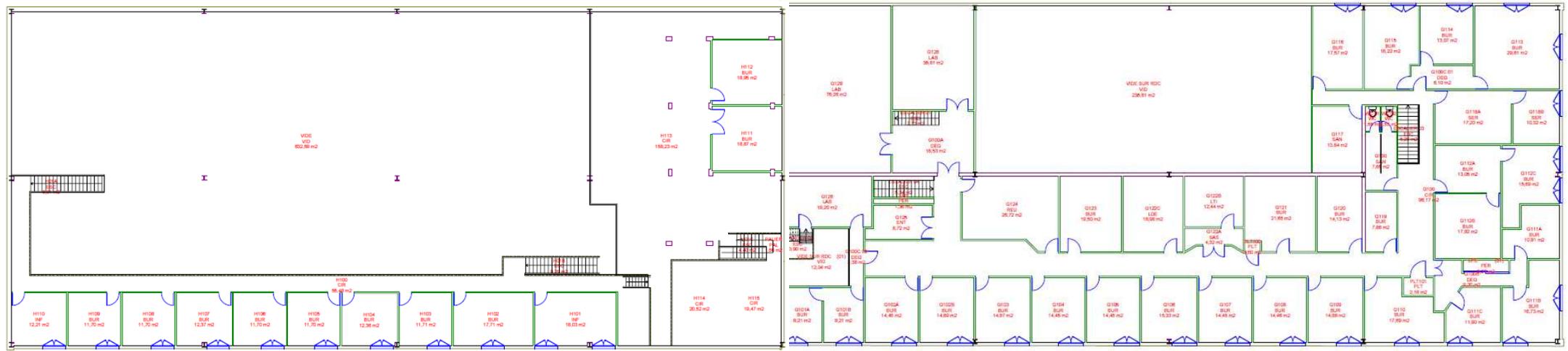
Les plans suivants résument les différentes zones du bâtiment.



Rez-de-chaussée

Bâtiment H

Bâtiment G



R+1

3.3 Le fonctionnement du bâtiment et ses contraintes techniques

3.3.1 Occupation

Horaires d'occupation :

- Horaire de bureau classique
- Ouverture Juillet Août

3.3.2 Apports internes

Certaines expérimentations dégagent de la chaleur.

Une enquête auprès des utilisateurs est en cours pour établir précisément les puissances dégagées ainsi que les périodes de fonctionnement.

Le poste transfo de 600KVA du bâtiment G est en plein cœur du bâtiment et est ventilé naturellement vers le hall. Toute la chaleur dégagée se retrouve donc dans le bâtiment. La puissance dégagée (pertes) est estimée à 5 KW à pleine charge.

3.3.3 Acoustique

Certaines expériences, bien qu'en nombre limité ont un niveau sonore élevé. Actuellement les bureaux ne sont pas isolés acoustiquement (ni thermiquement) sur le hall.

3.4 Le bâti

3.4.1 Inertie thermique :

L'inertie thermique du bâtiment est moyenne.

Elle est assurée par :

- La dalle béton sur vide sanitaire
- Les planchers collaborants métalliques + béton des zones de bureau.

Elle est donc variable suivant les zones de bâtiment. Le bâtiment G qui comporte un plus grand nombre de bureau a une inertie plus importante que le bâtiment H.

Les façades légères en ossature métallique n'ont aucune inertie.

Les toitures légères bac acier + isolant n'ont aucune inertie.

3.4.2 Composition thermique du bâti

La composition thermique du bâti est la suivante :

Dénomination	Composition	U (W/m ² .°C)	Garde fous RT 2007 - rénovation (W/m ² .°C)	Référence RT 2007 - rénovation (W/m ² .°C)
--------------	-------------	-----------------------------	---	--

Parois opaques :

Mur extérieur d'allège	Panneaux constitué de « Béton + Polystyrène 5cm (non sondé) + fibrociment » - Placés entre poteau d'ossature métallique <i>Le U prend en compte les ponts thermiques structurels</i>	1	0,43	0.36
Mur extérieur élévation	Ossature métallique + bardage double peau + 4 cm de laine minérale en mauvais état	1,5	0,43	0.36
Mur des bureaux du bâtiment G sur mur extérieur	Polystyrène PSE 8cm <i>Le U est celui cumulé avec la double peau ext.</i>	0,375	0,43	0.36
Mur des bureaux du bâtiment H sur mur extérieur	Polystyrène PSE 8cm <i>Le U est celui cumulé avec la double peau ext.</i>	0,375	0,43	0.36
Mur des bureaux sur hall	Cloison légère non isolé ou plâtre 5cm.			

Planchers - Toiture

Planchers sur VS	Dalle béton	2	0,5	0,4
Toiture légère	Bac acier + isolation laine minérale compressée 2cm. (non sondé)	1,6	0,25	0,20
Plafond des bureaux sur hall	Laine minérale soufflée 8cm	0,48		

Menuiseries

Menuiseries façade	Menuiserie acier simple vitrage	6	2,3	2,1
Menuiseries shed	Menuiserie acier simple vitrage armé	6	2,3	2,1

Définitions :

Garde fous RT2007 : La réglementation thermique « éléments par éléments » (pour les rénovations légères) définit une résistance thermique minimale de l'isolation à mettre en œuvre lorsque celle ci est remplacée. Ce minimum est appelé garde fous.



Panneau d'allège entre ossature métallique

Le niveau d'isolation du bâti est très mauvais, voire inexistant.

Le tableau fait apparaître, qu'à l'exception de l'isolation des murs des bureaux récemment créés et présentant une double isolation, la performance thermique des murs est nettement inférieure au garde fou de la RT2007 bâtiment existant.

Les principaux points faibles du bâti sont :

- Les vitrages, en plus de présenter de mauvaises caractéristiques thermiques d'origine, sont en très mauvais état et plus particulièrement ceux des sheds. Les menuiseries acier sont rouillées voire même percées à de nombreux endroits. Outre les problèmes d'isolation, d'étanchéité à l'air et à l'eau, la tenue structurelle peut être remise en cause !

Ce défaut prend de l'importance de part la surface très importante de vitrage sur ce bâtiment (825 m² de surface vitrée en shed).



- La toiture légère est très mal isolée. C'est donc une grosse source de déperdition, puisque la chaleur a tendance à monter. C'est également source de gros apports de chaleur en été.
- Le plancher sur vide sanitaire n'est pas du tout isolé. Un vide sanitaire est plus pénalisant thermiquement qu'un terre plein puisque sa température est, à peu de chose près, celle de l'extérieur.
- La façade légère dont l'isolation est en très mauvais état. Les 4cm de laine minérale n'équivalent plus qu'à 2cm.
- Les allèges qui sont placées entre poteaux de structure métallique. Des ponts thermiques importants en résultent.

Isolation de la double peau très dégradée



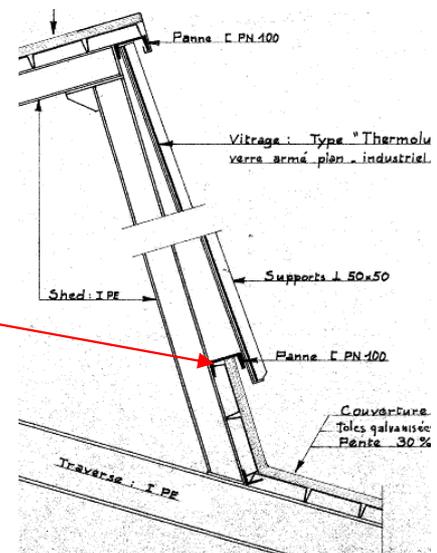
Ponts thermiques :

Les principaux ponts thermiques du bâtiment sont :

- Ponts thermiques structurels des allèges entre poteaux métalliques.
- Liaisons toiture légère shed



Liaison shed / toiture



- Liaisons menuiseries / façade. Les menuiseries ne sont pas en continuité de l'isolation mais entre poteaux métalliques.

Etanchéité à l'air :

Le bâtiment présente de grosses lacunes au niveau de l'étanchéité à l'air.

Il n'a absolument pas été conçu avec cette préoccupation, et le temps a dégradé la situation.

Les principales sources d'infiltration sont :

- Les sheds dont la structure et les vitrages sont en très mauvais état.
- Les ouvrants de façade
- Les portes principales avec des jours de plusieurs centimètres.

L'isolation de la double peau possède un pare-vapeur qui joue le rôle d'étanchéité à l'air de la façade. Au vu de la qualité de l'isolant, on peut cependant imaginer que ce pare-vapeur est détérioré par endroit, et que l'étanchéité à l'air en est affectée.



Porte principale

Protections solaires des vitrages :

Les vitrages de la façade Sud sont équipés de **stores toile extérieurs manuels**. Il semble tous être en bon état.

Ce type de protection est efficace pour limiter les apports solaires de part leur position en extérieur. Le seul reproche qu'on peut lui faire est qu'une fois fermé, l'accès à l'éclairage naturel en est fortement réduit. L'éclairage artificiel s'impose alors, et devient une source d'apport interne important.

Les sheds possèdent des surfaces de vitrage sur les 4 orientations : Nord, Sud, Est et Ouest.

Aucun ne possède de protection solaire. Seuls les vitrages inclinés Ouest sont traités avec une peinture opalescente qui diminue son facteur solaire.

La surface de vitrage Est et Ouest est très importante et est inclinée. Les apports de chaleur qui en résulte en été sont énormes et sont l'une **des principales sources de l'inconfort estivale** avec la toiture légère.

Shed Ouest traité opalescent

Shed Sud non traité

Store toile extérieur



3.5 Le chauffage

3.5.1 Principe

Une chaufferie commune aux bâtiments de ce site de l'INPG et fonctionnant au gaz, alimente une sous-station située dans le bâtiment GH.

De cette sous-station, un réseau régulé alimente un réseau de panneaux rayonnants à eau chaude qui chauffent les halls d'expérimentation.

La plupart des panneaux rayonnants sont d'origine. Certains panneaux rayonnants ont été remplacés dans la zone bureau R+1 du bâtiment G

Un autre réseau régulé alimente un réseau de radiateurs équipés de robinet simple réglage positionnés le long des façades Nord et Sud. Certains sont dans le volume des halls, d'autres sont dans les bureaux.

Les bureaux du R+1 créés en 1985 (bâtiment H) sont chauffés par convecteurs électriques.

Les bureaux R+1 créés en 1990 (bâtiment G) sont chauffés par radiateurs eau chaude équipés de robinet thermostatique et raccordés sur le réseau radiateurs.

Un système de GTC permet de gérer la consigne et la programmation du chauffage.

3.5.2 Chaufferie

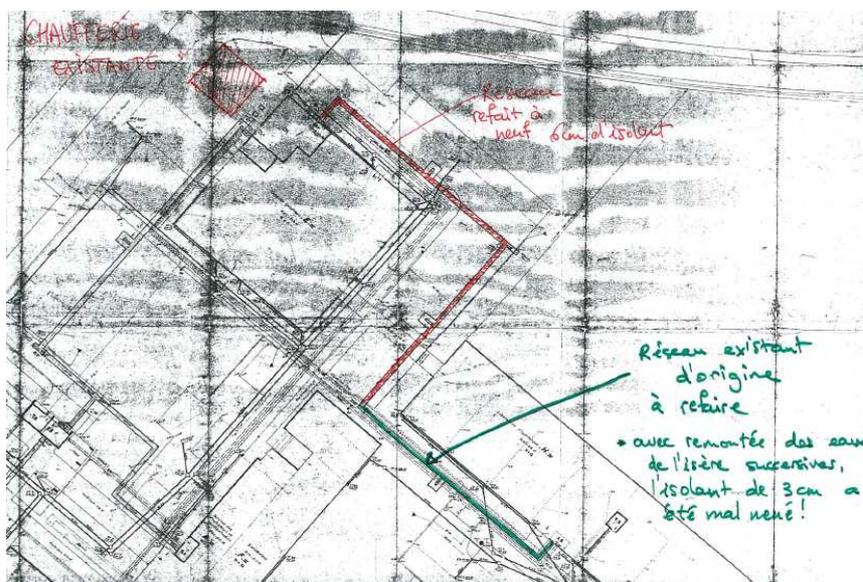
- Energie principale pour le chauffage : Gaz
- Production de chaleur :
 - Chaudière datant de 1994.
 - Puissance : 2x 1100KW + 1x860KW soit un total de 3 060 KW.
- Rendement estimé : 90%

3.5.3 Réseaux primaire d'alimentation de la sous-station

Le réseau régulé (90/70°C) d'alimentation de la sous-station chemine en caniveau depuis la chaufferie.

Une partie du réseau a été rénové et est isolé par 6cm d'isolant.

L'autre partie est d'origine et l'isolation par 3cm de laine minérale a été fortement dégradée par la montée des eaux de l'Isère.



Il est de diamètre Ø82/89 et sa longueur est de 380 ml Aller -Retour

La perte de chaleur estimée est donc estimée à :

- Partie rénovée : 30 000 KWh/an
- Partie d'origine : 60 000 KWh/an

Soit 12% des besoins de chauffage.

3.5.4 Sous-station

La sous-station est située au R+1 du bâtiment H, dans le volume chauffé.

Le bâtiment est équipé de 2 réseaux régulés :

- 1 réseau régulé panneau rayonnant :
 - Régime de température 70/50°C
 - 1 pompe simple à **vitesse fixe** assez récente :
 - * Marque : SALMSON
 - * Type : SCX 50-25
 - * vitesse réglée : 3
 - * P = 300W
 - 1 vanne 3 voies en mélange

- 1 réseau régulé radiateur :
 - Régime de température 70/50°C
 - 1 pompe simple à **vitesse fixe** d'origine :
 - * Marque : Euramo - C 1430
 - * Type : C 1430
 - * P = 1 200 W
 - 1 vanne 3 voies en mélange



Le schéma de principe est complexe sans utilité (boucle de mélange...)

Dans le cadre d'une rénovation du système, il sera utile de le simplifier pour une meilleure maintenance.

La robinetterie est d'origine (vanne 3 voies, vanne d'isolement...)

Les canalisations sont calorifugées par 30 mm de laine minérale. Sur une installation neuve performante, cette isolation pourrait être plus importante (50mm) pour limiter les pertes.

Cependant, à ce jour, ce sont les seules canalisations du bâtiment qui sont isolées. Même si c'est mieux que rien, ca représente une goutte d'eau par rapport aux longueurs importantes de canalisations présentes dans le bâtiment.

La robinetterie n'est pas équipée de coquille de calorifugeage.

Le schéma de principe suivant est celui d'origine.

On notera que les modifications suivantes sont intervenues depuis :

- Suppression d'une des pompes du réseau radiateurs
- La vanne 3 voie régulée du réseau panneaux rayonnants a été remplacée par deux vannes 3 voies positionnées sur les réseaux, en sortie de sous-station : une par bâtiment.

On notera également le diamètre de raccordement de Ø82/89 qui donne une plage de puissance installée comprise entre 304 et 464 KW pour l'ensemble du bâtiment.



3.5.6 Émissions

3.5.6.1 Panneaux rayonnants

L'émission de chaleur dans les halls est réalisée par des panneaux rayonnants d'origine :

Ce type d'émetteur est bien adapté à des grands volumes et présente le gros avantage :

- par rapport à des aérothermes de ne pas engendrer de mouvement d'air
- par rapport à des panneaux rayonnants fonctionnant au gaz d'émettre une chaleur plus douce.

Cependant leur époque de construction engendre les défauts suivants :

- Ils ne possèdent pas d'isolation en partie supérieure. Le rendement d'émission est donc mauvais car l'émission n'est pas suffisamment concentrée vers le bas. Associé à la très mauvaise isolation de la toiture (y compris shed) les pertes de chaleurs qui en résultent sont très importantes.
- Il fonctionne à haute température et créent un gradient de température contrairement à un fonctionnement basse température qui permettra une émission par rayonnement plus importante.



Vanne simple réglage des panneaux rayonnants



Panneaux rayonnants d'origine

Dans la zone de bureau R+1 du bâtiment G, les panneaux rayonnants ont été remplacés. Ils sont également équipés de robinet simple réglage et possèdent une isolation en partie supérieure.

On notera que l'ensemble des panneaux rayonnant ne possède pas de régulation individuelle et que la régulation de température est distincte pour G et H mais qu'elle est la même entre le hall et les bureaux de G.



Panneaux rayonnants récents

3.5.6.2 Radiateurs eau chaude

Les radiateurs eau chaude sont de type acier.

Les radiateurs du hall sont équipés de robinet simple réglage. La régulation ne peut donc se faire qu'au global.

Les radiateurs des bureaux sont équipés de robinet thermostatique permettant une régulation individuelle par local. Cependant, nombreux sont ceux qui sont réglés en position maximum, montrant soit leur mauvaise utilisation soit un dysfonctionnement de la régulation.



3.5.6.3 Convecteurs électriques

Les bureaux du R+1 du bâtiment H sont équipés de convecteurs électriques à régulation mécanique.

Les convecteurs émettent une chaleur uniquement convective et n'ont donc aucune inertie. Etant donné la présence d'un réseau régulé existant, il est dommage qu'il n'ait pas été utilisé.

3.5.7 Régulation et programmation

La régulation est assurée par un automate de marque SIEMENS.

Il permet de gérer :

- La programmation horaire / journalière / hebdomadaire du fonctionnement du chauffage.
- Les températures de consigne : une sonde intérieure pour les panneaux rayonnants de G, une sonde intérieure pour les panneaux rayonnants de H et une sonde pour les radiateurs.

Cette répartition n'a pas vraiment de sens car :

- Les radiateurs des halls sont régulés comme ceux des bureaux.
- Les bureaux du R+1 du bâtiment G sont mieux isolés que ceux du rez-de-chaussée du bâtiment H.
- Les panneaux rayonnant récents de la circulation du R+1 du bâtiment G n'ont pas les mêmes charges que ceux des halls.

Les consignes de température sont :

- Occupation radiateur : 21°C
- Occupation hall : 17°C
- Réduit de WE et de nuit : 15°C
- Hord-gel : 12°C



Automate de régulation – armoire électrique de la sous-station

3.6 La ventilation

3.6.1 Ventilation des halls

La ventilation des halls est assurée par des ventilateurs hélicoïdes placés dans la partie vitrée des Sheds. La commande est manuelle.

Le bâtiment possède 1 ventilateur par face Est et Ouest de chaque shed, soit 16 ventilateurs.

Le système est utilisé uniquement en été pour évacuer la chaleur stratifiée en partie haute et ainsi limiter les surchauffes.

Il n'y a pas d'entrée d'air. Il pénètre donc par les défauts d'étanchéité du bâtiment.



En hiver le renouvellement d'air hygiénique est assuré uniquement par les infiltrations.

Pour le hall, cette situation n'est pas de problème sanitaire.

Par contre pour les bureaux où l'occupation est la plus importante, le fait qu'il n'y ait aucune entrée d'air dans les menuiseries ne garantit absolument aucune condition de renouvellement d'air hygiénique. La seule solution est l'ouverture des fenêtres par les occupants qui engendre d'autres problèmes de confort thermique et de consommations de chauffage.

3.6.2 VMC des sanitaires

Une VMC auto-réglable a été installée pour les sanitaires en rez-de-chaussée du bâtiment H.

Son fonctionnement est permanent.

3.7 L'éclairage

3.7.1 Définitions

3.7.1.1 L'éclairage des locaux :

L'éclairage d'un local est de 2 natures : l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel.

L'éclairage naturel est la base de l'éclairage. Il est impératif pour l'équilibre physiologique du corps humain. Au titre de la réglementation, tout local de travail doit disposer d'un accès à la lumière naturelle.

L'éclairage naturel dispose de plusieurs caractéristiques : il est naturel, renouvelable et gratuit, ne consomme pas d'énergie, variable (selon l'heure de la journée et selon le climat du moment), il est cyclique (cycle journalier).

L'éclairage artificiel existe pour pallier à deux défaillances : l'absence cyclique ou inopinée de lumière de jour (la nuit, couverture nuageuse forte...), et la conception des bâtiments n'autorisant pas suffisamment la lumière à pénétrer dans les locaux. L'éclairage artificiel n'est pas durable (il s'agit d'installations techniques), il consomme (plus ou moins) de l'énergie électrique. Il doit être maintenu et entretenu afin d'être en ordre de fonctionnement.

Le diagnostic éclairage a pour objet de travailler sur les deux aspects de la lumière :

- La lumière naturelle afin de caractériser (qualifier et quantifier) le niveau d'accès des locaux à la lumière naturelle, et d'en caractériser son homogénéité.
- La lumière artificielle, afin d'en déterminer sa performance photométrique et du point de vue du confort visuel, sa performance énergétique (incluant les organes de commande).

3.7.1.2 Eclairage

L'éclairage correspond de la quantité de lumière reçu par un objet. Il s'exprime en Lux

3.7.2 L'éclairage naturel

3.7.2.1 Halls

L'éclairage naturel des Halls est de très grande qualité de part les grandes surfaces vitrées des sheds.

Les mesures d'éclairage en différents points des halls, toutes lumières éteintes donnent les résultats suivants :

- Eclairage minimum : 500 Lux
- Eclairage maximum : 1500 Lux

Nota : pour une zone de travail, un éclairage de 300 Lux est souvent recommandé.



Eclairage naturel du hall

Cet éclairage naturel permet de limiter fortement les consommations d'éclairage.

Cependant, l'énorme perte de chaleur liée à ces sheds ainsi que la source d'inconfort estivale liée à leurs apports de chaleur, supplante nettement l'intérêt de cet éclairage naturel.

La situation serait plus proche de l'équilibre si ces sheds possédaient une très bonne isolation thermique, une très bonne protection solaire automatique et étaient uniquement orientés Nord ou Sud avec casquette.

3.7.2.2 Les bureaux

Les bureaux de la façade Sud possèdent tous un accès satisfaisant à l'éclairage naturel.

Les bureaux du rez-de-chaussée possédant 3 fois plus de surfaces vitrées que dans les étages, l'éclairage y est de meilleure qualité.

Cependant, lorsque les stores toile extérieurs sont fermés, cet éclairage naturel est nettement réduit et impose l'utilisation d'éclairage artificielle. Des protections de type Brises soleil orientables n'ont pas cet inconvénient.

En façade Sud des protections de type casquette seraient également très adaptée et permettraient de maintenir cet éclairage naturel.

Par ailleurs les revêtements de surface sombre (notamment les plafonds bois) ne sont pas favorables à une bonne diffusion de l'éclairage naturel.

Certains bureaux de la façade Nord n'ont quant à eux aucune surface vitrée et n'ont donc pas accès à l'éclairage naturel.

3.7.3 Eclairage artificiel

3.7.3.1 Halls

Les halls sont principalement éclairés par des gamelles suspendues.



Leur accès étant difficile, nous n'avons pu vérifier le type et la puissance des luminaires. Nous supposons cependant que ça puisse être des lampes à Iodure Métallique.

- Le hall du bâtiment H est équipé de 10 luminaires de ce type.
- Le hall du bâtiment H est équipé de 5 luminaires de ce type.

L'intérêt de ces lampes, même d'ancienne génération est l'efficacité lumineuse (en générale supérieure à 60 Lm/W). Le rendement des luminaires est médiocre, au regard de la présence de diffuseurs (polycarbonate ou plus probablement verre, eu égard à l'ancienneté des appareils).

Les sources disposent d'une bonne durée de vie.

La problématique de ces sources est de ne pas pouvoir supporter ni gradation ni intermittence. Elles doivent rester allumées une longue période. Il n'est donc pas possible d'adapter le flux lumineux ni à la présence réelle ni à la quantité de lumière naturelle, ce qui est regrettable au regard de la qualité de la lumière naturelle dans les halls.

Les circulations sont également équipées de luminaires à tube fluorescent T8 et à ballast ferromagnétique. :

- 2x58W étanche
- 1 x 58W avec réflecteur blanc

Les commandes se font par interrupteur.



3.7.3.2 Bureaux

L'éclairage artificiel des bureaux n'est pas homogène.

La technologie fluorescente T8 à ballast ferromagnétique est globalement utilisée, mais les luminaires sont fonction de la date de création des bureaux.

Ainsi on trouve les luminaires suivants :

- 2x58 W avec réflecteur blanc
- 4x18W avec réflecteur et diffuseur métallique



Les commandes se font par interrupteur.

3.7.3.3 Commentaires

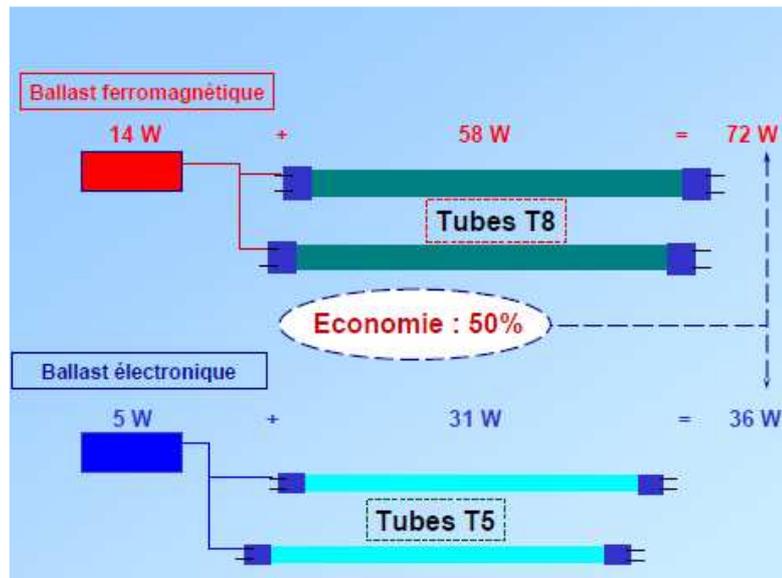
La technologie fluorescente est aujourd'hui la plus performante en termes de rendement énergétique.

Cependant la technologie « T8 » est beaucoup moins performante que la technologie dite à haut rendement « T5 ». Il existe même désormais une nouvelle génération de tubes T5 dit ECO encore plus performant. **Une directive européenne prévoit la suppression des tubes T8 standard (halophosphate) en Avril 2010.** Le tableau suivant reprend les performances de ces différents tubes :

	T8	T5	
		classique	ECO
60 cm	18 W 67lm/W	14W 96lm/W	
120 cm	36 W 79lm/W	28 W 104lm/W	25 W 114lm/W
150 cm	58 W 79lm/W	35 W 104lm/W	32 W 112lm/W

Source : Formation Enerthech

Les ballasts ferromagnétiques sont beaucoup moins performants que les ballasts électroniques. Les ballasts consomment de l'énergie. Les ballasts électroniques prolongent également la durée de vie des luminaires. **Une directive européenne prévoit la suppression des ballasts ferromagnétiques en Avril 2017.** Le graph suivant présente les puissances de 2 types de luminaires présentant le même éclairage.



Source : Formation Enerthec

Aucun luminaire ne possède de détection de présence. Les bureaux, les circulations et les sanitaires pourraient bénéficier de ce système.

Aucun luminaire n'est asservi à la lumière naturelle alors que celle-ci est très présente. Des sondes de luminosité par luminaire ou par local permettraient d'asservir la puissance d'éclairage aux stricts besoins.

3.8 Plomberie sanitaires

Nous ne disposons pas de relevé de consommations d'eau sur le bâtiment.

Ceci dit, les travaux pratiques de nature hydraulique peuvent consommer des quantités importantes d'eau. Ce relevé ne serait donc pas d'une grande utilité.

3.8.1 Equipements sanitaires

Le bâtiment est équipé des équipements sanitaires suivants :

- WC à chasse d'eau simple débit 10L. : 8
- Douches : 2
- Lavabos à robinetterie mélangeuse : 5

Ces derniers ne sont équipés d'aucune robinetterie hydro-économe.

Sur la base de 54 employés, les consommations d'eau sont estimés à :

- Lavabos : 305 m³/an
- WC : 444 m³/an

Soit un coût d'environ 1870 €TTC/an. (Prix moyen de l'eau 2,50 €TTC/m³)



3.8.2 Eau froide

Il semble qu'il n'y ait pas de réducteur de pression sur le branchement général au réseau. Son existence devra être vérifiée. Dans le cas contraire, il serait indispensable d'en mettre un en place afin de limiter la pression à 3 bars aux points de puisage.

3.8.3 ECS

La production d'ECS est assurée par des ballons électriques de Marque PACIFIC à proximité des points de puisage :

Etant donné le faible usage de l'ECS, ce type de production est logique et permet d'éviter les pertes de bouclage.



3.9 Le confort d'été

Le bâtiment est très inconfortable en été.

Les principales raisons de cette situation sont les suivantes

1/ Des sheds vitrés de grandes surfaces orientés Est, Ouest, Sud et Nord sans aucune protection solaire.

2/ Une toiture possédant une très faible isolation, ne possédant aucune inertie et surtout n'étant absolument pas protégée du soleil.

3/ Une façade légère métallique qui capte les rayonnements solaires, et la transmet très rapidement au milieu intérieur.

4/ Des menuiseries métalliques qui se transforment en radiateur l'été.

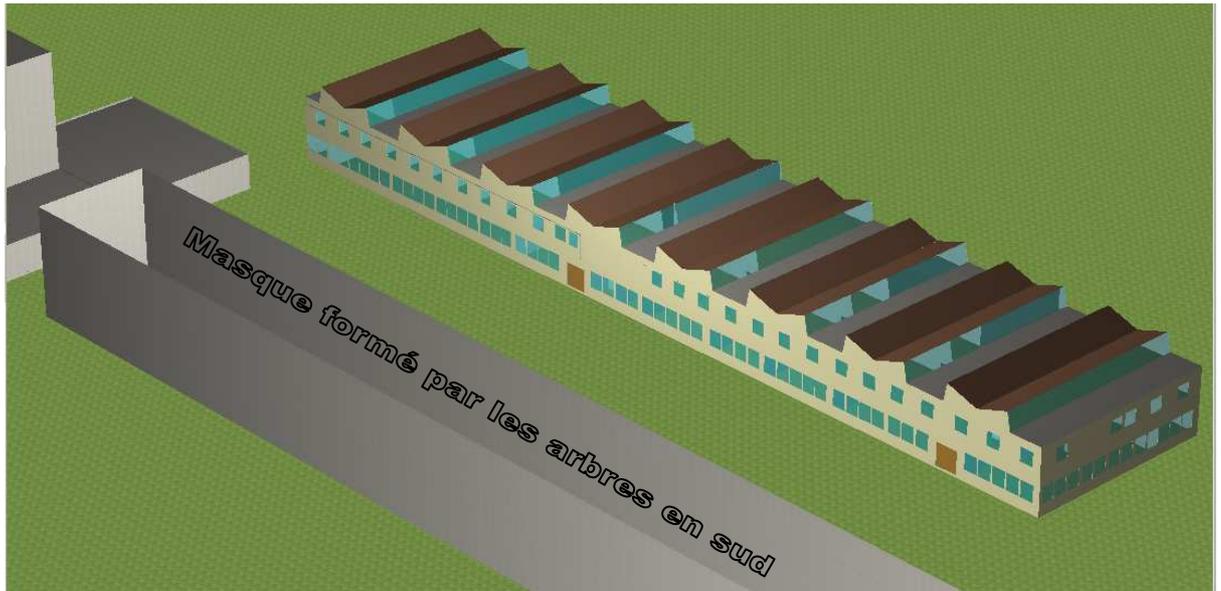
5/ Des simples vitrages absolument pas isolant.

6/ Une faible inertie du bâtiment qui ne permet pas de déphaser les apports de chaleur de la journée jusqu'à la nuit.

7/ Des apports internes qui peuvent être important suivant l'utilisation des expérimentations.

On notera également que l'utilisation de PC plutôt que des portables n'est pas favorable à cette situation car ils consomment plus et donc dégagent plus de chaleur.

Vue 3D sur Alcyone



Nota : les vitrages sud et nord des sheds, n'apparaissent pas sur la vue Alcyone, mais sont intégrés dans le modèle de calcul Pléiades.

Scénarios pris en compte :

Ventilation :

Liste des scénarios		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="checkbox"/>	Consigne de température								
<input type="checkbox"/>	% d'occupation								
<input type="checkbox"/>	Puissance dissipée								
<input type="checkbox"/>	% d'occupation								
<input type="checkbox"/>	% de ventilation								
		0 H							
		1 H	80	80	80	80	80	80	80
		2 H	80	80	80	80	80	80	80
		3 H	80	80	80	80	80	80	80
		4 H	80	80	80	80	80	80	80
		5 H	80	80	80	80	80	80	80
		6 H	80	80	80	80	80	80	80
		7 H	80	80	80	80	80	80	80
		8 H	80	80	80	80	80	80	80
		9 H	100	100	100	100	100	100	80
		10 H	100	100	100	100	100	100	80
		11 H	100	100	100	100	100	100	80
		12 H	100	100	100	100	100	100	80
		13 H	100	100	100	100	100	100	80
		14 H	100	100	100	100	100	100	80
		15 H	100	100	100	100	100	100	80
		16 H	100	100	100	100	100	100	80
		17 H	100	100	100	100	100	100	80
		18 H	80	80	80	80	80	80	80
		19 H	80	80	80	80	80	80	80
		20 H	80	80	80	80	80	80	80
		21 H	80	80	80	80	80	80	80
		22 H	80	80	80	80	80	80	80
		23 H	80	80	80	80	80	80	80
		24 H	80	80	80	80	80	80	80

En l'absence de système de ventilation mécanique, ce scénario est affecté à l'ensemble des locaux. Il correspond aux infiltrations estimées de l'enveloppe du bâti.

Par ailleurs, il est considéré un taux d'ouverture de 20% en occupation des portes entre bureaux et les ateliers et circulations.

Occupation bureaux:

Liste des scénarios		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="checkbox"/>	Consigne de température								
<input type="checkbox"/>	% d'occupation								
<input type="checkbox"/>	Puissance dissipée								
<input type="checkbox"/>	% d'occupation								
<input type="checkbox"/>	% de ventilation								
		0 H							
		1 H	0	0	0	0	0	0	0
		2 H	0	0	0	0	0	0	0
		3 H	0	0	0	0	0	0	0
		4 H	0	0	0	0	0	0	0
		5 H	0	0	0	0	0	0	0
		6 H	0	0	0	0	0	0	0
		7 H	0	0	0	0	0	0	0
		8 H	20	20	20	20	20	0	0
		9 H	90	90	90	90	90	0	0
		10 H	90	90	90	90	90	0	0
		11 H	90	90	90	90	90	0	0
		12 H	90	90	90	90	90	0	0
		13 H	30	30	30	30	30	0	0
		14 H	90	90	90	90	90	0	0
		15 H	90	90	90	90	90	0	0
		16 H	90	90	90	90	90	0	0
		17 H	90	90	90	90	90	0	0
		18 H	60	60	60	60	60	0	0
		19 H	20	20	20	20	20	0	0
		20 H	0	0	0	0	0	0	0
		21 H	0	0	0	0	0	0	0
		22 H	0	0	0	0	0	0	0
		23 H	0	0	0	0	0	0	0
		24 H	0	0	0	0	0	0	0

Occupation ateliers et circulations:

Liste des scénarios		%	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="checkbox"/> Consigne de température		0 H							
<input type="checkbox"/> % d'occupation		1 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Puissance dissipée		2 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> % d'occupation		3 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> % d'occupation		4 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> % de ventilation		5 H	0	0	0	0	0	0	0
		6 H	0	0	0	0	0	0	0
		7 H	0	0	0	0	0	0	0
		8 H	20	20	20	20	20	0	0
		9 H	90	90	90	90	90	0	0
		10 H	90	90	90	90	90	0	0
		11 H	90	90	90	90	90	0	0
		12 H	90	90	90	90	90	0	0
		13 H	50	50	50	50	50	0	0
		14 H	90	90	90	90	90	0	0
		15 H	90	90	90	90	90	0	0
		16 H	90	90	90	90	90	0	0
		17 H	90	90	90	90	90	0	0
		18 H	90	90	90	90	90	0	0
		19 H	30	30	30	30	30	0	0
		20 H	20	20	20	20	20	0	0
		21 H	0	0	0	0	0	0	0
		22 H	0	0	0	0	0	0	0
		23 H	0	0	0	0	0	0	0
		24 H	0	0	0	0	0	0	0

Puissance dissipée bureaux:

Liste des scénarios		W/m²	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="checkbox"/> Consigne de température		0 H							
<input type="checkbox"/> % d'occupation		1 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> Puissance dissipée		2 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> % d'occupation		3 H	0	0	0	0	0	0	0
<input type="checkbox"/> % de ventilation		4 H	0	0	0	0	0	0	0
		5 H	0	0	0	0	0	0	0
		6 H	0	0	0	0	0	0	0
		7 H	0	0	0	0	0	0	0
		8 H	0	0	0	0	0	0	0
		9 H	16	16	16	16	16	0	0
		10 H	14	14	14	14	14	0	0
		11 H	12	12	12	12	12	0	0
		12 H	12	12	12	12	12	0	0
		13 H	8	8	8	8	8	0	0
		14 H	12	12	12	12	12	0	0
		15 H	12	12	12	12	12	0	0
		16 H	12	12	12	12	12	0	0
		17 H	14	14	14	14	14	0	0
		18 H	16	16	16	16	16	0	0
		19 H	0	0	0	0	0	0	0
		20 H	0	0	0	0	0	0	0
		21 H	0	0	0	0	0	0	0
		22 H	0	0	0	0	0	0	0
		23 H	0	0	0	0	0	0	0
		24 H	0	0	0	0	0	0	0

Puissance dissipée ateliers / circulations / sanitaires:

Liste des scénarios		W/m²	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
<input type="checkbox"/> Consigne de température		0 H							
<input type="checkbox"/> % d'occupation		1 H	3	3	3	3	3	3	3
<input type="checkbox"/> Puissance dissipée		2 H	3	3	3	3	3	3	3
<input type="checkbox"/> % d'occupation		3 H	3	3	3	3	3	3	3
<input type="checkbox"/> % de ventilation		4 H	3	3	3	3	3	3	3
		5 H	3	3	3	3	3	3	3
		6 H	3	3	3	3	3	3	3
		7 H	3	3	3	3	3	3	3
		8 H	10	10	10	10	10	10	10
		9 H	10	10	10	10	10	10	10
		10 H	3	3	3	3	3	3	3
		11 H	3	3	3	3	3	3	3
		12 H	3	3	3	3	3	3	3
		13 H	3	3	3	3	3	3	3
		14 H	3	3	3	3	3	3	3
		15 H	3	3	3	3	3	3	3
		16 H	3	3	3	3	3	3	3
		17 H	3	3	3	3	3	3	3
		18 H	10	10	10	10	10	10	10
		19 H	10	10	10	10	10	10	10
		20 H	10	10	10	10	10	10	10
		21 H	10	10	10	10	10	10	10
		22 H	3	3	3	3	3	3	3
		23 H	3	3	3	3	3	3	3
		24 H	3	3	3	3	3	3	3

Consignes température ateliers / circulations:

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	15	15	15	15	15	15	15
2 H	15	15	15	15	15	15	15
3 H	15	15	15	15	15	15	15
4 H	15	15	15	15	15	15	15
5 H	15	15	15	15	15	15	15
6 H	15	15	15	15	15	15	15
7 H	18	18	18	18	18	15	15
8 H	18	18	18	18	18	15	15
9 H	18	18	18	18	18	15	15
10 H	18	18	18	18	18	15	15
11 H	18	18	18	18	18	15	15
12 H	18	18	18	18	18	15	15
13 H	18	18	18	18	18	15	15
14 H	18	18	18	18	18	15	15
15 H	18	18	18	18	18	15	15
16 H	18	18	18	18	18	15	15
17 H	18	18	18	18	18	15	15
18 H	18	18	18	18	18	15	15
19 H	18	18	18	18	18	15	15
20 H	15	15	15	15	15	15	15
21 H	15	15	15	15	15	15	15
22 H	15	15	15	15	15	15	15
23 H	15	15	15	15	15	15	15
24 H	15	15	15	15	15	15	15

Consignes température bureaux / sanitaires:

°C	Lundi	Mardi	Mercredi	Jeudi	Vendredi	Samedi	Dimanche
0 H							
1 H	15	15	15	15	15	12	12
2 H	15	15	15	15	15	12	12
3 H	15	15	15	15	15	12	12
4 H	15	15	15	15	15	12	12
5 H	15	15	15	15	15	12	12
6 H	15	15	15	15	15	12	12
7 H	21	21	21	21	21	12	12
8 H	21	21	21	21	21	12	12
9 H	21	21	21	21	21	12	12
10 H	21	21	21	21	21	12	12
11 H	21	21	21	21	21	12	12
12 H	21	21	21	21	21	12	12
13 H	21	21	21	21	21	12	12
14 H	21	21	21	21	21	12	12
15 H	21	21	21	21	21	12	12
16 H	21	21	21	21	21	12	12
17 H	21	21	21	21	21	12	12
18 H	21	21	21	21	21	12	12
19 H	21	21	21	21	21	12	12
20 H	21	21	21	21	21	12	12
21 H	21	21	21	21	21	12	12
22 H	15	15	15	15	15	12	12
23 H	15	15	15	15	15	12	12
24 H	15	15	15	15	15	12	12

Bilan des besoins énergétiques

Ce bilan « BASE », provisoire, n'intègre pas les apports internes liés au process, il n'intègre pas de ventilation naturelle par ouverture des ouvrants dans les bureaux.

Les besoins de chauffage sont répartis comme suit :

	Besoins de chauffage (KWh/an)	Besoins de chauffage (KWh/m ² .an)	Apport solaire brut (KWh/an)
Hall atelier	557 000	367	364 000
Bureaux	217 000	126	58 000
Sanitaires	1 500	75	4 000
Total	775 500	230	426 000

Les besoins globaux en chauffage s'élèvent à 230 kWh/m².an.

Cette valeur est très importante. Elle correspond logiquement à ce que l'on peut attendre d'un bâtiment présentant de grand volume, peu isolé et très perméable à l'air.

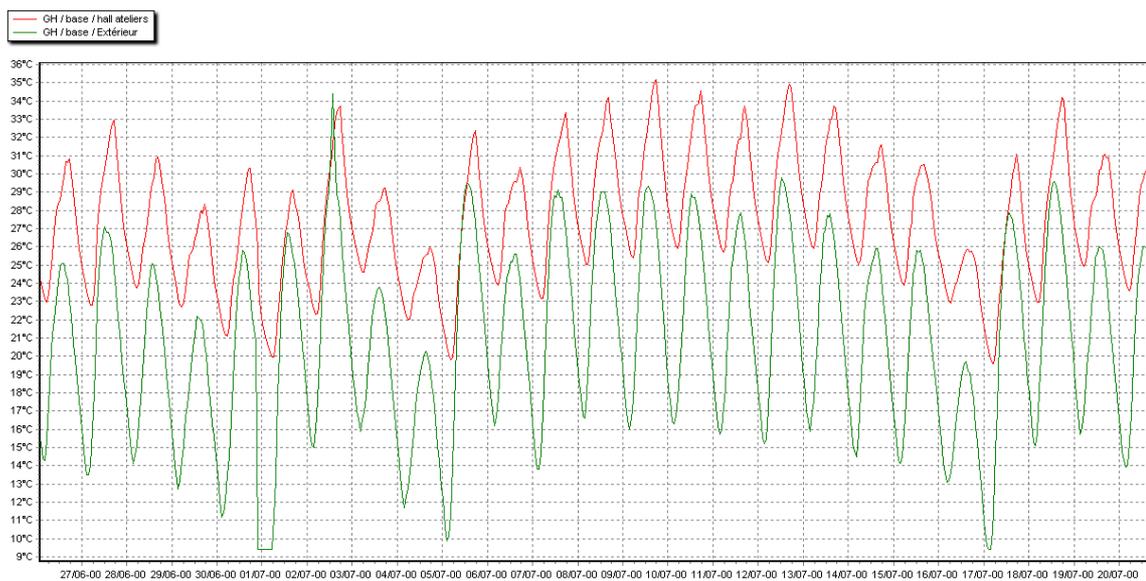
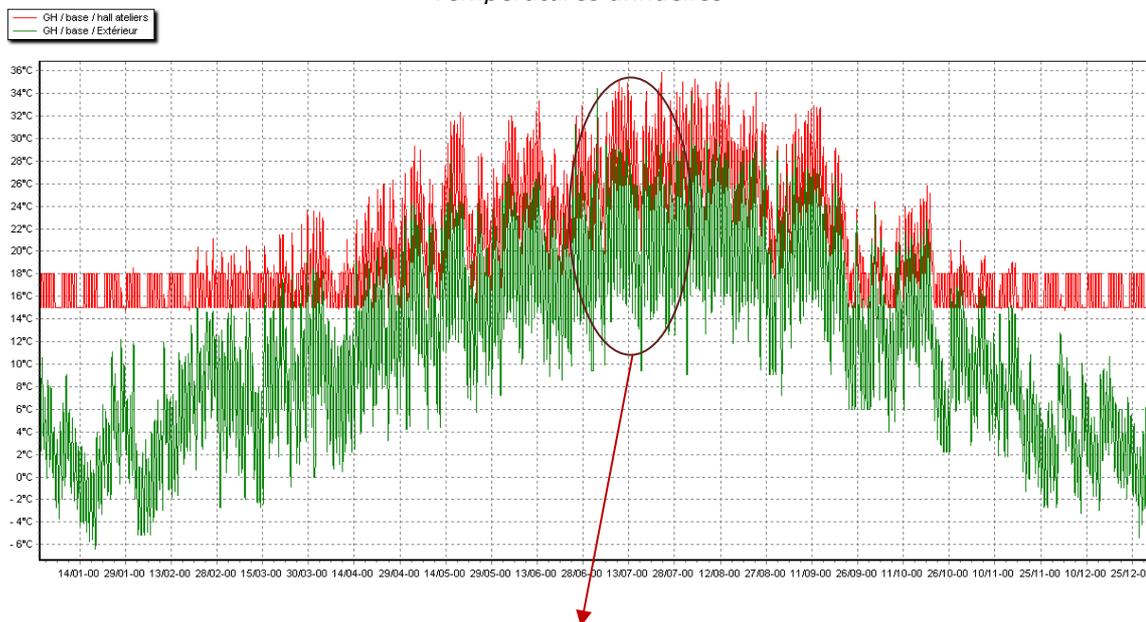
La consommation du hall rapportée au m² est trois fois plus élevée que celle des bureaux. La différence provient de la hauteur beaucoup plus importante du hall (donc un volume plus important à chauffer pour une même surface) et de l'isolation plus performante des façades des bureaux du R+1. Ceci étant en partie compensé par les apports solaires plus importants sur le hall grâce au shed et à la température de consigne moins élevée.

Confort d'été :

Ci-après plusieurs graphiques mettant en exergue le comportement thermique intérieur des locaux :

ATELIERS :

Températures annuelles



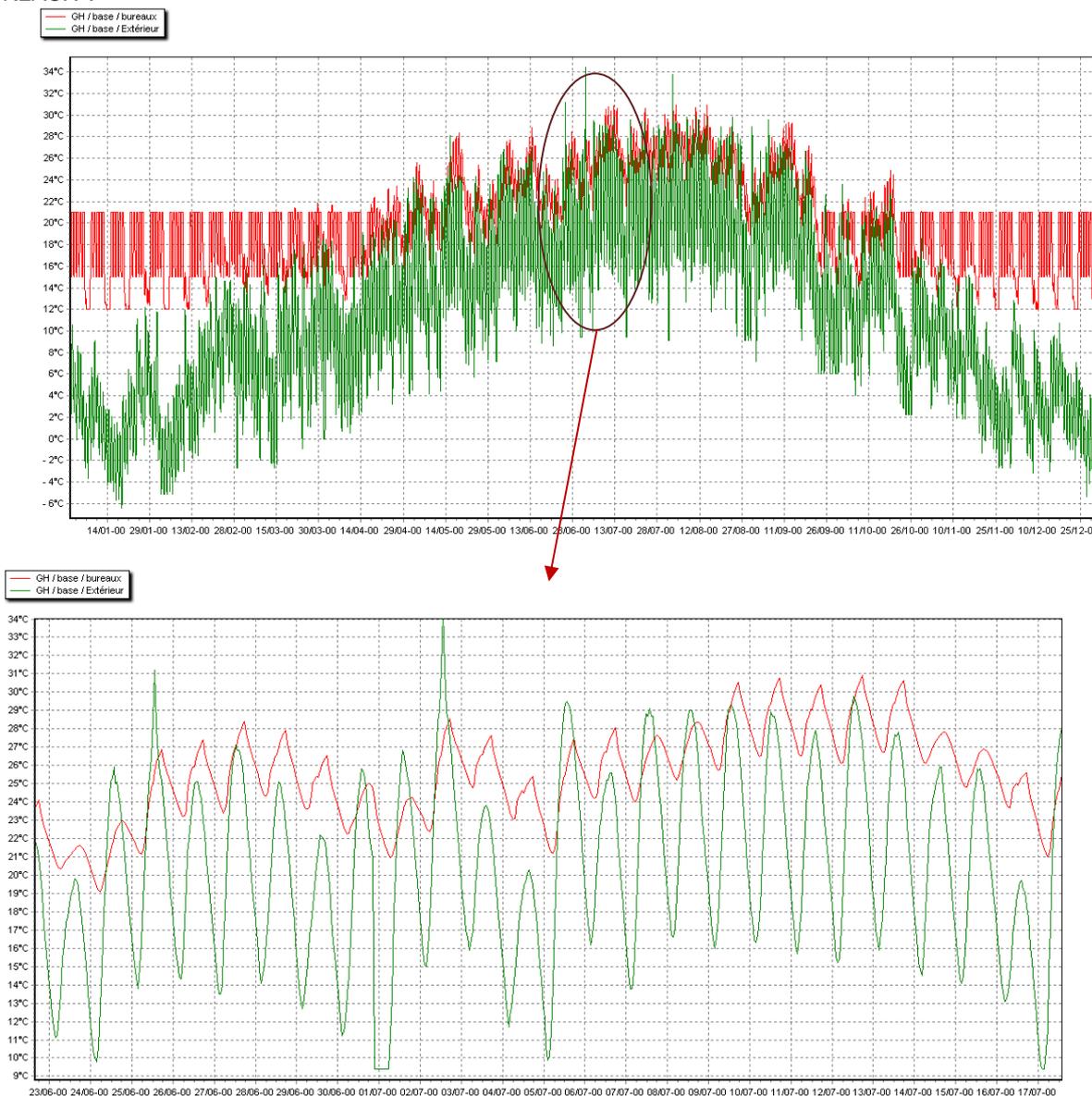
L'amplification de la température extérieure est nette et significative dans l'atelier, avec un léger décalage sur la fin de journée.

La redescente en température durant la nuit est, elle aussi très nette. Elle le fruit conjuguée de la perméabilité à l'air de l'enveloppe et de la très faible isolation thermique des parois.

Il est important de noter que si le renforcement de l'isolation thermique de l'enveloppe est fondamental pour la performance énergétique du bâtiment, il aura pour conséquence d'amplifier notablement l'inconfort,... déjà significatif. L'approche technique devra donc impérativement coupler les éléments suivants, afin de corriger ce phénomène :

- Protection solaires extérieure des sheds
- Ventilation naturelle nocturne.

BUREAUX :

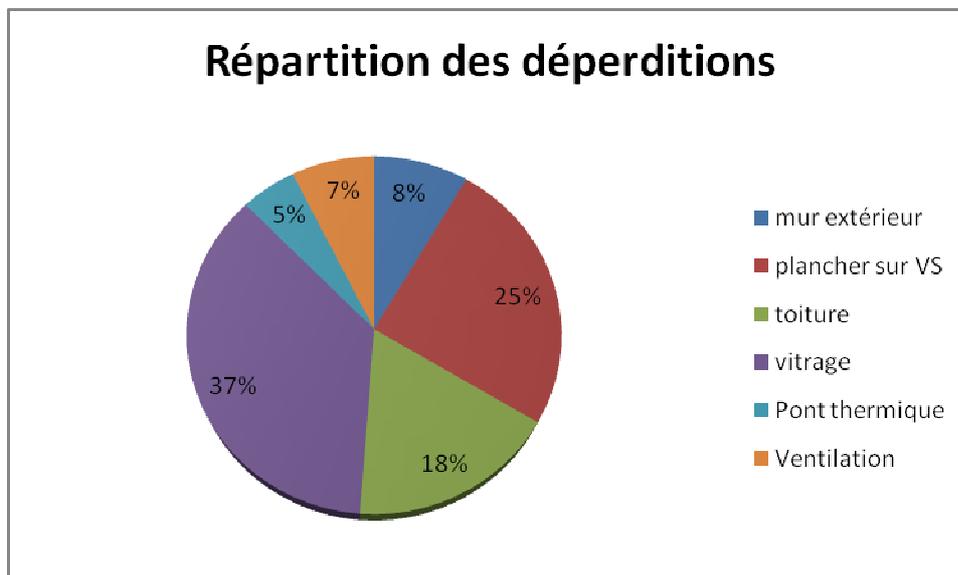


Il est intéressant de noter que, si l'inconfort d'été est bien présent dans les bureaux, au même titre que les ateliers, l'amplification de la température extérieure est moindre. Ce phénomène est lié à la présence des protections solaires extérieures (screens). Nous noterons à ce sujet, que ces résultats sont théoriques, car considérant que les utilisateurs utilisent bien les protections solaires, ce qui n'est pas toujours le cas.

4.2 Etude du bâti

4.2.1 Répartitions des déperditions

L'étude thermique par simulation dynamique a permis d'établir le poids de chaque poste de déperditions thermiques. La répartition est la suivante :



On constate donc que les principaux leviers d'amélioration thermique sont :

- Les vitrages : 37 %
- Le plancher sur vide sanitaire : 25 %
- La toiture : 18 %
- Les façades : 8 %
- Les infiltrations : 7%

4.3 Estimations des consommations

Ne disposant pas de relevé de consommations du bâtiment, nous baserons notre analyse sur des estimations établies en fonction des équipements et de leur utilisation.

4.3.1 Consommation de chauffage

Les simulations thermiques dynamiques ont permis d'évaluer des besoins de chauffage de :

- Bureau avec radiateurs eau chaude : 204 MWh/an
- Bureau avec convecteurs électriques : 13 MWh/an
- Halls : 557 MWh/an

Les rendements évalués des installations de chauffage à eau chaude sont les suivants :

- Rendement de production : 90%
- Rendement PCI/PCS : 90%
- Rendement de distribution : 80%
- Rendement de régulation : 90%
- Rendement émission bureau : 95%
- Rendement émission halls : 80%

Soit un rendement global de 55 % pour les bureaux et de 47% pour les halls

Les rendements des convecteurs électriques sont estimés à :

- Rendement de régulation : 95%
- Rendement émission : 90% (consigne augmentée pour compenser le chauffage uniquement convectif).

Soit un rendement global de 85 %

La consommation de chauffage du bâtiment GH peut donc être estimée à 1 577 MWh/an

Soit une consommation estimée de chauffage de 466 KWh/m².an

Cette consommation est très importante et classerait ce bâtiment en étiquette énergie G.

Elle s'explique par la médiocre qualité du bâti, un volume important (rapporté à la surface) et des équipements techniques très peu performant.

Le coût actuel du gaz est de 4,7785 Ctes€TTC/KWh (tarif B2S moyen à l'année)

Le coût actuel de l'électricité en période hivernal est de 7,441 Ctes€TTC/KWh (tarif B2S)

Soit un coût annuel du chauffage de 75 800 €TTC/an.

L'ensemble de ces valeurs est résumé dans le tableau suivant :

	Consommations (KWh/an)	Consommations (KWh/m ² .an)	Coût de l'énergie (€TTC/an)	Rejet de CO2 (Tonnes/an)
Chauffage	1 577 000	468	75 800	287

On a pu constater que les installations de chauffage électrique possédaient de bien meilleur rendement que les installations raccordé à la chaufferie gaz, mais que l'électricité est plus chère que le gaz. A titre de comparaison, le cout du chauffage serait de 73 500€ si tout était en chauffage électrique. Ceci montre la médiocre qualité des installations de chauffage actuelle.

4.3.2 Consommations des pompes de distribution de chauffage

Les 2 pompes simples de distribution des réseaux régulés de chauffage sont à vitesse fixe.

Leur bilan de consommation énergétique est résumé dans le tableau suivant :

Réseau	Puissance totale (W)	Temps de fonctionnement (heures/an)	Consommation électrique (KWh/an)	Coût énergétique (€TTC/an)	Rejets CO2 (t/an)
Radiateurs	300	5 800	1 750	130	0,3
Panneaux rayonnant	1 200	5 800	7 000	520	1,3
Total	1 500		8 750	650	1,6

De part leur vitesse fixe, les pompes ne peuvent pas adapter leur régime de fonctionnement aux variations de débits et donc des besoins. Actuellement ces variations sont liées à la fermeture des vannes 3 voies et des robinets thermostatiques.

De plus, les pompes à vitesse fixe ne peuvent caler précisément leur régime de fonctionnement aux caractéristiques réelles du réseau. Hors, bien souvent, pour des raisons de sécurité technique, les caractéristiques des réseaux sont surdimensionnées pour le calcul des pompes. Ces surdimensionnement sont de l'ordre de 10 à 20% en moyenne. Hors, baisser le régime de fonctionnement de 20% sur une pompe correspond à baisser sa puissance de 45%.

Il peut donc être intéressant d'étudier le remplacement de ces pompes par des pompes à **vitesse variable**.

4.3.3 Consommations d'électricité liées à l'éclairage

En fonction de la technologie et de la puissance installée, de l'accès à l'éclairage naturel et des horaires d'occupation, nous estimons la consommation d'électricité liée à l'éclairage à :

- Halls : 4 700 KWh/an
- Bureau : 40 000 KWh/an

Le coût actuel de l'électricité est de 5,153 €TTC/KWh (tarif vert moyen à l'année)

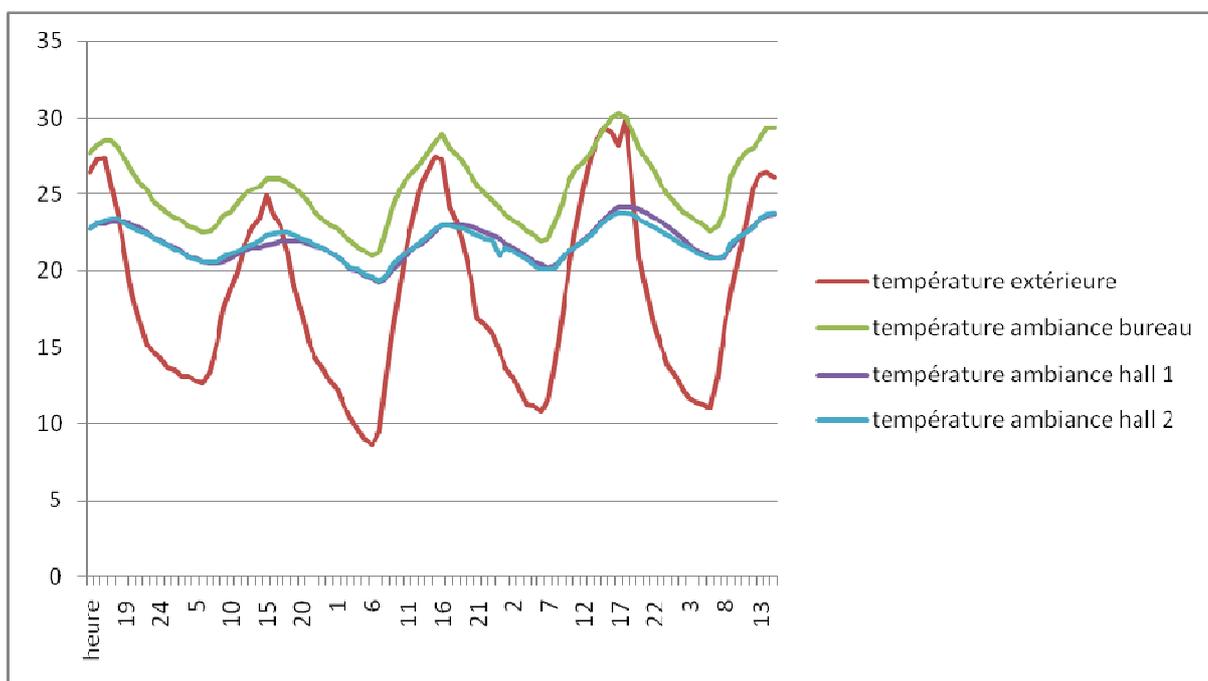
Soit un coût annuel de l'éclairage de 2 300 €TTC/an.

L'ensemble de ces valeurs est résumé dans le tableau suivant :

	Consommations (KWh/an)	Consommations (KWh/m ² .an)	Coût de l'énergie (€TTC/an)	Rejet de CO2 (Tonnes/an)
Eclairage	44 700	13	2300	4,5

4.4 Analyses des mesures de températures

La GTC a été remise en marche afin d'obtenir un relevé des températures intérieures en période chaude (juillet).



Commentaires :

On notera que ces relevés ont été effectués en période chaude (supérieur aux normales saisonnières) mais pas caniculaire.

On constate que contrairement au résultats des simulations, les bureaux sont beaucoup plus défavorisés que les halls. Les raisons peuvent être les suivantes :

- Installation de ventilation mécanique des shed mises en route la nuit pour décharger le bâtiment (ventilation nocturne)
- Utilisation des stores screen des bureaux moins rigoureuses que le scénario pris en compte
- Apports internes des bureaux (et locaux d'expérimentations) plus importants que ceux pris en compte dans les simulations
- La température fournie par Pléiades ne prend pas en compte la stratification qui est importante dans le hall ; c'est une température moyenne. La position des sondes des halls peut donc expliquer la différence constatée.

4.5 Hétérogénéité des installations techniques

Le constat global sur les installations techniques du bâtiment est qu'elles sont constituées d'un patchwork de nombreuses références différentes.

En effet, le bâtiment ayant évolué au fur et à mesure de sa vie, les technologies de l'époque ont été installées dans les nouveaux locaux sans mettre à jour celles des autres locaux conservés.

Cette situation est vraie pour de nombreux équipements :

- Pompe de chauffage
- Robinet de radiateur
- Panneaux rayonnant
- Radiateur et convecteur électrique
- Luminaires et lampes
- ...

Il en résulte une plus grande difficulté de maintenance des équipements qui ne va pas dans le sens d'un fonctionnement optimum du bâtiment et donc des économies d'énergie.

5. RESUME DES DEFAUTS RENCONTRES

Le présent chapitre reprend l'ensemble des défauts énumérés précédemment.

5.1 Bâti

- Inertie thermique moyenne du bâtiment
- Plancher sur vide sanitaire non isolé
- Isolation des façades insuffisante et en mauvaise état
- Ponts thermiques de la façade en allège liés à la structure
- Une toiture insuffisamment isolée, légère et non protégée des apports solaires.
- Une surface de vitrage importante et aux très mauvaises caractéristiques thermiques.
- Des sheds vitrés inclinés et orientés Est et Ouest.
- Une très mauvaise étanchéité à l'air.
- Des protections solaires efficaces des menuiseries en façade Sud mais qui réduisent l'accès à l'éclairage naturel.

5.2 Chauffage

- Une partie du réseau d'alimentation du bâtiment à l'isolation dégradée.
- Des pompes à vitesse fixe
- Un réseau de chauffage intérieur sans aucune isolation.
- Une robinetterie d'origine et en état d'usage.
- Des panneaux rayonnants au mauvais rendement d'émission de part leur non isolation en partie supérieure et équipé de robinet simple réglage.
- Des radiateurs du hall équipés de robinet simple réglage
- Des convecteurs électriques « ancienne génération » émettant une chaleur uniquement convective.
- Une répartition de la régulation des réseaux sans logique ni économique ni de confort.
- Des équipements techniques présentant de nombreuses références rendant la maintenance délicate.

5.3 Ventilation

- Une ventilation ne permettant pas le renouvellement d'air hygiénique des bureaux. Ce système impliquant l'ouverture des fenêtres comme seul moyen de ventilation.
- Une ventilation principalement utilisée l'été pour évacuer la chaleur.
- Un fonctionnement permanent de la VMC des sanitaires.

5.4 Eclairage

- Utilisation de luminaires à faible rendement et utilisant une technologie peu performante de tube fluorescent et de ballast.
- Des commandes uniquement par interrupteur
- Des équipements techniques présentant de nombreuses références rendant la maintenance délicate.

5.5 Eau potable

- Aucun équipement hydro-économe

5.6 Divers

- Poste de transformation à l'intérieur du bâtiment

6. ETUDE DE SOLUTIONS

6.1 Base de calcul

6.1.1 Calcul des temps de retour

Les temps de retour sont calculés en prenant en compte l'évolution moyenne du coût de l'énergie gaz sur les 10 dernières années de 6% par an. (on notera que ce taux est défavorable car sur les 5 dernières années, l'évolution est de 10% par an).

Pour l'électricité le coût a varié de 4% par an sur les 5 dernières années. C'est cette valeur qui est prise en compte car représentative à minima des années à venir.

6.1.2 Rejet de CO2 suivant l'énergie et les usages

Electricité :

- Chauffage, y compris pompe : 180 g/KWh
- Eclairage : 100 g/KWh
- Froid, ECS, ventilation : 40 g/KWh

Gaz : 182 g/KWh

6.2 Bâti

6.2.1 Isolation de la façade

Objectifs :

- Réduire les déperditions importantes liées à la faible isolation du bardage et aux ponts thermiques importants créés par la structure métallique.
- Améliorer l'étanchéité à l'air de la façade

Description technique :

La description qui suit est une description de principe. La faisabilité technique et l'intégration plus précises des contraintes architecturales devront être vues par une équipe de maîtrise d'œuvre.

- Conservation de la structure métallique et de la double peau intérieure
- Dépose des allèges du rez-de-chaussée de la façade Sud. Les menuiseries devront également être déposées et remplacées ; le coût et le gain que ca implique est vu dans la solution remplacement des menuiseries.
- Dépose du bardage extérieur et de son isolation des autres parties de façade.
- **Solution 1** : Création d'une double peau isolante passant à l'extérieur de la structure métallique (en allège et en élévation) afin de couper les ponts thermiques structurels. Cette peau sera continue et la différenciation de façade entre le rez-de-chaussée et le R+1 sera alors supprimée.
 - Isolation par 15 cm de laine minérale Th32 en deux couches croisées
 - Performance de la façade : $U = 0,21 \text{ W/m}^2.\text{°C}$
 - Surface de façade : 1 511 m²

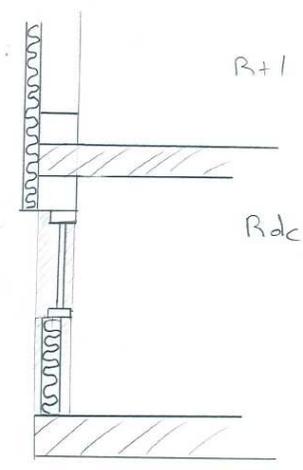
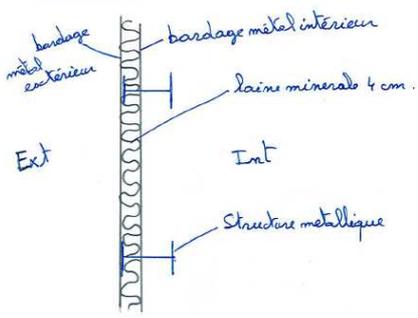
Cf. représentation schématique page suivante

- **Solution 2** : le but de cette solution est de conserver les principes de la façade existante : différenciation entre rez-de-chaussée et élévation, tramage du rez-de-chaussée par la structure métallique apparente.
 - Façade Nord et Elévation de la façade Sud : Création d'une double peau isolante passant à l'extérieur de la structure métallique. Isolation par 15 cm de laine minérale Th32 en deux couches croisées
 - * Performance de la façade en élévation : $U = 0,21 \text{ W/m}^2.\text{°C}$
 - * Surface de façade : 1 390m²
 - Rez-de-chaussée de la façade Sud :
 - * Isolation entre structure par 15 cm de laine minérale Th32 – habillage intérieur plâtre – vêtue extérieure type bardage minéralis d'éternit.
 - * Recouvrement des poteaux métalliques par un élément préfabriqué comportant 5cm d'isolation type polyuréthane Th30 et habillé par une vêtue métallique. Le pont thermique sera alors fortement limité.
 - * Performance de la façade en rez-de-chaussée : $U = 0,23 \text{ W/m}^2.\text{°C}$
 - * Surface de façade : 121 m²

Du point de vue de la performance thermique, cette solution 2 peut également être envisagée du point de vue d'une isolation totalement intérieure de la façade existante. Les contraintes de chantier pourraient être plus simples suivant le type de rénovation entreprise.

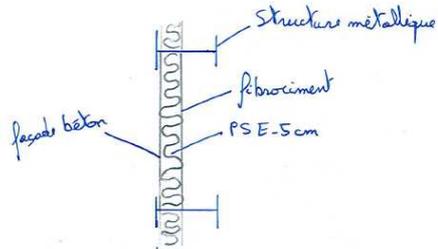
Cf. représentation schématique page suivante

Façade R+1 - Vue de dessus

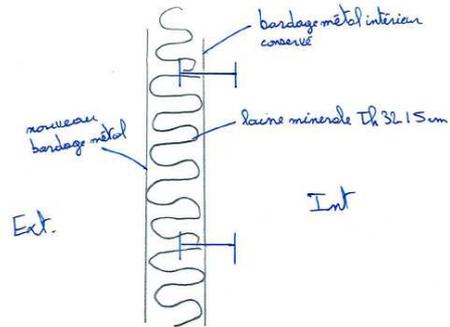


Façade : Vue en coupe

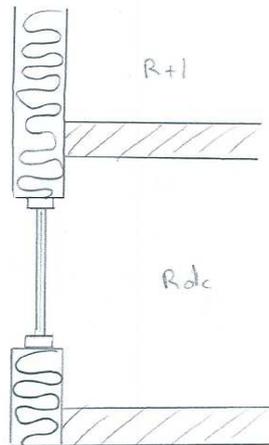
Représentation schématique de la façade existante



Façade Rdc - Vue de dessus

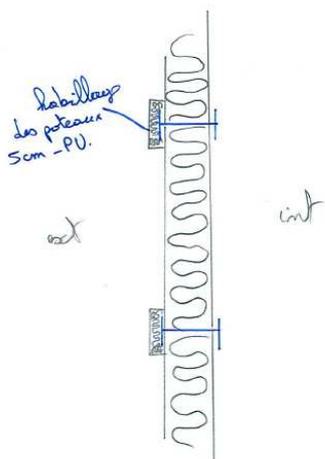


Façade Rdc et R+1 - Vue de dessus

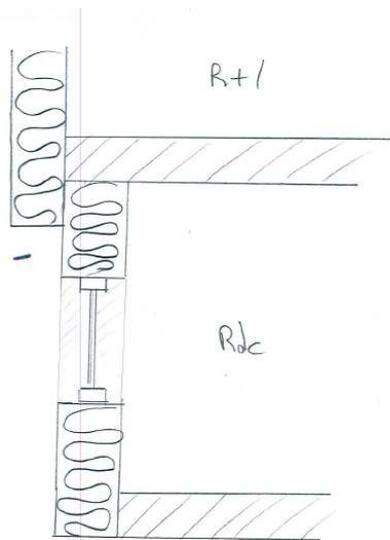


Façade - Vue en coupe

Représentation schématique de la façade SOLUTION 1



Façade Rdc - Vue de dessus



Façade - Vue en coupe

Représentation schématique de la façade SOLUTION 2

6.2.2 Isolation de la toiture

Objectifs :

- Réduire les déperditions importantes liées à la faible isolation de la toiture

Description technique :

- Dépose de l'étanchéité et de l'isolation de la toiture (y compris celle des sheds)
- Conservation de la structure métallique de la toiture après réalisation d'un diagnostic « structure ».
- Création d'une toiture isolée par 20cm de polyuréthane haute performance (Th26).
- Réalisation d'une nouvelle étanchéité
 - Performance de la toiture : $U = 0,13 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- Surface de toiture : 1936 m²

6.2.3 Traitement des sheds

Objectifs :

- Réduire les déperditions importantes liées au faible niveau d'isolation des surfaces vitrées des sheds
- Améliorer la très mauvaise étanchéité à l'air de ces sheds
- Limiter les apports solaires liés à ces sheds ;

Description technique :

Solution 1 – remplacement des surfaces vitrées Sud et Nord par des vitrages plus performants :

- Dépose des vitrages existants
- Mise en place de vitrage aluminium à rupture de pont thermique et vitrage performant : 4-16-4 argon traité peu émissif ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) – $U_w = 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
Vitrage Nord : facteur solaire $S = 0,6$
Vitrage Sud : facteur solaire $S = 0,3$
- Surface de vitrage concerné : 182 m²

Solution 2 – remplacement des surfaces vitrées Sud et Nord par des panneaux isolants opaques :

- Dépose des vitrages existants
- Mise en place de panneaux sandwich isolés par 15 cm de laine minérale Th32
 - Performance : $U = 0,21 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
- Surface concernée : 182 m²

Solution 3 – remplacement des surfaces vitrées Est et Ouest par des vitrages plus performants :

- Dépose des vitrages existants
- Mise en place de vitrage aluminium à rupture de pont thermique et vitrage performant : 4-16-4 argon traité peu émissif ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) – $U_w = 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ - Facteur solaire $S = 0,3$ pour l'Est et l'Ouest.
- Surface de vitrage concerné : 640 m²

Solution 4 – remplacement des surfaces vitrées Est et Ouest par des panneaux isolants opaques pour moitié et par des vitrages plus performants pour l'autre moitié :

- Dépose des vitrages existants
- Mise en place alternée de :
 - panneaux sandwich isolés par 15 cm de laine minérale Th32 - Performance : $U = 0,21 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
 - vitrage aluminium à rupture de pont thermique et vitrage performant : 4-16-4 argon traité peu émissif ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) – $U_w = 1,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ - Facteur solaire $S = 0,3$ pour l'Est et l'Ouest.
- Surface concernée : 640 m²

Nota : la faisabilité technique devra être précisée par un bureau d'études économiste ou un architecte. Cependant, les solutions intégrant de l'isolant ont l'avantage de limiter la charge supplémentaire par rapport à un double vitrage.

6.2.4 Remplacement des menuiseries de façade

Objectifs :

- Réduire les déperditions importantes liées au faible niveau d'isolation des menuiseries
- Améliorer l'étanchéité à l'air de ces vitrages
- Limiter les sensations de paroi froide de ces vitrages
- Supprimer le transfert de chaleur par rayonnement des menuiseries acier en période chaude.

Description technique :

- Dépose des vitrages existants
- Mise en place de menuiserie Bois-aluminium avec vitrage performant : 4-16-4 argon traité peu émissif ($U_g = 1,1 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$) - $U_w = 1,5 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ - Facteur solaire $S = 0,4$.

Nota : le facteur solaire est pris volontairement bas, car, une fois isolé correctement, le bâtiment à usage de bureau verra la problématique du confort d'été devenir primordial. La protection aux rayonnements solaires sera prioritaire sur la récupération d'apports gratuits pour l'hiver. Un S de 0,4 permet d'en récupérer tout de même de manière conséquente.

6.2.5 Etude en coût global des solutions sur le bâti

Le tableau suivant présente les principaux résultats des solutions bâti :

Solutions	Investissement (€HT)	Consommation liée au chauffage (MWh/an)	Coût lié au chauffage €TTC/an	Rejet de CO2 (tonnes /an)	Temps de retour
Existant		1 577	75 800	287	
Isolation de la façade solution 1 : double peau complète	136 000	1 454	69 900	265	15 ans
Isolation de la façade solution 2 : conservation des principes existants de façade	153 000	1 458	70 100	265	16,5 ans
Isolation de la toiture	215 000	1 284	61 750	234	11 ans
Remplacement des surfaces vitrées Sud et Nord par des vitrages plus performants	82 000	1 497	71 900	272	14 ans
Remplacement des surfaces vitrées Sud et Nord par des panneaux isolants	18 000	1 481	71 150	269	4 ans
Remplacement des surfaces vitrées Est et Ouest par des vitrages plus performants	290 000	1 319	63 425	240	15 ans
Remplacement des surfaces vitrées Est et Ouest par des panneaux isolant pour moitié et par des vitrages plus performants pour l'autre moitié	177 000	1 276	61 350	232	10 ans
Remplacement des menuiseries de façade	140 000	1 477	70 850	269	17 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie gaz de 6% par an prise en compte

6.2.6 Conclusions :

L'ensemble des solutions présente des temps de retour compris entre 10 et 17 ans.

On notera que si une installation de rafraîchissement était mise en place ces solutions généreraient également un gain sur les consommations électriques.

Les solutions en shed ou l'on remplace des surfaces de vitrage par des surfaces pleines sont plus performantes et moins chère.

L'isolation de la toiture permet le gain le plus important en terme de consommation.

6.3 Chauffage

6.3.1 Isolation du réseau primaire de chauffage (Chaufferie – Sous-station) :

Objectifs :

- Réduire les pertes de chaleur de la partie du réseau de chaleur d'origine
- Supprimer les risques de fuites

Description technique :

- Dépose de la partie du réseau de chauffage non rénové y compris ouverture de la tranchée
- Mise en place d'un réseau de chauffage en acier pré-isolé par 6cm de polyuréthane
Longueur de réseau aller-retour concernée : 125 ml

Solutions	Investissement (€HT)	Consommation liée au chauffage (MWh/an)	Coût lié au chauffage €TTC/an	Rejet de CO2 (tonnes /an)	Temps de retour
Existant		1 577	75 800	287	
Isolation du réseau primaire de chauffage	18 000	1 513	73 100	277	6 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie gaz de 6% par an prise en compte

6.3.2 Isolation du réseau intérieur de chauffage :

Objectifs :

- Réduire les pertes de chaleur du réseau à l'intérieur du bâtiment
- Réduire la chaleur émise vers le plafond des halls
- Améliorer la régulation de la température intérieure

Description technique :

- Isolation du réseau de chauffage sur l'ensemble de son cheminement intérieur en respectant les épaisseurs de la classe 4 de la RT2005, à savoir pour une laine minérale TH40 :
 - Jusqu'à DN15 : 30 mm.
 - De DN20 à DN32 : 40 mm.
 - De DN40 à DN65 : 50 mm.
 - De DN80 à DN125 : 60 mm.
 - De DN150 à DN400 : 80 mm
- Longueur de réseau aller-retour concerné : 1 085ml

Solutions	Investissement (€HT)	Consommation liée au chauffage (MWh/an)	Coût lié au chauffage €TTC/an	Rejet de CO2 (tonnes /an)	Temps de retour
Existant		1 577	75 800	287	
Isolation du réseau intérieur de chauffage	27 000	1 470	70 700	268	5 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie gaz de 6% par an prise en compte

6.3.3 Remplacement des circulateurs :

Objectifs :

- Limiter les consommations des 2 pompes de distribution des réseaux de chauffage en adaptant leurs caractéristiques aux réseaux.

Description technique :

- Remplacement des 2 pompes simples existantes par des pompes simple à vitesse variable de classe énergétique A.

	Investissement (€TTC)	Puissance totale (W)	Consommation électrique (KWh/an)	Coût énergétique (€TTC/an)	Rejets CO2 (t/an)	Temps de retour
Existant		1 500	8 750	650	1,6	
Pompe à vitesse variable	5 000	1 200	4 800	355	0,9	13 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie électrique de 4% par an prise en compte

Le temps de retour est moyennement intéressant. Il est plus intéressant lorsqu'on le compare à un remplacement par une pompe à vitesse fixe lorsque celle-ci est HS (6 ans).

Nota : Dans un souci de simplification des installations, le remplacement total des panoplies de chauffage en sous-station serait préférable.

6.3.4 Remplacement des panneaux rayonnants :

Objectifs :

- Améliorer le rendement des émetteurs de chauffage du hall en baissant la température de l'eau chaude et en limitant la chaleur émise vers le haut.
- Mettre en place des appareils dont la part de chaleur émise par rayonnement est plus importante.

Description technique :

- Dépose des panneaux rayonnants d'origine dans les halls.
- Mise en place de nouveaux panneaux rayonnants (radiants) à eau chaude :
 - isolés sur leur partie supérieure.
 - à faible contenance en eau permettant une remise en chauffe plus rapide

Solutions	Investissement (€HT)	Consommation liée au chauffage (MWh/an)	Coût lié au chauffage €TTC/an	Rejet de CO2 (tonnes /an)	Temps de retour
Existant		1 577	75 800	287	
Remplacement des panneaux rayonnants	20 000	1 433	68 900	261	3 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie gaz de 6% par an prise en compte

Le temps de retour de 3 ans est très intéressant.

Nota : dans la mesure où l'isolation du bâti est amélioré comme vu au chapitre bâti, la dimension des panneaux serait fortement réduite et donc le coût de l'installation aussi.

6.3.5 Remplacement des convecteurs électriques par des radiateurs eau chaude raccordés sur le réseau existant et équipés de robinets thermostatiques

Objectifs :

- Améliorer le confort des bureaux
- N'avoir plus qu'une énergie pour le chauffage

Description technique :

- Dépose des convecteurs électriques des bureaux du R+1 du bâtiment H.
- Mise en place de radiateurs eau chaude raccordés au réseau de chauffage radiateurs depuis la sous-station.
- Régulation individuelle par robinet thermostatique

Cette solution n'a de sens d'un point de vue énergétique que si les mesures précédentes (isolation de canalisations réseau primaire et réseaux intérieurs) ont été réalisées.

Solutions	Investissement (€HT)	Consommation liée au chauffage (MWh/an)	Coût lié au chauffage €TTC/an	Rejet de CO2 (tonnes /an)	Temps de retour
Existant		1 577	75 800	287	
Remplacement convecteurs électriques par radiateurs EC	10 000	1 581	75 500	261	19 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie gaz de 6% par an et de l'énergie électrique de 4% par an prise en compte

6.3.6 Remplacement des robinets de radiateurs

Les robinets thermostatiques actuels sont en mauvais état.

Les radiateurs des halls sont équipés de robinet simple réglage.

Il est donc important de :

- Bureau : remplacer les robinets thermostatiques par des robinets neufs.
 - Hall : remplacer les robinets simples réglage par des robinets thermostatiques permettant une régulation individuelle
- Dans la mesure où l'isolation du bâti est reprise et où les panneaux rayonnant sont remplacés, la suppression de ces radiateurs du hall serait plus logique.

6.3.7 Déstratificateur pour hall

Les déstratificateurs sont des ventilateurs placés en partie haute du hall qui permettraient de plaquer l'air chaud au sol et éviter ainsi le chauffage du plafond.

Cette solution est intéressante si les panneaux rayonnants actuels sont conservés.

Nous recommandons cependant de les remplacer comme vu au § précédent par des émetteurs basse température et ainsi maximiser la chaleur émise par rayonnement.

6.4 Ventilation

6.4.1 VMC double flux des bureaux

Objectifs :

- Améliorer le confort des bureaux en créant une ventilation mécanique
- Limiter les pertes de chaleur liées à la ventilation aujourd'hui naturelle des locaux.

Description technique :

- Création de deux installations de ventilation double flux pour les bureaux de chaque bâtiment et composées de :
 - Ventilateurs double flux haut rendement : 85%
 - Réseaux de gaine de soufflage et d'extraction
 - Bouches de soufflage et d'extraction dans les bureaux (pas de reprise dans le hall)
 - Asservissement du débit à la présence en période de chauffage
 - Fonctionnement possible en free-cooling et ventilation nocturne.

Solutions	Investissement (€HT)	Consommation liée au chauffage (MWh/an)	Consommation électrique des ventilateurs (MWh/an)	Coût énergie €TTC/an	Maintenance supplément aire €TTC/an	Rejet de CO2 (tonnes /an)	Temps de retour
Existant		1 577		75 800		287	
VMC double flux des bureaux	75 000	1 519	2,5	73 100	450	277	18 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie gaz de 6% par an et de l'énergie électrique de 4% par an prise en compte

Le temps de retour n'est pas très intéressant. Le gain sur le confort est cependant inestimable. Cette solution reste indispensable dans le cadre d'une rénovation à haute performance énergétique.

Nota : Dans la mesure où l'amélioration du bâti prescrite précédemment est réalisée, des problèmes de surchauffe apparaîtront dans les bureaux. Malgré toute l'optimisation des apports internes qui pourra être réalisée (luminaires plus performants, utilisation d'ordinateurs portables...), le confort d'été ne pourra être tenu sans une installation active de rafraîchissement. On constate par ailleurs que ce confort est déjà problématique dans les bureaux qui sont plus chaud que les halls en été.

Une solution de climatisation adiabatique associée à la ventilation double flux type MENERGA serait alors optimum en termes de rendement énergétique et de confort.

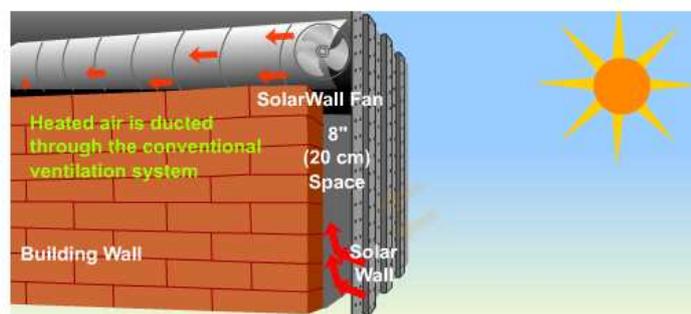
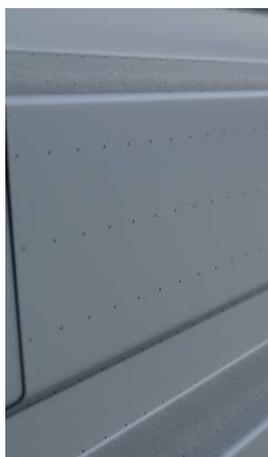
6.4.2 Mur capteur Solarwall sur le bâtiment H

Objectifs :

- Améliorer le confort du hall du bâtiment H :
 - en déstratifiant la chaleur
 - en traitant l'air neuf de manière mécanique et donc en contrôlant les débits introduits
- Réduire les consommations de chauffage :
 - En préchauffant l'air neuf introduit
 - En réduisant les infiltrations d'air en mettant le bâtiment en surpression

Description technique :

- Mise en place d'un mur capteur type SOLARWALL de 100 m² en remplacement d'une partie du bardage métallique de la façade Sud. Le revêtement Solarwall, est un bardage micro-perforé. Il est installé à quelques cm du mur extérieur du bâtiment, créant une cavité. Un ventilateur est installé en haut du mur et crée une dépression dans la cavité du Solarwall, tirant l'air entre les deux murs. En circulant à travers le panneau, l'air extérieur absorbe le gain solaire et l'achemine jusqu'à l'intérieur.



- Mise en place d'un ventilateur de soufflage prenant l'air dans le mur capteur et le soufflant par l'intermédiaire d'une gaine textile dans le hall.

Solutions	Investissement (€HT)	Consommation liée au chauffage (MWh/an)	Coût lié au chauffage €TTC/an	Rejet de CO2 (tonnes /an)	Temps de retour
Existant		1 577	75 800	287	
Mur capteur solarwall	40 000	1 459	70 150	266	6 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie gaz de 6% par an prise en compte

6.4.3 Ventilation naturelle pour rafraîchissement :

Dans la mesure où le bâti est amélioré et où les sheds sont remplacés, il sera nécessaire de recréer un principe de ventilation des halls qu'assurait jusqu'à lors les ventilateurs situés en shed.

L'installation de ventilation du Solarwall, s'il était installé pourrait être programmé en free-cooling et ventilation nocturne. Il serait cependant insuffisant pour évacuer les calories.

Un système automatisé de ventilation naturel pourra être envisagé :

- Création de trappe de ventilation basse en façade Nord du bâtiment.
- Création d'ouvrants à ouverture automatisée répartis dans chaque shed
OU

Mise en place de ventilateurs d'extraction en toiture. Le principe de ventilateur hélicoïde actuel n'étant pas étanche, il ne devra pas être reproduit.

6.5 Eclairage

6.5.1 Remplacement des luminaires

Objectifs :

- Limiter les consommations liées à l'éclairage des locaux en les équipant de luminaires plus performants associés à des commandes adaptées à chaque local.
- Améliorer le confort visuel des utilisateurs
- Limiter les apports internes en diminuant la puissance et le temps de fonctionnement des luminaires. Et donc limitation des surchauffes estivales.

Description technique :

- Hall :
 - Mise en place de luminaires permettant l'asservissement de leur puissance à l'éclairage naturel : Luminaires à tube fluorescent T5 ECO (placés à une hauteur inférieure à 7m) et équipés de ballast électronique à cathode chaude (type 2x36W). Ils seront chacun équipés d'une sonde de luminosité.



- Bureau :
 - Mise en place de luminaires à haut rendement, à tube fluorescent T5 ECO et équipés de ballast électronique à cathode chaude (type 3x13W). Ils seront chacun équipés d'une sonde de luminosité et d'une détection de présence.



- Circulation et sanitaires :
 - Mise en place de luminaires à LED. Commande par détection de présence.

	Investissement (€HT)	Consommations (KWh/an)	Coût de l'énergie (€TTC/an)	Rejet de CO2 (Tonnes/an)	Temps de retour
Existant		44 700	2300	4,5	
Remplacement des luminaires	75 000	15 500	800	1,5	28 ans

Rappel : évolution du coût de l'énergie électrique de 4% par an prise en compte

Le temps de retour n'est donc pas bon. Ceci est lié au fait que la qualité des luminaires actuels n'est pas catastrophique (majorité de luminaire fluorescent).

Cependant deux autres critères essentiels font que cette solution est indispensable dans le cadre d'une rénovation à haute performance : le confort visuel des usagers et surtout la division par 3 des apports internes qui sont une des principales sources des surchauffes estivales dans un bâti sur-isolé.

6.5.2 Amélioration des luminaires existants

Une solution plus économique pourrait être envisagée pour diminuer les consommations d'éclairage. Cette solution est bien adaptée à une rénovation des seuls luminaires mais serait en décalage avec celle d'une rénovation totale du bâtiment.

L'ensemble des luminaires équipés de tubes fluorescents T8 seront équipés d'un kit « Save It Easy » sur les luminaires existants afin de transformer les ballasts ferromagnétiques en ballasts électroniques et de pouvoir mettre en place des tubes fluo T5 en remplacement des tubes T8.

Les luminaires à 2 tubes seront équipés d'un seul kit « save it easy ».

Pour les luminaires 4x18W, les 4 tube de 18w seront remplacés par 3 tube de 14W et le luminaire sera équipé de 3 kit « save it easy ».

L'investissement serait de l'ordre de 20€ par kit (fourniture uniquement).

Cette solution est intéressante du point de vue retour sur investissement mais n'améliore que très peu la qualité de l'éclairage artificiel puisque les luminaires (réflecteur et grille de défilement) restent les mêmes.

6.6 Eau potable

Objectifs :

- Limiter les consommations d'eau potable en équipant les appareils existants d'équipements hydro-économiques.

Description technique :

Mise en place d'équipements hydro-économiques :

- Remplacement des WC par des WC équipés de chasse double débit 3/6L
- Remplacement des mousseurs existants par des mousseurs limiteur de débit :
 - Lavabos : 2,5 L/min
 - Evier : 6L/min



	Investissement (€TTC)	Consommation eau (m3/an)	Coût (€TTC/an)	Temps de retour
Existant lavabos		305	762	
Limiteur de débit 2,5L/min	75	95	237	2 mois

	Investissement (€TTC)	Consommation eau (m3/an)	Coût (€TTC/an)	Temps de retour
Existant WC		444	1 110	
WC 3/6L	1 600	177	442	2,5 ans

Ces solutions sont très intéressantes du point de vue du temps de retour pour un investissement limité.

6.7 Scénario de travaux

Nous étudions ici 2 scénarios de solutions :

Un scénario 1 qui regroupe des solutions à temps de retour rapide (inférieur à 10ans) et dont le but premier est de faire faire des économies globales.

Un scénario 2 qui regroupe les solutions du scénario 1 et des solutions à temps de retour plus long mais qui sont indispensables pour prétendre à un bon niveau de performance énergétique.

6.7.1 Scénario 1

Les solutions retenues sont les suivantes :

- SHED : remplacement des surfaces vitrées Sud et Nord par des panneaux isolants opaques :
- SHED – remplacement des surfaces vitrées Est et Ouest par des panneaux isolants opaques pour moitié et par des vitrages plus performants pour l’autre moitié.
- Chauffage : Isolation du réseau primaire de chauffage enterré
- Chauffage : Isolation du réseau intérieur
- Chauffage : remplacement des panneaux rayonnant
- Chauffage : remplacement des robinetteries de radiateur pour le confort
- Solution d’amélioration de l’éclairage existant (si le remplacement complet n’est pas envisagé à moyen terme).
- Mise en place d’équipements hydro-économés.

Nota : le mur capteur solarwall, bien que rapidement rentable ne s’envisage que dans le cadre d’une modification des façades.

6.7.2 Scénario 2

Les solutions retenues sont les suivantes :

- Solution du scénario 1 (sauf amélioration de l’éclairage)
- Isolation des façades solution 1
- Mur capteur solarwall
- Isolation de la toiture
- Remplacement des menuiseries de façade
- Remplacement des pompes par des pompes à vitesse variable
- Remplacement des convecteurs électriques par des radiateurs à eau chaude
- Remplacement de l’éclairage
- VMC double flux des bureaux

6.7.3 Résultats

	Investissement (€HT)	Consommations					Classe DPE	Coût de l'énergie et eau (€TTC/an)	Rejet de CO2 (Tonnes /an)	Facteur 4 CO2	Temps de retour
		Chauffage (KWh/an)	Electricité (KWh/an)	Eau (m3)	Cep (KWhep/m ² SHON.an)						
Existant		1 577 000	53 450	749	509	G	80 622	293			
Scénario 1	278 000	950 000	43 460	272	315	E	48 930	178	-39%	7 ans	
Scénario 2	883 000	364 000	22 700	272	125	C	22 040	78	-73%	12 ans	

Rappel : évolution du coût de l'énergie gaz de 6% par an et de l'énergie électrique de 4% par an prise en compte