



CONCEPTION REALISATION

RENOVATION THERMIQUE DU BATIMENT PRINCIPAL DE L'ENSAM

MAITRISE D'OUVRAGE : ENSAM:
179 Rue de l'Espérance 34090 Montpellier
Tél : 04 67 91 89 89



MANDATAIRE DE LA MAITRISE D'OUVRAGE : SEM ARAC OCCITANIE:
117 rue des États Généraux - CS 19536 34961 Montpellier cedex 2
Tél : 04 99 524 524 - sylvie.lacan@arac-occitanie.fr



AMO TECHNIQUE : ARTEBA:
220 Rue du Capitaine Pierre Pontal - 34000 Montpellier
Tél : 04 99 74 27 42



AMO TECHNIQUE FLUIDES et STD:
26 bis rue Hermès - 31520 Ramonville St Agne
Tél : 04 62 19 33 19 - amo@behi.fr



BUREAU DE CONTROLE : VERITAS:
1450 Rue Baden Powell 34000 Montpellier
Tél : 09 69 39 10 09 - cecile.comud@bureauveritas.com



CSPS : PRESENTS:
Tél : 06.32.63.10.51 - ch.richard@presents.fr

GROUPEMENT DE CONCEPTION REALISATION :

MANDATAIRE DU GROUPEMENT : EGM
31 Impasse Jacquard 34170 Castelnau Le Lez
Tél : 04 67 52 18 05 - Mail : bvilasi@egmeri.fr



ARCHITECTE : MAIGNIAL architectes & associés
1 rue des Roses 34430 St Jean de Védas
Tél : 06 70 48 35 67 - Mail : contact@maignial.com



BET FLUIDES - CFO/CFA - SSI : BETSO
Immeuble GREEN VALLEY - 849, rue Favre de Saint Castor 34080 Montpellier
Tél : 04 67 69 12 20 - Mail : d.briane@betso.fr



BET STRUCTURE FACADE : TERREL
35 - 37 rue Lancefoc 31000 Toulouse
Tél : 05 61 22 05 00 - Mail : m.benech@terrellgroup.net



BET AMIANTE : AMBIENTE
16 ZA Descaillaux 31430 Saint Elix Le Château
Tél : 05 61 97 80 20 - Mail : ambiente@ambiente-bet.fr



SOUS-TRAITANTS DU GROUPEMENT DE CONCEPTION REALISATION :

PROJET

NUMERO DU PLAN

05 – Rapport d'étude STD

E C H E L L E

DATE

Juin 2022

PHASE

PRO ind 2

DESIGNATION

SOMMAIRE

1. PREAMBULE	3
2. DECOUPAGE EN ZONE	4
2.1. REZ-DE-CHAUSSEE	4
2.2. PREMIER ETAGE	5
2.3. BATIMENTS A ET B.....	6
3. HYPOTHESES DE CALCUL	7
3.1. DONNEES METEOROLOGIQUES	7
3.2. APPORTS INTERNES	7
3.2.1. Occupation.....	7
3.2.2. Bureautique.....	8
3.2.3. Eclairage	8
3.3. CONSIGNE DE TEMPERATURE	8
3.4. RENOUELEMENT D'AIR	9
3.5. PAROIS OPAQUES	9
3.6. MENUISERIES EXTERIEURES.....	10
3.7. INFILTRATIONS.....	10
4. ANALYSE DES ECONOMIES D'ENERGIE	11
4.1. SCENARIOS D'ECONOMIE D'ENERGIE.....	11
4.2. RESULTATS DE LA SIMULATIONS	12
4.3. RECAPITULATIF DES VARIANTES.....	13
5. STRATEGIE DE PRODUCTION ENERGIETIQUE.....	14
5.1. PUISSANCE DE LA POMPE A CHALEUR	14
5.2. REGIME DE TEMPERATURE	15
5.3. RAFRAICHISSEMENT	16
6. CONSOMMATIONS EN ENERGIE FINALE.....	17

1. PREAMBULE

La simulation thermique dynamique a été mise à jour au stade PRO.

Nous avons utilisé le fichier source de base de BEHI, en modifiant certaines données d'entrées :

- 770 occupants maximum
- Hypothèses de réduit de température en inoccupation
- Températures de consigne
- Scénario d'apport intérieur : prise en compte des règles TH-BCE
- Modification de la saisie initiale des menuiserie extérieures du RDJ (erreur sur allèges)
- Modification de la saisie initiale de certaines parois et ponts thermiques (erreur)
- L'étude et la saisie a été adaptée pour un calcul aéraulique, le fichier source était donné en calcul ventilation simplifiée (hors enveloppe aéraulique). Cette saisie STD comporte l'ensemble des bâtiments A, B et C. Le périmètre des travaux simulés ne concerne toutefois que le bâtiment C.

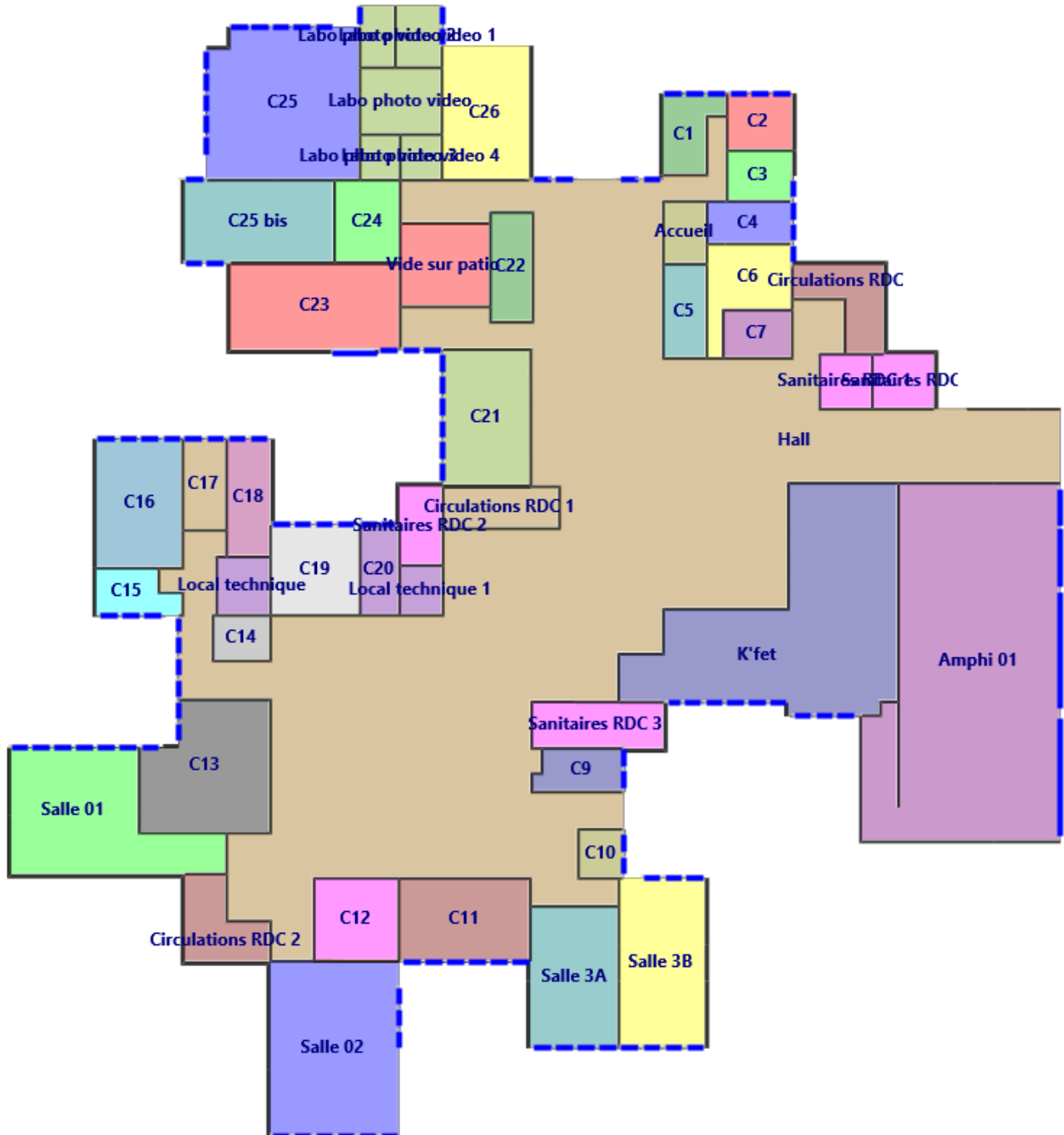
Visualisation 3D



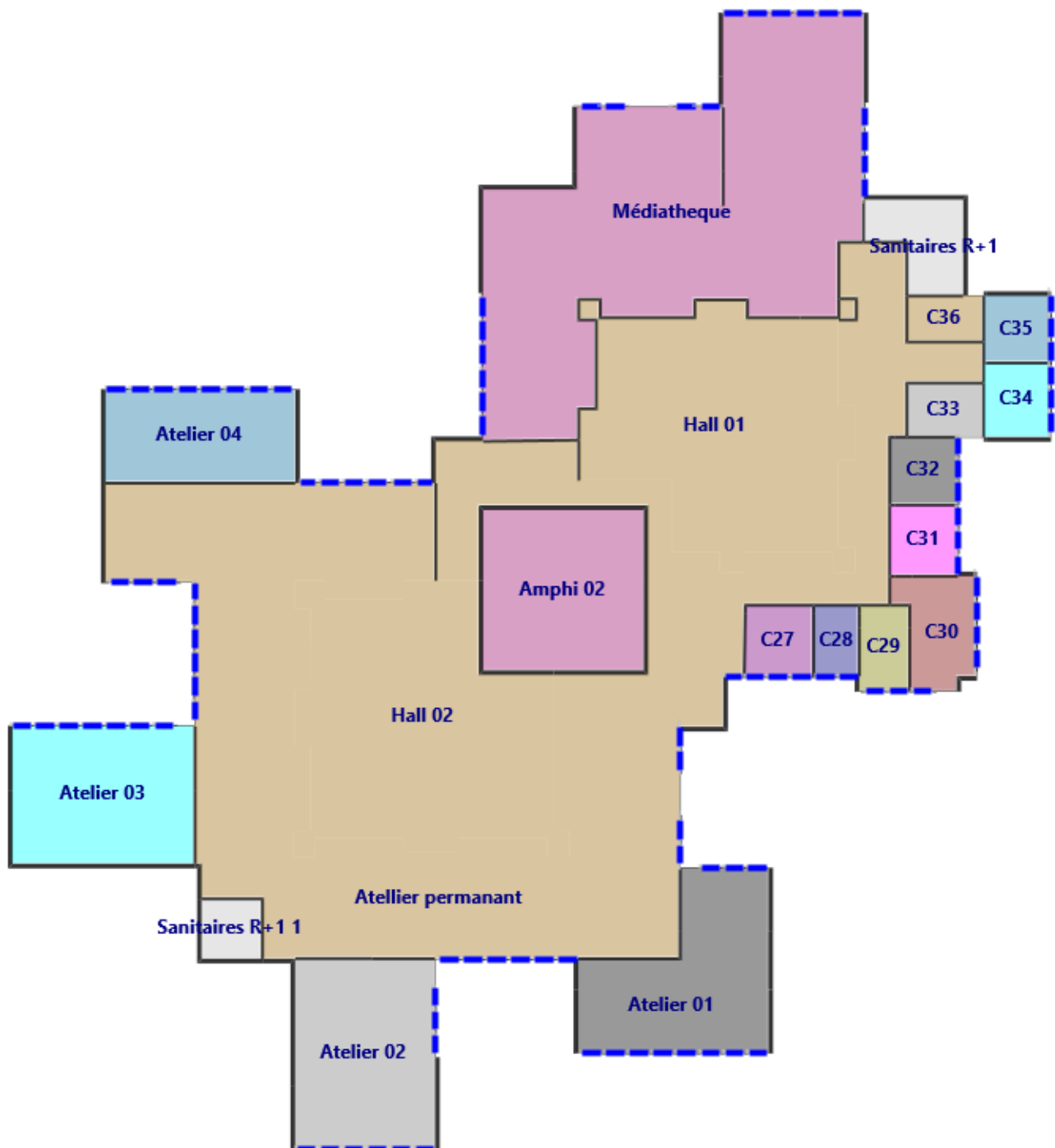
Visualisation 3D – ENSAM

2. DECOUPAGE EN ZONE

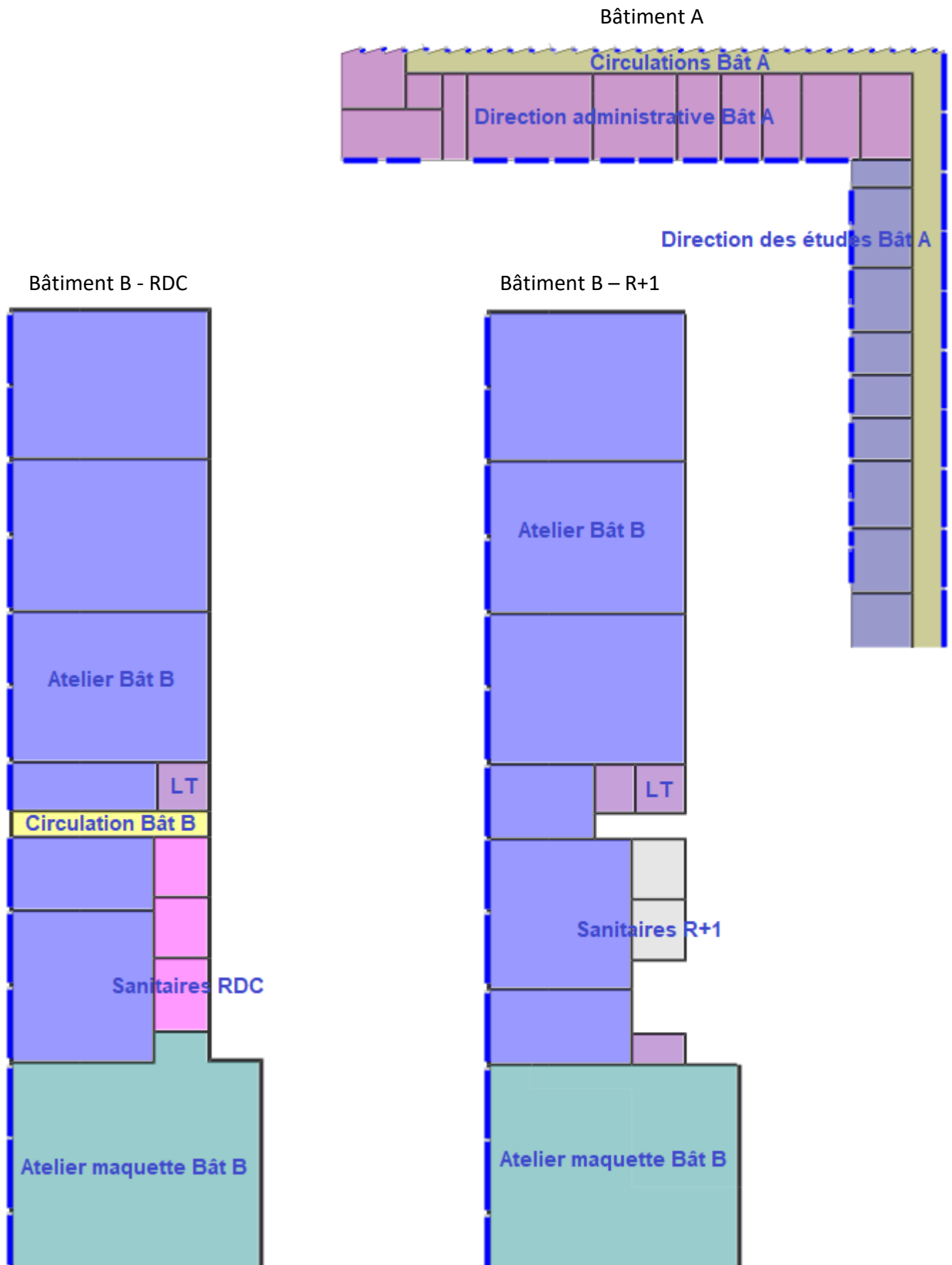
2.1. REZ-DE-CHAUSSEE



2.2. PREMIER ETAGE



2.3. BATIMENTS A ET B



3. HYPOTHESES DE CALCUL

Surface de référence : 8 110 m² (calculée suivant saisie par local du fichier source).

3.1. DONNEES METEOROLOGIQUES

La faculté d'architecture étant située à Montpellier dans l'Hérault, les données de la station météo de Montpellier sont donc appliquées avec le fichier « météoNorm » de Pléiades. Les conditions estivales étant de plus en plus chaudes d'années en années, les conditions « été caniculaire » ont été choisies pour cette étude.

Ci-dessous le détail des DJU (méthode COSTIC) :

→ DJU Chauffage : 1544 °C.J

→ DJU Rafraîchissement : 846 °C.J

3.2. APPORTS INTERNES

3.2.1. Occupation

Apports internes humains moyens retenus : 70 W/occupant.

L'occupation au sein de l'établissement est déterminée à partir des règles TH-BCE qui proposent une occupation ramenée à la surface en fonction de l'usage des locaux. Ces règles prévoient aussi une atténuation du nombre d'occupants à certains moments de la journée (début de matinée, pause de midi, fin d'après-midi).

Ces valeurs sont foisonnées afin d'atteindre l'occupation nominale admise (770 personnes).

Scénario Occupation				
Locaux	Valeur nominale	Rythme journalier	Ratio	Tranche horaire
Salle de classe	0,60 occ/m ²	Occupation nominale	100%	9h - 17h
		Occupation modéré	50%	8h - 9h ; 17h - 18h
Bureau	0,09 occ/m ²	Occupation nominale	100%	9h - 12h ; 14h - 18h
		Occupation modéré	57%	8h - 9h ; 12h - 14h ; 17h - 18h
Mediathèque	0,09 occ/m ²	Occupation nominale	100%	10h - 15h
		Occupation modéré	50%	9h - 10h ; 15h - 17h
		Occupation réduite	25%	8h - 9h ; 17h - 18h
Salle de conférence	0,15 occ/m ²	Occupation nominale	100%	10h - 12h ; 14h - 17h
		Occupation modéré	50%	9h - 10h ; 12h - 14h
Salle informatique	0,30 occ/m ²	Occupation nominale	100%	10h - 15h
		Occupation modéré	50%	9h - 10h ; 15h - 17h
		Occupation réduite	25%	8h - 9h ; 17h - 18h
Salle de réunion	0,19 occ/m ²	Occupation nominale	100%	10h - 12h ; 14h - 17h
		Occupation modéré	50%	9h - 10h ; 12h - 14h

Période de vacances

Les périodes de vacances sont reprises du « Calendrier universitaire des formations 2021/2022 ».

Soit les périodes suivantes :

- Vacances d'été : Juillet/Août
- Vacances de Noël : 2 semaines en décembre
- Vacances de Printemps : 2 semaines en avril

Pendant les vacances, nous considérons occupation nulle dans les locaux étudiants et les zones administratives occupées.

3.2.2. Bureautique

De même que pour l'occupation, nous avons utilisé les règles Th-BCE pour établir un scénario d'apport interne.

Les règles TH-BCE prévoient un abaissement de cette valeur selon le rythme quotidien des occupants et l'utilisation du matériel informatique.

3.2.3. Eclairage

Hypothèses prises en compte pour les puissances d'éclairage installé (dito fichier source de référence et règles Th- BCE) :

- Salle de classe : 6 W/m²
- Amphithéâtre : 6 W/m²
- Circulations : 2 W/m²
- Bureau : 10 W/m²
- Médiathèque : 10 W/m²
- Salle de réunion : 6 W/m²
- Sanitaires : 4 W/m²

Grâce au calcul d'éclairement naturel, il est possible de simuler lorsque les occupants ont besoin d'éclairage artificiel ou non.

3.3. CONSIGNE DE TEMPERATURE

Consigne de température (saison de chauffe) :

- En période d'occupation : 20 °C
- En période d'inoccupation : 17 °C
- En période de vacances : 12 °C

Notre projet prévoit de ne pas contrôler la température de consigne dans la zone du hall. Ceci permet de réduire les consommations de chauffage en évitant ainsi de chauffer un volume important. Il est prévu de mettre en place un flux d'air contrôlé entre les pièces chauffées (les salles de classes et les bureaux) et le hall.

L'air neuf serait introduit dans les locaux à occupation continue, chauffé et ensuite transféré dans le hall via des grilles de décompression.

Pour mémoire, dans le fichier source, la température des halls n'est déjà pas contrôlée, seules les coursives sont considérées chauffées et à température contrôlée (pourtant même volume).

De plus, les sanitaires, les circulations ainsi que les escaliers ne seront pas muni d'émetteur de chauffage. Ces espaces pourront néanmoins bénéficier des transferts thermiques depuis les locaux adjacents afin de maintenir une température convenable.

3.4. RENOUVELLEMENT D'AIR

Pour des raisons sanitaires et de confort des usagers, notre projet prévoit un système de ventilation simple flux. L'entrée d'air neuf sera réalisée dans les locaux à occupation continue (salle de classe, bureaux, salle de réunion, atelier...). Il sera chauffé par des ventilo-convecteurs. Il sera également prévu d'intégrer des grilles de décompression afin de créer un flux d'air entre les salles à occupation continue (en surpression) et les hall/coursives (en dépression). Entrées d'air neuf en menuiserie pour les bureaux.

Débit d'air

- Salle de classe, salle informatique, atelier : 18 m³/h (uniquement pendant les heures d'occupations)
- Bureaux : 25 m³/h (uniquement pendant les heures d'occupations)

Nous conservons également les centrales de traitement d'air existantes pour les Amphithéâtres avec les débits suivants :

- 10 000 m³/h pour l'amphi 01
- 4 000 m³/h pour l'amphi 02

3.5. PAROIS OPAQUES

Afin de réduire les consommations d'énergie finale, il est prévu d'isoler les parois verticales avec 12 cm de TH32 (Résistance thermique : 3,75 m².k/W). Ponctuellement et pour des raisons techniques, nous isolerons ces parois par l'extérieur (voir 07-6 - Plan de repérage des isolations thermiques des parois verticales).

L'isolation en toiture est limitée à une résistance thermique de 4,55m²/W.°C (Voir 07-10 – Plan de repérage des réfections des étanchéités en toitures et garde-corps).

3.6. MENUISERIES EXTERIEURES

Pour notre projet, il est prévu de remplacer l'intégralité des murs rideau et des menuiseries (voir 7-04 plan de repérage des menuiseries et des murs rideaux). Il y aura aussi 2 types de vitrage distincts selon l'orientation des façades :

➤ Murs rideaux :

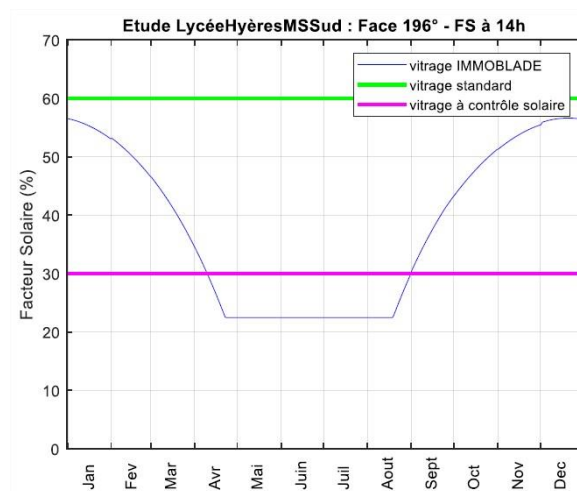
- $U_c : 1,5 [W/(m^2.k)]$
- Vitrages (orientation Nord)
 - $Sw : 0,43$
 - $TI : 0,75$
- Vitrages (autres orientations)
 - $Sw : 0,28$. Simulation globale avec vitrage à contrôle solaire. Avec le Vitrage ImmoBlade prévu, le facteur solaire est dynamique (faible en été, fort en hiver), voir tableau et graphe ci-dessous. En simulation thermique uniquement « hiver » nous avons considéré un facteur solaire moyen de 0.52.
 - $TI : 0,60$

➤ Menuiseries :

- $U_w : 1,5 [W/m^2.k]$
- $Sw : 0,28$
- $TI : 0,60$

Valeurs technologie immoblade

Tlg	Solstice d'hiver	Equinoxe	Solstice d'été
9h00	72%		
12h00			
16h00			
Sg	Solstice d'hiver	Equinoxe	Solstice d'été
9h00	49%	62%	62%
12h00	60%	38%	22%
16h00	56%	39%	22%



3.7. INFILTRATIONS

Le remplacement des menuiseries permet d'améliorer l'étanchéité du bâtiment.

Valeur projet : $1,7 [m^3/h/m^2]$ sous 4 Pa (valeur par défaut RT)

4. ANALYSE DES ECONOMIES D'ENERGIE

4.1. SCENARIOS D'ECONOMIE D'ENERGIE

Ci-dessous le récapitulatif des améliorations simulées au stade APD et retenues pour notre projet :

Amélioration 01 et 02 : Isolation des parois et remplacement des façades vitrées :

Les parois opaques seront isolées par l'intérieur (ponctuellement par l'extérieur) avec 12 cm de TH32 (Résistance thermique : $3,75 \text{ m}^2 \cdot \text{k/W}$)

Les murs rideau ainsi que les menuiseries en demi-lune seront tous remplacés avec une performance de l'ensemble du mur rideau + menuiserie demi-lune de l'ordre de : $U_{cw} = 1,5 \text{ [W/m}^2 \cdot \text{k]}$ Outre la diminution des pertes par transmission, le taux d'infiltration est aussi réduit par les menuiseries plus étanches.

Amélioration 03 : Mise en place d'un ventilation simple flux

Dans le cadre du projet, le système de ventilation simple flux prévoit une entrée d'air neuf dans les salles de classe, bureaux, salles de réunion au préalable chauffé par des ventilo-convecteurs positionnés dans les allèges pleines. Cet air neuf serait alors transféré dans les hall et coursives via des grilles et gaines de décompression pour ensuite être évacué vers l'extérieur ou vers les sanitaires qui assurent déjà une extraction mécanique.

Cette amélioration permet :

- D'améliorer le confort des occupants
- De respecter les préconisations sanitaires
- De limiter l'ouverture des fenêtres pour aérer les salles (donc un meilleur contrôle des déperditions par renouvellement d'air).

Amélioration 04 : Température du hall non contrôlée

Dans le hall, il n'est pas prévu de contrôler la température de consigne, (pas d'émetteurs de chauffage). Cette zone devient un espace tampons **tempérés** (tout comme les escaliers, circulations et sanitaires). Toutefois, le transfert d'air chaud entre les locaux à occupation continue et le hall limite la chute de la température en hiver.

Amélioration 05 : Isolation de la toiture

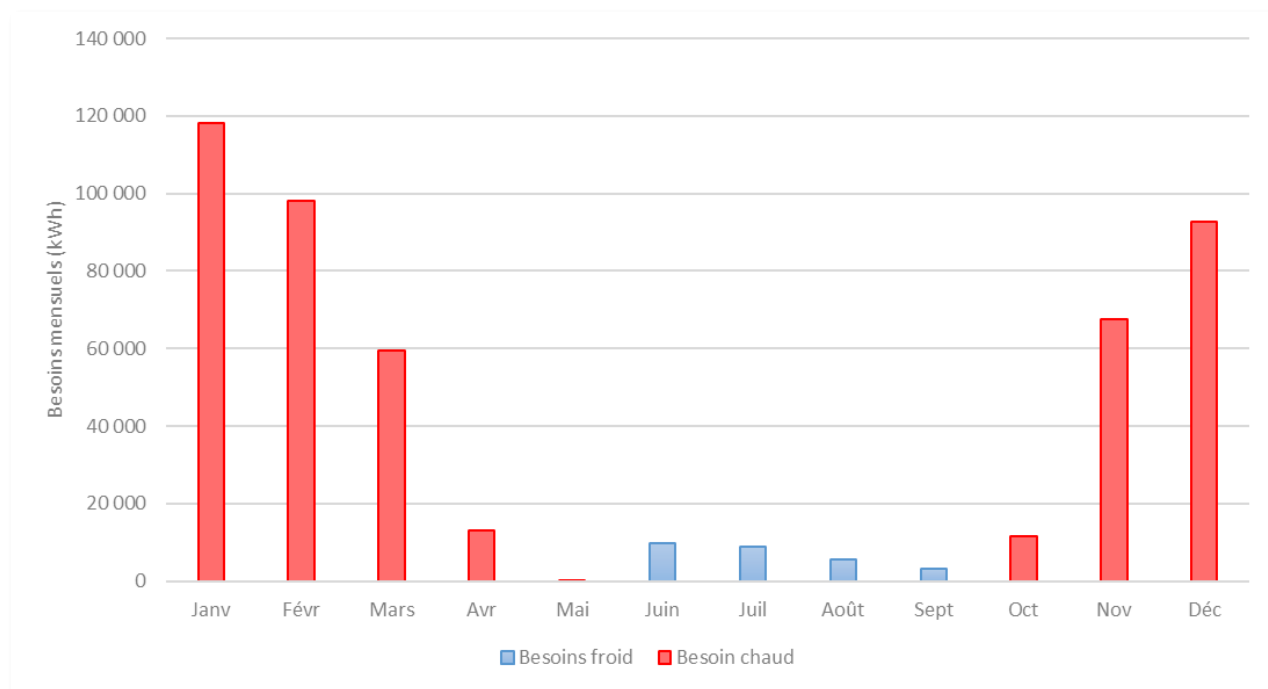
La toiture du bâtiment C sera isolée afin d'atteindre une résistance thermique total de $4,55 \text{ [K.m}^2 \cdot \text{W]}$. Seules les portions de toiture donnant sur des circulations ou des escaliers ne seront pas rénovées (voir pièce graphique 8.1.9).

4.2. RESULTATS DE LA SIMULATIONS

Besoins chauffage : 462,0 MWh

Besoin rafraîchissement : 27,5 MWh

Graphique de répartition des besoins de chauffage/Climatisation :



4.3. RECAPITULATIF DES VARIANTES

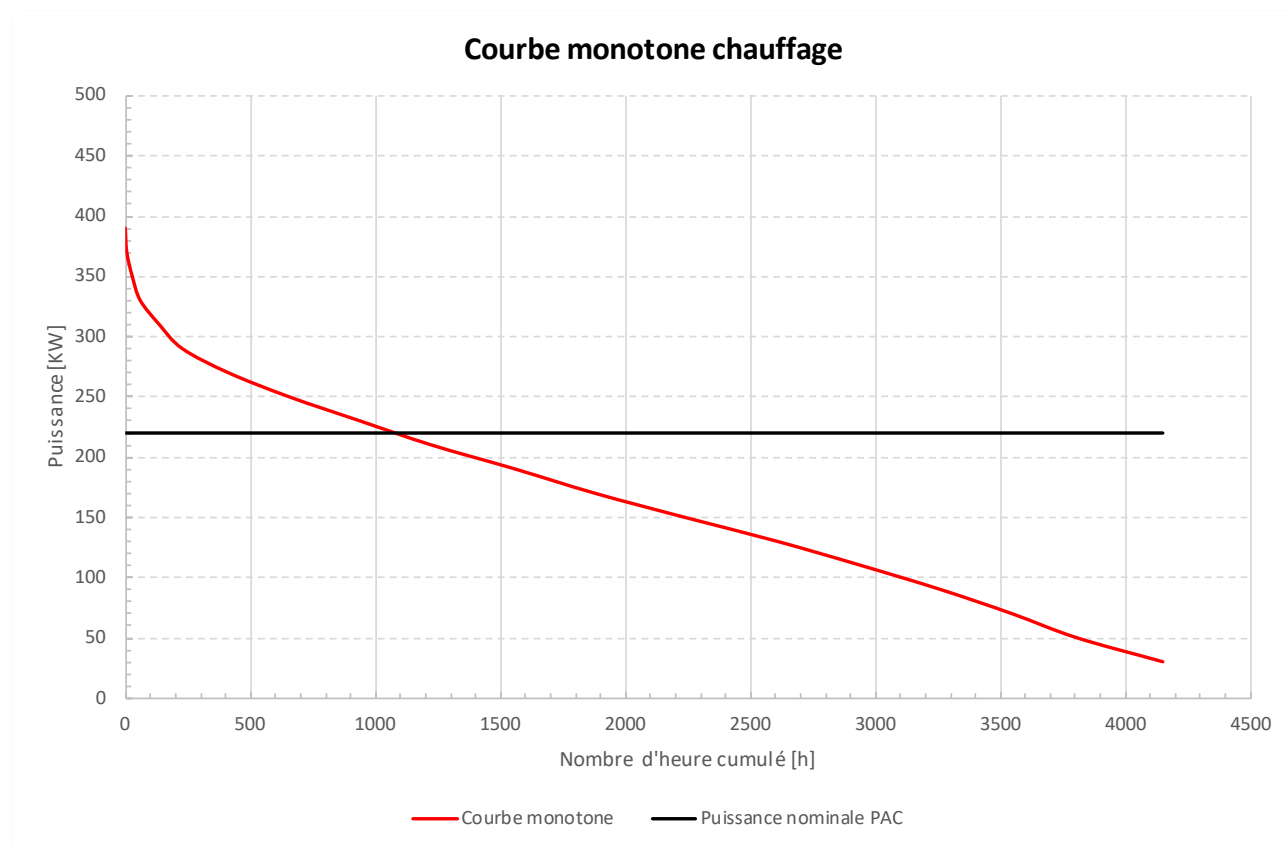
Localisation	Variantes	Pont thermique ψ [W/m.k]	Pont thermique ML [m]	Besoin thermique chaud [kWh]	Gains par rapport à la base
Jonction Pied de façade mur rideau	projet APD Plancher bas non isolé / nez de dalle non isolé	0.16	38.1	467 926	-
	Option 1 : Isolation en sous face des salles (R: 3,75)	1.19		447 670	4.3%
	Option 2 : Isolation en sous face des salles (R: 3,75) + Traitement du nez de dalle	0.74		447 068	4.5%
Jonction d'acrotère mur rideau / voutain latéral	Projet APD	1.87	36.3	467 926	-
	Option 1 : Traitement du pont thermique	0.23		465 403	0.5%
Jonction d'acrotère mur rideau / voutain perpendiculaire	Projet APD	1.96	141.6	467 926	-
	Option 1 : Isolation du voutain	1.79		466 881	0.2%
Combinaisons	PROJET APD +10 cm Isolation en toiture + isolation du relevé béton + absence de traitement des jonctions voutains perpendiculaires et latéraux + absence d'isolation PB + R =0,5 des murs bétons en toiture	0,16/1,87/1,96	-	467 926	
	Combinaison 1 : 10 cm Isolation en toiture + absence d'isolation du relevé béton + absence de traitement des jonctions voutains perpendiculaires et latéraux + absence d'isolation PB + suppression isolation des murs bétons en toiture +pont thermique poutre retroussée non isolée	0,16/1,91/2,85	-	480 553	-2.7%
	Combinaison 2 : PROJET PRO 10 cm Isolation en toiture + absence d'isolation du relevé béton + absence de traitement des jonctions voutains perpendiculaires et latéraux + suppression isolation des murs bétons en toiture +pont thermique poutre retroussée non isolée + isolation PB (Option 1)	1,19/1,91/2,85	-	460 371	1.6%
	PROJET PRO (Combinaison 2 maj du 27/06/2022)	1,19/1,91/2,85	-	462 042	1.3%

5. STRATEGIE DE PRODUCTION ENERGIETIQUE

5.1. PUISSANCE DE LA POMPE A CHALEUR

La Simulation Thermique Dynamique renseigne également sur la puissance chauffage nécessaire heure par heure. Ceci nous permet d'établir la courbe monotone ci-dessous :

Le besoin de puissance maximal est de 388 kW.



Dans le cadre de notre projet, nous souhaitons remplacer la production des chaudières existantes par l'installation d'une pompe à chaleur (PAC) basse température air/eau associée à une chaudière à condensation en appoint/secours.

Cette courbe monotone nous permet de déterminer la puissance de la PAC à prévoir. L'utilisation de cette PAC sera limitée si les conditions extérieures sont trop froides (pour optimisation du COP) ou bien si la température de retour chauffage est trop élevée.

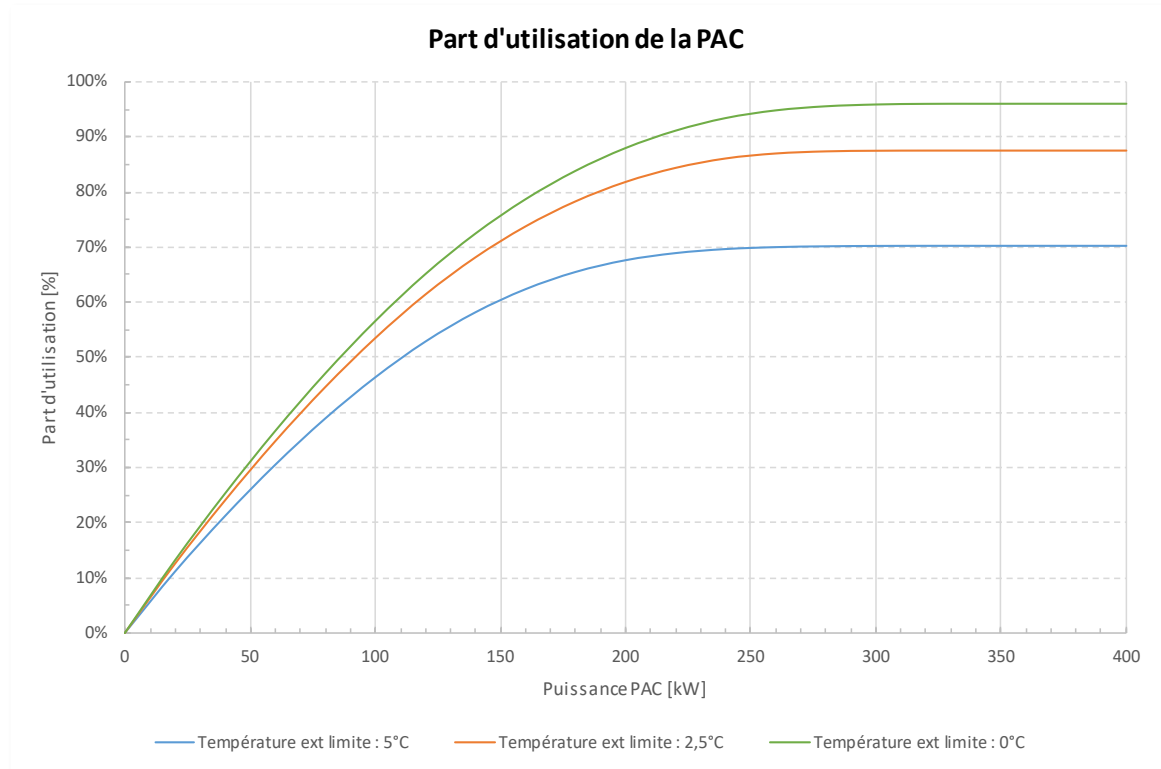
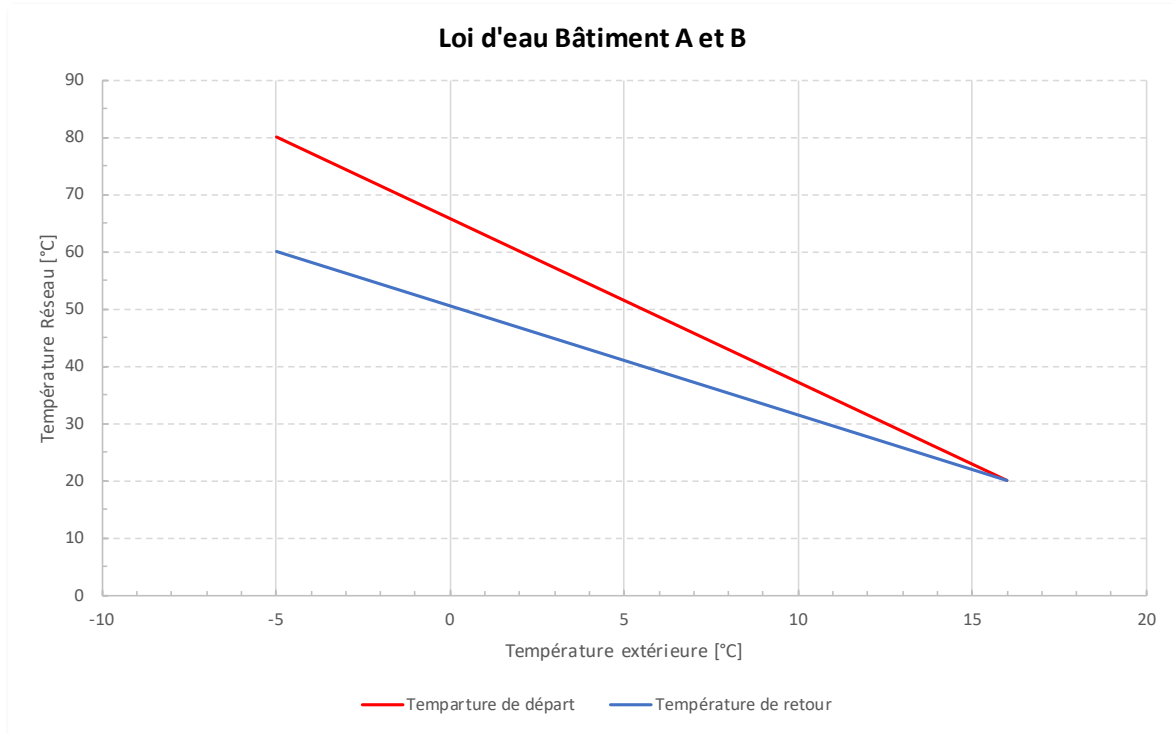
Grâce au fichier météoNorme, nous avons accès à la température extérieure heure par heure.

Nous considérons que la PAC basse température sera arrêtée lorsque la température extérieure est inférieure à 5 °C afin de travailler avec un COP optimisé ($> 2,5$). Une pompe à chaleur de 220 kW permettrait de couvrir 65 % des besoins annuels en chauffage de l'ensemble.

Sous ces conditions, prévoir une PAC plus puissante n'aurait pas grand intérêt. Par exemple, une simulation avec une PAC de 250 kW indique une couverture de 67 % (+2 % seulement) des besoins annuels.

5.2. REGIME DE TEMPERATURE

Pour les bâtiments A et B (qui ne seront pas rénovés), les installations de chauffage existantes sont dimensionnées pour un régime 80-60 °C selon la loi d'eau ci-dessous :



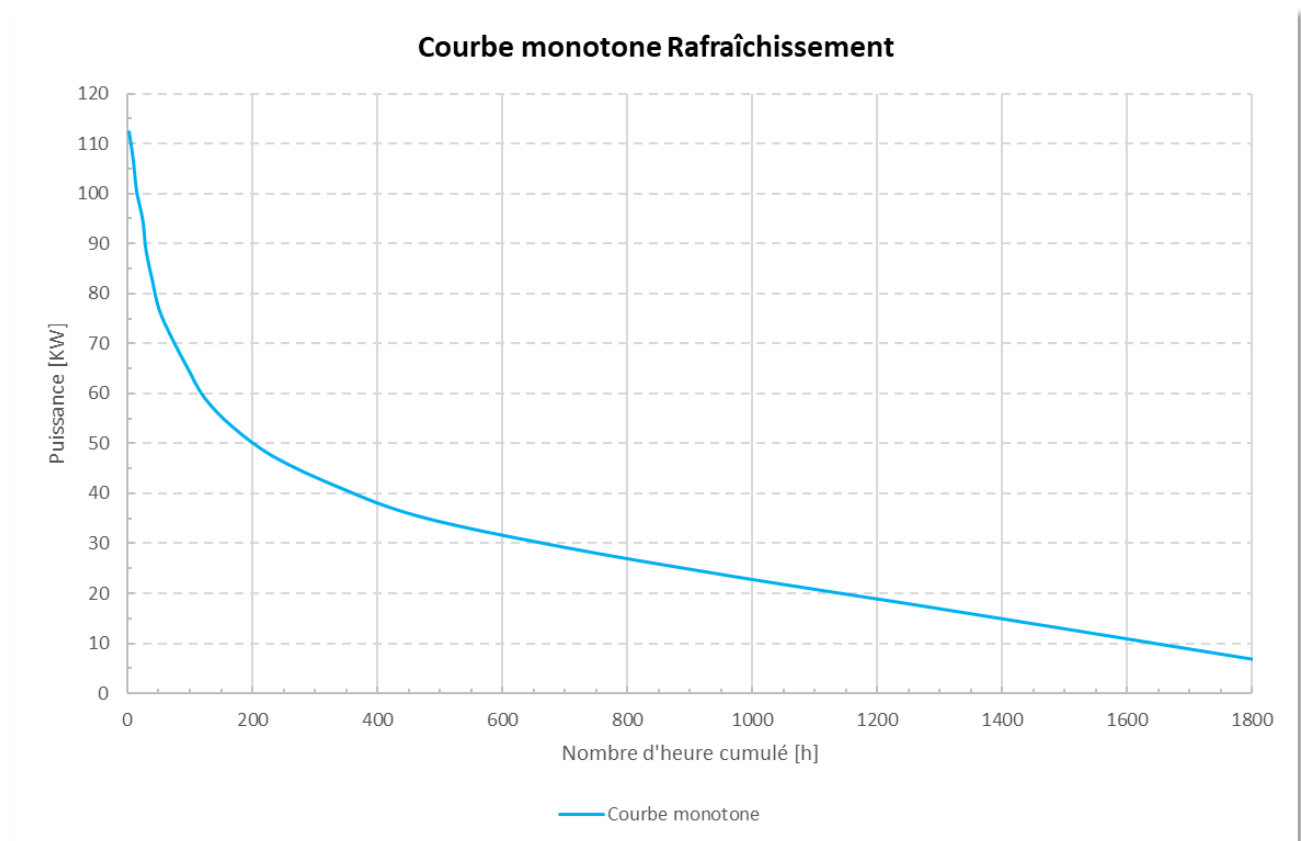
Notre projet prévoit de dimensionner les installations du bâtiment C pour un régime de température de 45/40°C, ce qui permettra une utilisation maximale de la PAC basse température (voir schéma de principe

dans le dossier descriptif B6). Nous proposons un schéma hydraulique permettant la prise en compte de deux régimes de température.

5.3. RAFRAICHISSEMENT

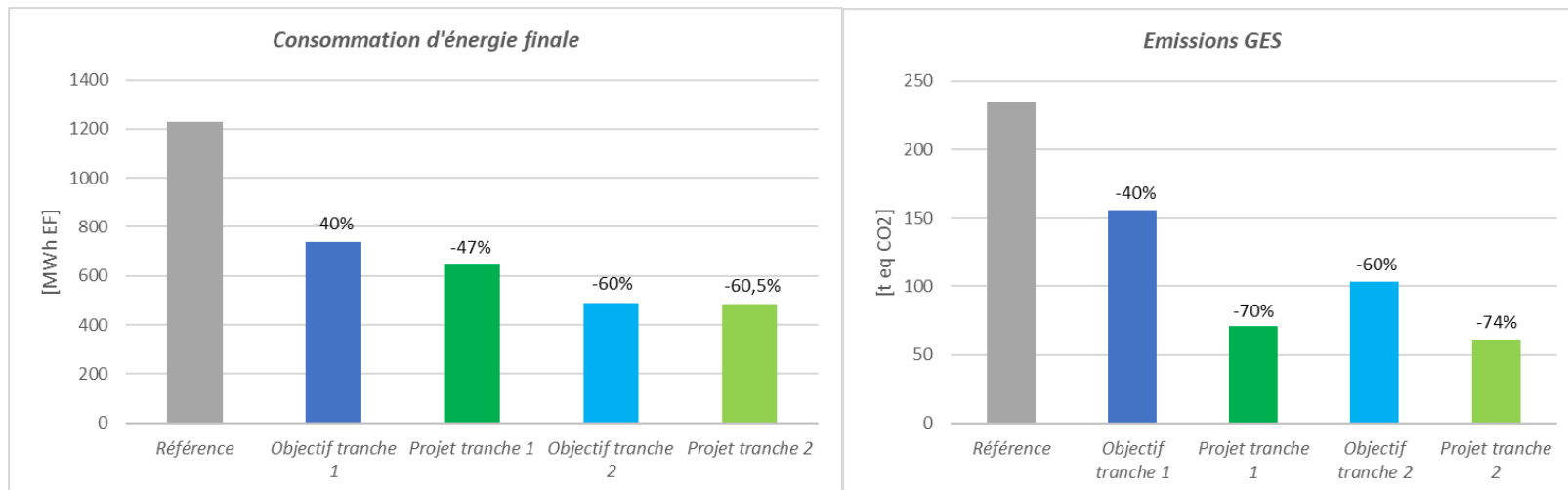
La pompe à chaleur installée sera réversible et fonctionnera pendant la saison chaude en mode « rafraîchissement ». Seuls les bureaux, les salles de réception, la médiathèque ainsi que les salles informatiques seront climatisées.

Le besoin de puissance maximal est de 112 kW



6. CONSOMMATIONS EN ENERGIE FINALE

	Consommation d'énergie finale prévisionnelle projet							
	Gaz	Elec	Total	Réduction	Gaz	Elec	Total	Réduction
	Conso [kWh PCI]	Conso [kWh]	Conso [kWh EF]	%	[kgeqCO2]	[kgeqCO2]	[kgeqCO2]	%
PROJET Tranche 1	189565	460785	650349	-47.0%	43031	27601	70632	-70%
PROJET Tranche 2	189565	295785	485349	-60.5%	43031	17718	60749	-74%



→ Les objectifs de consommations sont atteints.