

## DELIBERATION CA086-2023

**Vu le code de l'éducation, notamment ses articles L.123-1 à L.123-9, L.712-6-1 et L.719-7 ;**  
**Vu le décret 71-871 du 25 octobre 1971 portant création de l'Université d'Angers ;**  
**Vu les statuts et le règlement intérieur de l'Université d'Angers, tels que modifiés le 15 décembre 2022 ;**  
**Vu la délibération n° CA003-2020 en date du 17 février 2020 relatif à l'élection du Président de l'Université d'Angers ;**  
**Vu l'arrêté n° 2022-120 du 3 juillet 2022 portant délégation de signature en faveur de M. Didier BOUQUET ;**  
**Vu les convocations envoyées aux membres du Conseil d'Administration le 20 octobre 2023 ;**

**Objet de la délibération : CPER 2021/2027 - Rénovation énergétique UFR Sciences - Dossier d'expertise et de labellisation**

**Le Conseil d'Administration, réuni en formation plénière le jeudi 26 octobre 2023, le quorum étant atteint, arrête :**

Le dossier d'expertise et de labellisation concernant la rénovation énergétique de l'UFR Sciences dans le cadre du contrat plan Etat Région est approuvé.  
Cette décision est adoptée à l'unanimité avec 25 voix pour.

Fait à Angers, en format électronique

*Pour le Président et par délégation,  
Le directeur général des services*  
Didier BOUQUET

Signé le 29 octobre 2023

La présente décision est exécutoire immédiatement ou après transmission au Rectorat si elle revêt un caractère réglementaire. Elle pourra faire l'objet d'un recours administratif préalable auprès du Président de l'Université dans un délai de deux mois à compter de sa publication ou de sa transmission au Rectorat suivant qu'il s'agisse ou non d'une décision à caractère réglementaire. Conformément aux articles R421-1 et R421-2 du code de justice administrative, en cas de refus ou du rejet implicite consécutif au silence de ce dernier durant deux mois, ladite décision pourra faire l'objet d'un recours auprès du tribunal administratif de Nantes dans le délai de deux mois. Passé ce délai, elle sera reconnue définitive. La juridiction administrative peut être saisie par voie postale (Tribunal administratif de Nantes, 6 allée de l'Île-Gloriette, 44041 Nantes Cedex) mais également par l'application « Télérecours Citoyen » accessible à partir du site Internet [www.telerecours.fr](http://www.telerecours.fr)

**Affiché et mis en ligne le :06/11/2023**

**DOSSIER UNIQUE  
D'EXPERTISE ET DE  
LABELLISATION**

**CPER 21/27**

UFR SCIENCES - Rénovation  
énergétique



# Sommaire

1. Contextes, objectifs et projet retenu .....	3
1.1 Contexte de l'opération.....	3
1.2 Présentation générale de l'opération .....	4
1.3 Objectifs de l'opération .....	8
1.4 Données juridiques.....	10
2. La situation actuelle.....	11
2.1 Panorama de l'existant .....	11
2.2 Difficultés et inadaptations des locaux actuels .....	13
2.3 Etat des lieux de la performance énergétique.....	13
2.4 La situation future du site sans projet (« option de référence ») .....	14
3. Présentation des différents scénarios étudiés .....	15
3.1 Les différents scénarios non retenus .....	16
3.2 Le scenario privilégié .....	16
3.3 Synthèse de l'ensemble des scenarios .....	20
3.4 Procédures, risques, données financières, conduite du scénario privilégié .....	21
3.5 Coûts et soutenabilité du projet .....	24
3.6 Organisation de la conduite de projet .....	26

# 1. CONTEXTES, OBJECTIFS ET PROJET RETENU

## 1.1 Contexte de l'opération

### 1.1.1 Contexte réglementaire

L'Université d'Angers est un établissement public à caractère scientifique, culturel et professionnel (EPSCP) rattaché au ministère de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche.

Le présent dossier concerne une opération immobilière du CPER 2021-2027, opération « UFR SCIENCES – Rénovation énergétique »

En application de la circulaire ESRS2016520C/MESRI/DGSESIP/B3-1 du 16 juillet 2020 relative à la procédure d'expertise et de labellisation des opérations immobilières, ce projet est soumis à la rédaction d'un dossier unique de validation.

Ce projet n'entre pas dans le champ d'application de l'évaluation socioéconomique.

### 1.1.2 Stratégies de l'Etat

L'État (et ses opérateurs) occupe près de 99 millions de m<sup>2</sup> en France et à l'étranger. La gestion de ce patrimoine immobilier s'incarne dans la politique immobilière de l'Etat (PIE) dont l'objectif est de valoriser, entretenir et adapter ce parc immobilier aux besoins des services publics.

La PIE définit notamment dans ses axes stratégiques la contribution de l'immobilier à l'objectif général de réduction de la dépense publique, à savoir la maîtrise de la dépense immobilière en s'assurant de la performance de la gestion des coûts. Les principaux leviers sont la réduction des charges, et notamment la maîtrise des consommations énergétiques

Afin de contribuer aux objectifs nationaux de baisse des émissions, un objectif national ambitieux a été fixé pour le bâti tertiaire dans le décret relatif à l'efficacité de la loi Elan. Pour atteindre la cible de réduction énergétique, les actions engagées portent sur la rénovation énergétique des bâtiments et la qualité et l'exploitation des bâtiments.

Le projet de rénovation énergétique de l'UFR Sciences s'inscrit en ligne avec ces objectifs forts en termes d'énergie. En effet, la réhabilitation énergétique de la faculté des Sciences dans le cadre du CPER 21-27 permettra d'atteindre à minima l'objectif 2040 du décret n°2019-771 du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments à usage tertiaire, à savoir 50% d'économies d'énergies.

### 1.1.3 Stratégies locales

Le projet de rénovation énergétique de l'UFR Sciences s'inscrit dans la dynamique du SRESRI 2020-2027 (Schéma Régional de l'Enseignement Supérieur, de la Recherche et de l'Innovation) visant à accompagner la transition énergétique des bâtiments académiques via des fonds nationaux (CPER) et européens (FEDER).

### 1.1.4 Stratégies du porteur de projet

L'Université d'Angers est consciente qu'une nouvelle ambition pour l'avenir de ses campus est nécessaire pour accompagner son projet d'établissement.

Ce projet centré sur le cœur de métiers de l'université (cf. contrat établissement voté au CA du 07 juillet 2017) possède un volet immobilier spécifique : *L'université devra faire porter ses efforts sur 4 axes : la maintenance, l'accessibilité, les consommations*

énergétiques et l'optimisation de l'utilisation des surfaces. » (Extrait du Schéma Pluriannuel de Stratégie Immobilière (SPSI) 2020-2025 de l'établissement).

C'est dans ce cadre que le SPSI 2020-2025 de l'Université d'Angers, approuvé en décembre 2019 par les services de l'Etat, inscrit le projet de réhabilitation énergétique de la Faculté des Sciences dans sa stratégie d'intervention.

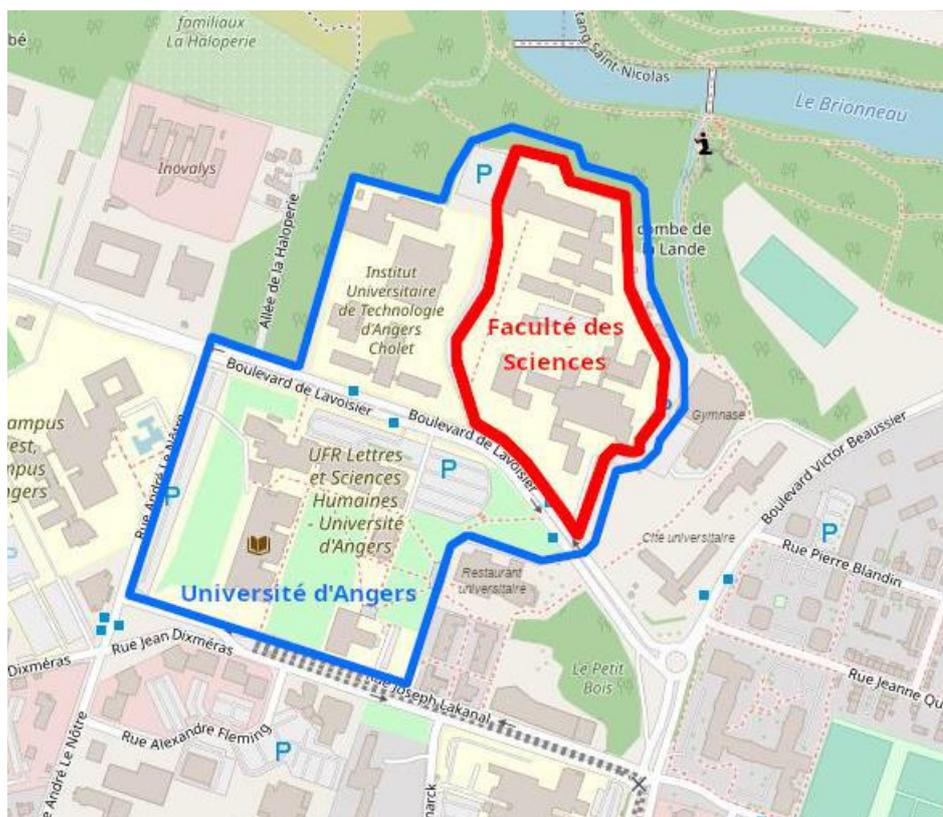
## 1.2 Présentation générale de l'opération

### 1.2.1 Localisation

Deuxième ville la plus peuplée de la Région Pays de la Loire et la première du Département Maine et Loire, Angers attire 42 700 étudiants pour l'année 2020-2021 pour 599 formations proposées. En 10 ans, Angers a augmenté de 1/5ème son nombre d'étudiants.

L'Université d'Angers accueille 26 674 étudiants, dont 12% d'étudiants étrangers, répartis sur 3 campus angevins (Saint Serge, Belle-Beille et Santé) et deux campus délocalisés à Cholet et à Saumur.

La présente opération concerne l'UFR Sciences (dite Faculté des Sciences) installée au cœur du campus de Belle-Beille



## 1.2.2 Contexte – Objectifs recherchés – Enjeux

L'UFR Sciences de l'Université d'Angers est une Unité de Formation et de Recherche. Elle accueille, sur le site de Belle-Beille, quotidiennement plus de 300 personnels et 2500 étudiants au sein de 10 immeubles au sens domanial (31 500 m<sup>2</sup>) dont la majorité sont des ERP. Ces derniers regroupent des espaces d'enseignements (amphithéâtres, salles de cours, salles informatique, espaces spécialisés dédiés aux travaux pratique), de recherche (7 laboratoires sur le site Lavoisier) et administratifs. Les espaces de l'UFR ont été construits en 4 tranches dont certaines ont déjà profité de rénovations partielles.

Si tous les bâtiments, même les plus récents (I-L) construits à la fin des années 90 mériteraient une rénovation énergétique, le présent projet de CPER se concentre sur les bâtiments A à D construits de 1968 à 1994.

Tous ces bâtiments nécessitent prioritairement une rénovation énergétique, sans doute externe, et ceci à des degrés divers. En effet, sur les 7 bâtis de la première tranche (A, B, B', C, C', D et D' 1968-71), tous conservent leur isolation d'origine, certains ne bénéficiant même pas de doubles vitrages.

L'UFR fait également face à des problèmes d'accessibilité, 2 bâtiments (A', B') ne sont pas équipés d'ascenseur et le parvis d'accueil de la composante, s'il permet l'accès des personnes à mobilité réduite, ne le facilite pas.

Enfin, si les bâtiments D à H, spécialisés ou stables dans leur utilisation et principalement dédiés à la recherche ne nécessitent pas de réorganisation interne importante, les espaces « historiques » de l'UFR (A-C) ont subi une évolution de leurs usages parfois chaotique. A titre d'exemple, le bâtiment B' accueille des activités de recherche, de formation et des bureaux. De ce fait, une réorganisation fonctionnelle de ces derniers apparaît nécessaire afin

- D'en rationaliser l'usage qui sera alors moins énergivore
- De moderniser des espaces d'enseignements parfois obsolètes
- D'y offrir aux étudiants, en complément avec l'offre de la bibliothèque Universitaire de Belle-Beille, de petits espaces partagés de travail.

Ainsi, si des restructurations internes limitées sont envisagées au sein des autres bâtis, les bâtiments A-D verront leurs espaces transformé/modernisés :

- Le bâtiment D, entièrement rénové, permettra de former les étudiants de physique aux nouvelles technologies, notamment aux énergies renouvelables, via un toit terrasse dédié à l'expérimentation
- D'autres espaces du bâtiment A seront repris, les sous-sols avec l'installation d'une animalerie centralisée (la composante accueille actuellement 3 espaces délocalisés), la scolarité, l'accueil
- Le bâtiment B', séparé des autres bâtiments, pourra accueillir des publics (associations, collègues) pour du travail collectif ou individuel en dehors des tranches d'ouverture de l'UFR et proposera au rez-de-chaussée des bureaux partagés réservables et permettant l'organisation de vidéo-conférences
- Les espaces d'enseignement des bâtiments A et A' seront modernisés de telle sorte à permettre un travail en pédagogie active (isolations phoniques entre les salles, câblages adaptés, amphithéâtres 2.0...)
- Les espaces de circulation extérieure couverts, fragilisés, seront rénovés.

Une des contraintes du chantier à venir est l'accueil constant de public. Si les laboratoires sont accessibles aux chercheurs toutes l'année (avec des périodes creuses), les espaces d'enseignement restent très fréquentés de septembre à mai. Les travaux devront donc être parfaitement séquencés de telle sorte à ce que les aménagements des formations (réorganisation des salles, décalages de TP, prêts d'espaces par d'autres composantes)

ou les mise en pause de laboratoires (bâtiments Da à H) soient les moins impactant et les plus courts possibles.

Ces travaux, qui devront donc se faire en présence de public, impacteront l'activité de nombreuses unités de travail : laboratoires, départements d'enseignement, associations étudiantes, administration, scolarité. Les échanges préparatoires avec les responsables de ces unités seront principalement organisés par la direction de composante et par la responsable du service maintenance et logistique. Ces derniers seront donc les interlocuteurs privilégiés du maître d'œuvre, qui aura par ailleurs l'occasion de rencontrer plus d'acteurs/usagers, lors de réunions ponctuelles.

A terme, l'UFR Sciences, dont les effectifs a priori évolueront peu, montrera un visage modernisé aussi bien dans ses structures (isolation et esthétique des bâtiments, usages éco-respectueux) que dans ses usages (réorganisations fonctionnelles, modernisation des zones d'enseignement, isolations phoniques, relamping, câblages, centralisation de certains usages, optimisation des espaces partagés...).

### 1.2.3 Contexte foncier – Urbanisme et servitudes, capacités des terrains

		UFR SCIENCES
<b>Environnement</b>		
Environnement urbain		Le campus Belle-Beille est localisé à l'Ouest d'Angers. Environnement résidentiel et "éducatif" avec de nombreuses écoles à proximité. Quartier en pleine transformation (programme de renouvellement urbain NPNRU).
Desserte et stationnement	Transport en commun	Desserte limitée malgré l'accès par 3 lignes de bus : 2, 6 et E20. Desserte récente par tramway (Juillet 2023)
	Vélo	Présence de pistes cyclables boulevard Beaussier et boulevard Lavoisier et de quelques voies douces
	Voiture	Desserte suffisante. Stationnement sur le site limité aux personnels. Offre de stationnement publique sur l'avenue.
Offre de restauration		Offre satisfaisante sur site : RU Belle-Beille et Cafet'U L'Escale, Cafet'U Lettres
Hébergements étudiants		4 résidences CROUS sur le campus (1 163 hébergements). Projet de création de 3 résidences universitaires, soit 620 logements, dans le cadre du Plan 60 000 Logements étudiants.
<b>Positionnement de l'UA en matière d'enseignement sup et de recherche</b>		
Proximité géographique avec d'autres établissements		Agrocampus Ouest, ESSCA, ISTOM, etc.
Relation partenariales et stratégiques	COMUE, Association	Angers Le Mans
	Partenariats recherche	INSERM INRAE CNRS
	Partenariats Formation	Multiples

Inscription dans le paysage urbain et le territoire		
	UFR SCIENCES	
	Points forts	Points faibles
Contexte urbain	Contexte urbain en mutation. Campus intégré dans les projets stratégiques : PNRU Ville d'Angers, desserte de la ligne de tram B (Juillet 2023). Socle paysager et géographique d'exception.	Site éloigné du centre-ville (7km). +15 min en voiture / + 20 min en TC, à vélo / +1h à pied.
Vie étudiante	Présence sur le campus d'un bâtiment regroupant les services à l'étudiant (SUIOP-IP), SSU, relais Handicap), des équipements sportifs universitaires, de la BU (1065 places), d'un espace associatif (La Parenthèse)	Vie étudiante peu active. Manque de locaux dédiés aux associations étudiantes. Espace déserté en soirée car fermé. Eloignement des équipements culturels
Locaux innovants mis à disposition des étudiants (fablab, coworking, etc.)	A proximité et sur site, multiplicité des laboratoires de recherche, plateforme technique : MRV, Angers Technopole, Fablab	

### 1.2.4 Description

L'opération, objet du présent dossier, concerne le site occupé par l'UFR SCIENCES sur le campus BELLE-BEILLE. Elle comprend :

- La réhabilitation énergétique complète des bâtiments A à D qui sont les bâtiments les plus anciens, datant des années 1970 : Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE), remplacement des menuiseries extérieures, isolation et étanchéité des toitures terrasses, remplacement des systèmes de ventilation
- Les travaux de mise en conformité de l'accessibilité par la prise en compte du diagnostic Ad'AP
- La réhabilitation intérieure complète du bâtiment D qui abrite les travaux pratiques de physique. Ces locaux n'ont connu aucune réhabilitation depuis les années 1970
- Plusieurs restructurations intérieures :
  - ✓ Aménagement d'une animalerie centralisée au sous-sol du bâtiment A'
  - ✓ Aménagement du rez de chaussée du bâtiment B' à destination des associations étudiantes et du travail collaboratif
  - ✓ Aménagement d'une salle d'innovation pédagogique au RDC du bâtiment A' (en lieu et place des locaux associatifs étudiants actuels).

### 1.2.5 Services concernés ou impactés par le projet

L'UFR SCIENCES comprend actuellement différentes formations de la Licence au Master dans 3 grands domaines : MI (Mathématiques informatiques), MPC (Mathématiques Physique Chimie) ou SVTC (Sciences de la Vie et de la Terre Chimie)

La recherche à l'UFR SCIENCES est très active avec 8 unités de recherche composées par les enseignants-chercheurs.

L'effectif de l'ensemble des formations présentes est de 2600 élèves, qui sont accompagnés par 170 enseignants-chercheurs et enseignants, 180 intervenants professionnels et 80 personnels administratifs et techniques.

### 1.2.6 Echéance de l'opération envisagée/prévue

Les études pré-opérationnelles se sont achevées en septembre 2023 par la livraison du Programme Technique Détaillé.

Le recrutement de la maîtrise d'œuvre est prévu pour la fin de l'année 2023, pour une notification en février 2024. Les études opérationnelles se dérouleront en 2024.

Les travaux sont planifiés à compter du 1<sup>er</sup> trimestre 2025 en vue d'une livraison des locaux réhabilités au 3<sup>ème</sup> trimestre 2026.

## 1.3 Objectifs de l'opération

### 1.3.1 Objectifs fonctionnels

Si la rénovation énergétique de l'UFR SCIENCES est le cœur de ce projet, cette opération répond également aux objectifs suivants :

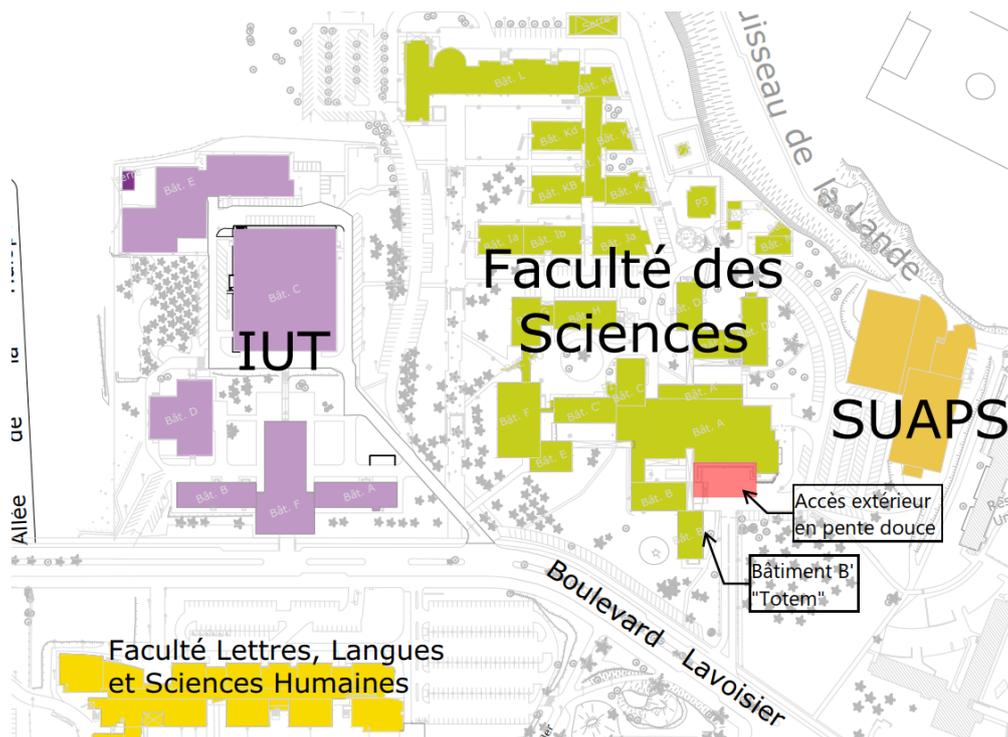
- Organiser les espaces suivants les pôles d'activité :
  - ✓ Regrouper et améliorer les espaces dédiés aux étudiants : RDC du bâtiment B' dédié aux associations étudiantes et au travail collaboratif étudiant et accessible en dehors des horaires d'ouverture de la composante
  - ✓ Concentrer les activités en des lieux plus adaptés : centralisation des animaleries dispersées sur l'ensemble du site au sous-sol du bâtiment A' permettant une gestion optimisée des locaux (température, éclairage, hygrométrie)
- Moderniser l'enseignement :
  - ✓ Améliorer et moderniser les espaces d'enseignements avec des espaces partagés de travail, accessibles aux étudiants dans le bâtiment B'
  - ✓ Moderniser les enseignements en physique par la rénovation intérieure des locaux du bâtiment D et l'aménagement de la toiture terrasse à des fins d'expérimentation aux nouvelles technologies, notamment énergies renouvelables
  - ✓ Aménager une salle d'innovation pédagogique au sein du bâtiment A' (capacité 40 personnes)
  - ✓ Améliorer les flux de circulation dans les salles de travaux pratiques du bâtiment B
- Améliorer l'accessibilité des personnes en situation de handicap :
  - ✓ Permettre la desserte de l'étage du bâtiment B'
  - ✓ Mettre en conformité les cheminements extérieurs
  - ✓ Améliorer l'accès du bâtiment A depuis le parvis
  - ✓ Créer un espace d'attente sécurisée pour le bâtiment D
  - ✓ Mettre en conformité de la banque d'accueil dans le bâtiment A
- Favoriser la mobilité douce
  - ✓ Création d'un abri à vélo sécurisé (25 places).

### 1.3.2 Objectifs architecturaux

Les principaux travaux qui seront opérés à la Faculté de SCIENCES seront des travaux de réhabilitation énergétique qui permettront de retravailler l'ensemble de l'enveloppe des bâtiments. Ainsi les bâtiments A à D se pareront d'une nouvelle peau qui permettra d'améliorer l'image de la Faculté et une rénovation des éléments de façades.

Une volonté forte de la composante est de mettre un accent plus important au niveau architectural sur le bâtiment B'. En effet ce bâtiment, qui sera en parti dédié aux étudiants, est le plus visible depuis le boulevard de Lavoisier et deviendra alors le bâtiment « totem » de la Faculté des SCIENCES.

Une refonte de l'accès au bâtiment A est également prévue afin de permettre un accès en pente douce sur la totalité de la façade.



### 1.3.3 Objectifs énergétiques et environnementaux

L'Université d'Angers est engagée dans une politique de construction durable et de qualité environnementale à travers ses projets de construction récentes, sa stratégie d'exploitation et son système de management de l'énergie dans une démarche de type ISO 50001.

Les objectifs de la présente opération sont :

- Limiter les consommations d'énergie et les dépenses associées
- Limiter les émissions de gaz à effet de serre
- Assurer un confort d'utilisation pour les usagers
- Intégration de matériaux biosourcés et/ou géosourcés
- Maximiser l'usages des surfaces de toiture par végétalisation et déploiement ultérieur de production d'électricité d'origine photovoltaïque.

Les leviers réglementaires pour atteindre ces objectifs sont :

- la Réglementation Thermique dans l'Existant
- le décret Tertiaire – Dispositif « Eco énergie tertiaire »
- le décret « BACS » ou « Building Automation & Control Systems » du 20 juillet 2020.

Les objectifs énergétiques de réduction des consommations correspondent a minima aux niveaux d'exigence sur les performances énergétiques et environnementales du document de mise en œuvre du Fonds Européen de Développement Régional (FEDER) relatif à la rénovation énergétique des établissements d'enseignement supérieur et de recherche :

- Un gain minimal de 50% sur la performance énergétique globale du site ou une consommation théorique maximale de 110 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>shon/an
- Les émissions de gaz à effet de serre du projet ne devront pas augmenter et devront être strictement inférieures à 20 kgeqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SHON.an
- Un gain minimal de 52 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>.an conformément à la RT existante.

Une étude énergétique selon la méthode TH-C-E-EX 5 usages avec visite sur site préalable a été réalisée lors des études de programmation.

### Objectifs du projet :

Outre les objectifs énergétiques et exigences définis par la réglementation thermique et le cadre de mise en œuvre du FEDER, la maîtrise d'ouvrage a défini les objectifs énergétiques suivants :

Objectifs par bâtiment après travaux - calcul réglementaire Th-C-E Ex	
Bâtiment	Cep max (kWh EP/m <sup>2</sup> SHON)
A	50
A'	50
B	70
B'	50
C	70
C'	50
D	60

### 1.3.4 Objectifs exploitation maintenance

L'Université d'Angers a établi une liste d'équipements et de matériaux permettant de favoriser les économies d'énergie et de faciliter la maintenance ainsi que les coûts associés, tel que mentionné dans le Programme Technique Détaillé.

Le bâtiment sera doté d'une supervision permettant le suivi des données de comptage selon les usages, et nécessaires à la régulation, la programmation et l'optimisation. Ce système permettra également la détection des défauts et la génération d'alarmes.

La sécurité du bâtiment sera prise en compte par le déploiement d'un contrôle d'accès, en extension du système déployé sur l'Université d'Angers.

## 1.4 Données juridiques

L'immeuble sis 2, boulevard Lavoisier 49045 ANGERS Cedex 01 et dénommé FACULTE DES SCIENCES est mis à disposition par l'Etat au profit de l'Université d'Angers par la voie de convention d'utilisation n° 049-2021-0018.

L'immeuble est édifié sur la parcelle cadastrée IS 15 d'une superficie de 60 070 m<sup>2</sup>. Ce site est immatriculé au référentiel immobilier de l'État CHORUS RE-FX sous le numéro 162683.

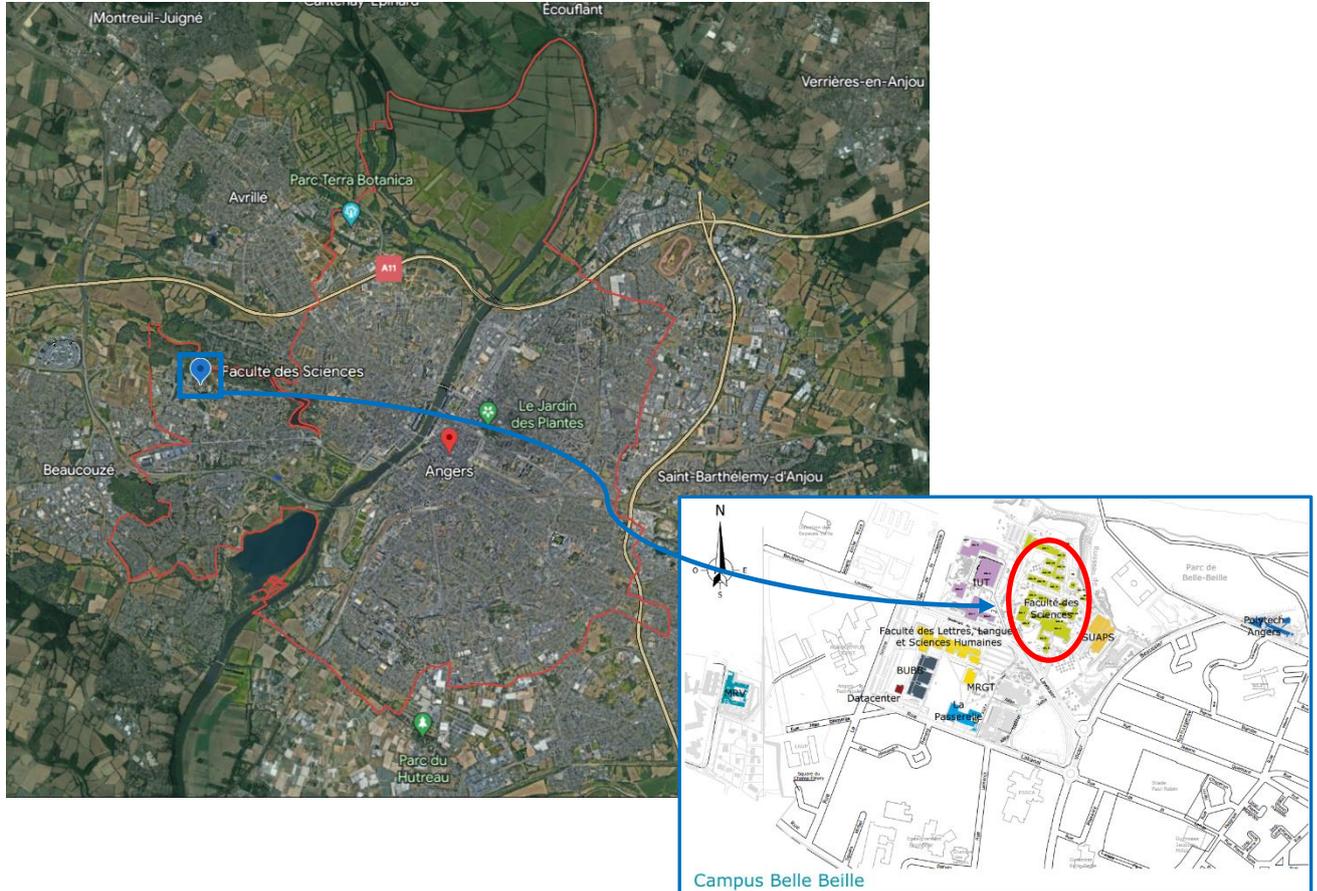
Le site comprend plusieurs ensembles de bâtiments. Les ensembles qui nous intéressent pour le projet sont les suivants :

- SCIENCES – BAT A B C E F G H – n° CHORUS 375181
- SCIENCES D Da Db – n° CHORUS 375184

## 2. LA SITUATION ACTUELLE

### 2.1 Panorama de l'existant

#### 2.1.1 Situation géographique



L'Université d'Angers se compose de 3 campus répartis sur la ville d'Angers : le campus Saint-Serge, le campus Santé et le campus Belle-Beille. La Faculté des Sciences est localisée sur le campus Belle-Beille à l'Ouest de la ville au cœur d'un site très arboré.

#### 2.1.2 Surface à disposition

Paramètres	Catégories	Situation SCIENCES - BAT A B C E F G H		Situation SCIENCES - D Da Db	
		SUN	SUB	SUN	SUB
Numéro Chorus du/des bâtiment(s)		162683/375181		162683/375184	
<b>Occupation</b>					
Statut juridique		Domanial		Domanial	
<b>Surfaces</b>		<b>SUN</b>	<b>SUB</b>	<b>SUN</b>	<b>SUB</b>
	Administration		982		0
	Enseignement		4313		1011
	Recherche		2479		1076
	Autres		4538		472
	<b>Total</b>	3334	<b>12312</b>	727	<b>2559</b>
m <sup>2</sup> SBA (surface de bureaux aménageable)		<b>10186</b>		<b>2284</b>	

### 2.1.3 Effectifs pour l'année universitaire 2022 – 2023

Paramètres	Catégories	Situation	
		SCIENCES - BAT A B C E F G H	SCIENCES – BAT D Da Db
Effectifs / Postes de travail (PdT) (L)	Pour activité « Administration » (L)	Postes de travail	Postes de travail
	ETPT Enseignants chercheurs et assimilés	60	25
	Agents / BIATSS	60	7
	Chercheurs hébergés	0	0
	<b>Total</b>	<b>120</b>	<b>32</b>
<b>Effectifs étudiants inscrits à l'UFR Sciences pour l'année universitaire 2022-2023</b>			
	Formation initiale (y compris alternance et apprentissage)	2371	
	Formation continue	54	
	<b>Total</b>	<b>2425</b>	
<b>Taux d'occupation (L)</b>	<b>Pour activité « Administration » (L)</b>		
Pour BIATSS	Ratio SBA/Sub	$10186/12312=0.83$	$2284/2559=0.892$
Pour BIATSS	Ratio Sub/PDT	$12312/120=103$	$2559/32=79.97$
Pour BIATSS	Ratio SBA/PDT	$10186/120=84.88$	$2284/32=71.38$
Autres données	Surface d'archives (en m <sup>2</sup> )	75	0
	Emplacements de stationnement (nombre)	119	30
	Surface du restaurant inter-entreprises ou inter-administrations (en m <sup>2</sup> ) le cas échéant	x	x

### 2.1.4 Coût annuel et ponctuel

Paramètres immobilier	Catégories	Situation		Total
		BAT A B C E F G H	BAT D Da Db	
Coût récurrent annuel	Année de référence 2022	644 092 €	135 714 €	779 806 €
Dont charge de fonctionnement énergétique (électricité – chauffage)	Année de référence 2022	219 213 €	46 167 €	265 380 €
Coût ponctuel (dépenses moyenne / 10 ans)		1 280 000 €		1 280 000 €
	Dont travaux d'aménagement	1 000 000 €		
	Dont travaux de GER	280 000 €		

## 2.2 Difficultés et inadaptations des locaux actuels

Les bâtiments A à D de l'UFR Sciences ont été construits dans les années 1970 (sauf bâtiment A' en 1990) et n'ont jamais bénéficié de travaux d'amélioration au niveau du bâti. Ils sont donc peu performants au niveau énergétique :

- Majorité de murs extérieurs non isolés ;
- Toitures et planchers bas faiblement isolés ;
- Beaucoup de menuiseries anciennes et peu performantes (majorité de simples vitrages et doubles vitrages peu performants) ;

Cette faible performance est la source d'un grand inconfort thermique pour les utilisateurs de la Faculté de Sciences avec des bâtiments énergivores en hiver et en surchauffe l'été.

De plus si plusieurs bâtiments ont bénéficié de rafraîchissements ou de restructurations intérieures, le bâtiment D n'a jamais été traité et tous les équipements sont donc d'origine et vétustes (menuiseries simples vitrages, réseaux, paillasses de travaux pratiques...). Une restructuration totale est donc importante pour ce bâtiment.

Un diagnostic accessibilité a été réalisé en 2009 avec des prescriptions à réaliser pour permettre l'accessibilité des Personnes en Situation de Handicap. Sur la base de ce diagnostic un certain nombre de prescriptions ont été réalisées mais le diagnostic n'a pas été purgé. Cette mise en conformité pourra s'accompagner des travaux complémentaires d'amélioration de l'accessibilité :

- Création d'un ascenseur au bâtiment B' afin de permettre l'accès PMR aux salles de TP de biologie
- Reprise des cheminements extérieurs
- Modification du parvis du bâtiment A afin de supprimer les 3 marches qui le sépare du hall d'accueil principal de l'établissement.

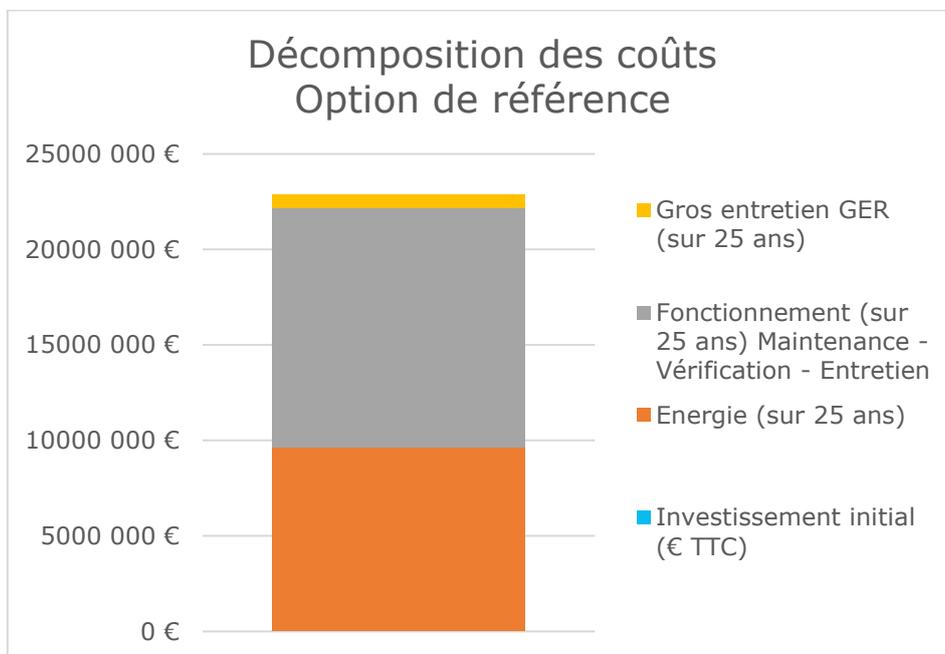
## 2.3 Etat des lieux de la performance énergétique

	<b>Faculté de SCIENCES Bâtiments A, A', B, B', C, C', D, Da, Db, E, F, G, H</b> <b>Moyenne sur 3 ans (2019 à 2021)</b>
<b>Mode de Chauffage</b>	Réseau de chaleur urbain (RCU)
<b>Consommation chauffage (kWh PCI)</b>	1 484 665
<b>Consommation électricité (kWh Elec)</b>	1 235 395
<b>kWhEP Total</b> 1 kWh PCI = 1 Kwh EP 1 kWh électrique= 2,58 kWh EP	4 671 985
<b>kWhEP/m<sup>2</sup> SHON</b>	280
<b>Téq CO2</b>	196,4
<b>Kgéq CO2/m<sup>2</sup> SHON</b>	11,8
<b>Coûts TTC chauffage + électricité (€)</b>	267 550 €

## 2.4 La situation future du site sans projet (« option de référence »)

En l'absence de projet, le maintien de la situation actuelle sur les bâtiments A à H amènera sur le moyen et le long terme à accroître les problématiques d'inconfort des usagers et de consommations énergétiques.

La programmation d'opérations d'optimisation énergétique et d'amélioration de l'accessibilité devront être envisagées :



	Option de référence "Sans travaux"
Investissement initial (€ TTC)	0 €
Energie (sur 25 ans)	9 650 900 €
Fonctionnement (sur 25 ans) Maintenance - Vérification - Entretien	12 510 800 €
Gros entretien GER (sur 25 ans)	700 000 €
<b>TOTAL (€ TTC)</b>	<b>22 861 700 €</b>
Valorisation du site	<b>X</b>

### 3. PRESENTATION DES DIFFERENTS SCENARIOS ETUDIÉS

La phase de programmation du CPER de Rénovation énergétique de l'UFR Sciences s'est déroulée en plusieurs étapes afin de déterminer le scénario préférentiel en cohérence avec le budget, l'état des bâtiments et les besoins des utilisateurs.

Phase préprogramme :

- Audit énergétique des bâtiments A à H (construits des années 1970 au milieu des années 1990, voir image ci-dessous) selon la méthode TH-C-E-EX 5
- Collecte des besoins utilisateurs sur les bâtiments A à H
- Chiffrage des travaux



La phase de préprogrammation a mis en évidence les besoins suivants :

- Rénovation énergétique des bâtiments A à H : rénovation de l'enveloppe extérieure
- Rénovation intérieure du bâtiment D
- Aménagement du RDC du bâtiment B' à destination des associations étudiantes
- Aménagement d'une animalerie centralisée au sous-sol du bâtiment A'
- Aménagement de l'ancien logement de fonction du bâtiment A en PC sécurité pour la société de gardiennage de l'Université pour l'ensemble du campus de Belle-Beille
- Aménagement de 2 salles d'innovation pédagogique dans le bâtiment A'

A l'issue de l'étape préprogramme la maîtrise d'ouvrage a resserré le spectre d'étude aux bâtiments A à D qui sont les + anciens (années 70) et donc les plus énergivores et qui demandent également des aménagements fonctionnels.

Phase programme :

- Affinage des besoins utilisateurs et des contraintes d'exploitation/maintenance, réseaux et sécurité des bâtiments
- Chiffrage des travaux

La phase programme a permis d'établir un scénario privilégié détaillé dans le §3.2 ci-dessous.

### **3.1 Les différents scénarios non retenus**

**Scénario 1 (retenu) ou scénario privilégié :**

- Rénovation énergétique des bâtiments A, A', B, B' et D
- Mise en conformité accessibilité des bâtiments A, A', B, B' et D
- Rénovation intérieure du bâtiment D
- Création d'une animalerie centralisée au sous-sol du bâtiment A'

**Scénario 2 (non retenu) : Scénario 1 + options bâtiments C et C' :**

- Rénovation énergétique des bâtiments C et C'
- Mise en conformité accessibilité des bâtiments C et C'

**Scénario 3 (non retenu) : Scénario 1 + options restructurations fonctionnelles :**

- Aménagement RDC du bâtiment B' à destination des associations étudiantes
- Aménagement de 2 salles d'innovation pédagogique dans le bâtiment A'

### **3.2 Le scénario privilégié**

#### **3.2.1 Présentation du scénario privilégié et argumentaire**

La Faculté des Sciences est composée d'un ensemble de bâtiments de A à L entre les années 1968 et 2000, construits par phases successives et qui sont principalement dédiés à l'enseignement et à la recherche. Les bâtiments les plus anciens et donc les plus énergivores sont les bâtiments identifiés en rouge construits dans les années 1970 (voir §3. Présentation des différents scénarios étudiés, ci-avant).

La phase programmation avec l'audit énergétique et l'audition des utilisateurs a permis d'identifier un périmètre de projet cohérent avec l'enveloppe financière inscrite au CPER.

**Scénario privilégié :**

- Rénovation énergétique des bâtiments A, A', B, B' et D
- Mise en conformité accessibilité des bâtiments A, A', B, B' et D

- Rénovation intérieure du bâtiment D
- Création d'une animalerie centralisée au sous-sol du bâtiment A'

### 3.2.2 Estimation des consommations futures

La réhabilitation énergétique sera réalisée suivant la Règlementation Thermique Existant (RT « Existant »).

Site	N° REFX	SUB (m <sup>2</sup> )	Conso énergétique primaire	Facture	GES
			kWhep/an	€ TTC	TeqCO <sub>2</sub> /an
<b>Situation existante</b> (Ensemble de bâtiments A à H)					
Sciences – BAT A B C E F G H	162683/375181	14 871	4 671 985	267 550 €	196,4
Sciences – BAT D Da Db	162683/375184				
<b>Scénario privilégié</b>					
Sciences – BAT A B C E F G H	162683/375181	14 871	3 688 146	210 217 €	138,9
Sciences – BAT D Da Db	162683/375184				

### 3.2.3 Dimensionnement du projet

Paramètres	Catégories	Situation		Situation	
		SCIENCES - BAT A B C E F G H		SCIENCES - BAT D Da Db	
Numéro Chorus du/des bâtiment(s)		162683/375181		162683/375184	
<b>Occupation</b>					
Statut juridique		Domanial		Domanial	
<b>Surfaces</b>		<b>SUN</b>	<b>SUB</b>	<b>SUN</b>	<b>SUB</b>
	Administration		982		0
	Enseignement		4313		1011
	Recherche		2479		1076
	Autres		4538		472
	<b>Total</b>	3334	<b>12312</b>	727	<b>2559</b>
m <sup>2</sup> SBA (surface de bureaux aménageable)		<b>10186</b>		<b>2284</b>	
<b>Effectifs / Postes de travail (PdT) (L)</b>	<b>Pour activité « Administration » (L)</b>	<b>Postes de travail</b>		<b>Postes de travail</b>	
	ETPT Enseignants chercheurs et assimilés	60		25	
	Agents / BIATSS	60		7	
	Chercheurs hébergés	0		0	
	<b>Total</b>	<b>120</b>		<b>32</b>	
<b>Effectifs étudiants inscrits à l'UFR Sciences pour l'année universitaire 2022-2023</b>					
	Formation initiale (y compris alternance et apprentissage)	2371			
	Formation continue	54			
	<b>Total</b>	<b>2425</b>			
<b>Taux d'occupation (L)</b>	<b>Pour activité « Administration » (L)</b>				
Pour BIATSS	Ratio SBA/Sub	$10186/12312=0.83$		$2284/2559=0.892$	
Pour BIATSS	Ratio Sub/PDT	$12312/120=103$		$2559/32=79.97$	
Pour BIATSS	Ratio SBA/PDT	$10186/120=84.88$		$2284/32=71.38$	
Autres données	Surface d'archives (en m <sup>2</sup> )	75		0	
	Emplacements de stationnement (nombre)	119		30	
	Surface du restaurant inter-entreprises ou inter-administrations (en m <sup>2</sup> ) le cas échéant	x		x	

### 3.2.4 Performances techniques spécifiques

Etat réglementaire et technique	Données / Observations	Date
Construction du bâtiment	Construction puis plusieurs phases d'extension	1969 : Bât. A, B, B', C, D 1973 : Bât. C' et Da 1990, 1991 et 1992 : 3 phases d'extension du bât. A
ERP	Ensemble A, A', B, B', C, C', E, F, G, H : Type R - W - U 1 <sup>ère</sup> catégorie Ensemble D, Da, Db : Type R 3 <sup>ème</sup> catégorie	
Caractéristique IGH	Non	
Diagnostic amiante ou DTA	Présence d'amiante : Oui mais sans risque (Conduits d'aération bâtiments A, B, B' et D)	DTA de 2007
Diagnostic thermique	Audit énergétique (TH-C-E-EX 5)	2023
Diagnosics complémentaires	Diagnostic des façades	2011
Autres	Néant	Néant

Le projet satisfera à un niveau de performance aux standards en matière de restructuration. L'ensemble des nouveaux espaces répondra aux normes en matière de charge d'exploitation ou d'exigences sanitaires, et des exigences spécifiques de performances énergétiques et environnementales.

### 3.2.5 Traitement des réseaux et branchements

Les réseaux en place ne feront l'objet d'aucune modification.

Le projet n'occasionnera aucun nouveau branchement sur les réseaux des concessionnaires.



## **3.4 Procédures, risques, données financières, conduite du scénario privilégié**

### **3.4.1 Choix du mode de réalisation et de la procédure**

Le projet fera l'objet de marchés publics et suivra les indications du code de la commande publique lié à la maîtrise d'ouvrage publique et à la maîtrise d'œuvre privée (Art. L. 2410-1 à Art.L.2432-2).

Le recrutement du maître d'œuvre sera réalisé suivant la procédure avec négociation. La mission de maîtrise d'œuvre privée sera conforme aux Art. L. 2430-1 à Art. L .2432-2 et comprendra notamment :

- En phase conception :
  - ✓ Les études préliminaires,
  - ✓ Les études de diagnostic,
  - ✓ Les études d'esquisse,
  - ✓ Les études d'avant-projet,
  - ✓ Les études de projet,
  - ✓ L'assistance à la maîtrise d'ouvrage pour la passation des marchés de travaux
- En phase d'exécution :
  - ✓ Les études d'exécution ou l'examen de leur conformité au projet et le visa de celles qui ont été faites par les opérateurs économiques chargés des travaux,
  - ✓ La direction de l'exécution des marchés de travaux,
  - ✓ L'ordonnancement, le pilotage et la coordination du chantier,
  - ✓ L'assistance à la maîtrise d'ouvrage lors des opérations de réception et pendant la période de garantie de parfait achèvement.

La consultation des marchés des travaux sera prévue en appel d'offres ouvert suivant la procédure du code de la commande publique.

## 3.4.2 Analyse des risques

Nature du risque	Caractérisation précise	Impact sur les coûts	Impact sur les délais	Probabilité	Mesure de maîtrise ou de réduction	Pilotage du risque
<b>Phase conception</b>						
Mise en place du financement	Manque de financement, approvisionnement de différentes sources	Important	Important	Faible	Enveloppe définie dans le cadre du CPER 21/27	Rectorat de Nantes (MOA)
Concours de maîtrise d'œuvre	Besoin de négociation ou d'affinement du projet en cours de consultation	Moyen	Moyen	Faible	Prévoir un temps de consultation suffisamment long	Rectorat de Nantes (MOA)
Maîtrise du foncier	Les bâtiments et la parcelle touchés par le projet font partie du patrimoine domanial de l'UA	Très faible	Très faible	Très faible	Le projet ne comprend pas d'agrandissement et reste dans les limites parcellaires	Etat
<b>Prévention aléas techniques spécifiques</b>						
Plomb	Possibilité de plomb dans le bâtiment eu égard à la date de construction du bâtiment	Faible	Faible	Très faible	Cerner sur zones d'intervention les différents matériaux (!\ aux matériaux "cachés")	Rectorat de Nantes (MOA)
Sols	Retard ou non anticipation des dévoiements de réseaux	Faible	Faible	Très faible	Le projet n'impact pas les réseaux, le cas échéant anticipation des opérations	Rectorat de Nantes (MOA)
Amiante	Possibilité d'amiante dans le bâtiment eu égard à la date de construction du bâtiment	Moyen	Moyen	Faible	Cerner sur zones d'intervention les différents matériaux (!\ aux matériaux "cachés")	Rectorat de Nantes (MOA)
Radon	Possibilité de radon eu égard à l'implantation du bâtiment dans la zone suivant le décret préfectorale	Faible	Faible	Très faible	Effectuer les mesures nécessaires avant les travaux	Rectorat de Nantes (MOA)
<b>Prévention des aléas techniques particuliers</b>						
Site occupé	Prévision de l'occupation du site erronée, difficulté à estimer la présence des utilisateurs sur site	Moyen	Moyen	Moyen	Communication en amont avec les utilisateurs, repérage des périodes denses et faible	Rectorat de Nantes (MOA)/ UA / MOE
Fouilles archéologiques	Découverte fortuite de vestige archéologique	Très faible	Très faible	Très faible	Le projet ne prévoit pas de construction neuve	Rectorat de Nantes (MOA)
Monument historique	Non-respect du cahier des charges des monuments historiques de proximité (façade, élévation, etc.)	Très faible	Très faible	Très faible	Prise en compte des directives monuments historiques à proximité, contact et avis de la direction des monuments historique à prévoir	Rectorat de Nantes (MOA)/ MOE
Retard ou recours contre les autorités administratives	Délais d'instruction ou observation sur PC	Faible	Faible	Très faible	Réunion préparatoire avec les services instructeurs	Rectorat de Nantes (MOA)/ MOE
Evolution de la demande susceptible d'avoir un impact sur le besoin en locaux	Évolution des besoins fonctionnels	Faible	Faible	Faible	Utilisateurs consultés à chaque phase depuis la définition des besoins et jusqu'à la réception	Rectorat de Nantes (MOA)/ UA / MOE

Nature du risque	Caractérisation précise	Impact sur les coûts	Impact sur les délais	Probabilité	Mesure de maîtrise ou de réduction	Pilotage du risque
<b>Phase Travaux</b>						
Difficulté dans la passation des marchés	Prix au-dessus de l'enveloppe travaux	Important	Important	Moyen	Intégration d'une marge de coût de l'opération pour pallier l'augmentation de prix des matériaux	Rectorat de Nantes (MOA)
Difficultés dans les travaux causées par les entreprises ou la maîtrise d'ouvrage (retards, défaillances, modification du programme, autre)	Défaillance des titulaires du marché de travaux	Moyen	Très important	Moyen	Application de pénalités dissuasives Prendre en considération le temps rallongé d'approvisionnement, avoir une planification le plus en amont possible Mission OPC	MOA, MOE, OPC et entreprises
	Respect du programme	Moyen	Faible	Faible	Intégrer les utilisateurs à la conception, assurer le respect du programme	MOA, MOE, UA
Découvertes non anticipées au niveau du sol ou des bâtiments	Découverte fortuite de vestige archéologique ou d'un sous-sol particulier	Très important	Très important	Très faible	Le projet ne prévoit pas de construction neuve et les surcharges d'exploitation restent identiques aux surcharges actuelles.	Rectorat de Nantes (MOA)
Aléas inhérents au déroulement du chantier (climat, sinistre, autre)	Intempérie et sinistre	Faible	Faible	Faible	Forfaitisation d'un nombre de jour intempérie	MOA, MOE, OPC, entreprises

Nature du risque	Caractérisation précise	Impact sur les coûts	Impact sur les délais	Probabilité	Mesure de maîtrise ou de réduction	Pilotage du risque
<b>Phase Exploitation</b>						
Dérive des coûts d'exploitation et/ou des performances des ouvrages	Dérive des dépenses énergétiques	Faible	Sans objet	Faible	Déploiement d'une GTC et de comptage énergie permettant un suivi d'exploitation et de consommation énergétique	UA

## 3.5 Coûts et soutenabilité du projet

### 3.5.1 Coût du projet

#### 3.5.1.1 Coûts d'investissement

Les coûts d'investissement, estimés à 8 millions d'euro par le programmiste se décompose comme suit :

- Coût des travaux (HT) : 4 948 910 €
- Coût de l'opération (Toutes Dépenses Confondues) : 7 980 703 €
- Assujettissement de l'opération à la TVA :
  - ✓ Assujettissement à la TVA : oui

Le coût de l'opération est détaillé dans le tableau « Estimation financière » en Annexe 1

Pour cette opération immobilière du CPER, il n'est pas prévu sur le coût global de l'opération la prise en charge des dépenses annexes de premiers équipements et de déménagements nécessaires. Ces coûts sont à prévoir par les utilisateurs dans leur budget.

#### 3.5.1.2 Coûts de fonctionnement actuel

Les coûts de fonctionnement pour l'année 2022 sont répertoriés dans le tableau suivant :

<b>Coûts de fonctionnement actuel</b>		
<b>Bâtiments</b>	<b>Bâtiments A, A', B, B', C, C', E, F, G, H</b>	<b>Bâtiments D, Da et Db</b>
SUB (m <sup>2</sup> )	12 312 m <sup>2</sup>	2 559 m <sup>2</sup>
Charges de fonctionnement (Maintenance - Vérification - Entretien) € TTC	413 357 €	87 075 €
Assurances € TTC	4 543 €	957 €
Consommation énergétique € TTC	219 213 €	46 167 €
Consommation eau € TTC	6 979 €	1 515 €
<b>Coût total par ensemble de bâtiments € TTC</b>	<b>644 092 €</b>	<b>135 714 €</b>
<b>Coût total € TTC</b>	<b>779 806 €</b>	

Le coût de fonctionnement moyen s'élève donc à 52,4 € TTC / m<sup>2</sup>.

### 3.5.1.3 Coûts de fonctionnement prévisionnels

La présente opération de rénovation énergétique a pour objectif de réduire les coûts de fonctionnement liés aux consommations énergétiques par rapport à l'existant.

L'étude du détail des charges d'exploitation comparées (actuelles et prévisionnelles) fait apparaître une réduction de 7% des dépenses au terme de la réhabilitation pour les deux ensembles immobiliers.

<b>Coûts de fonctionnement prévisionnels à l'issue de l'opération</b>		
<b>Bâtiments</b>	<b>Bâtiments A, A', B, B', C, C', E, F, G, H</b>	<b>Bâtiments D, Da et Db</b>
SUB (m <sup>2</sup> )	12 312 m <sup>2</sup>	2 559 m <sup>2</sup>
Charges de fonctionnement (Maintenance - Vérification - Entretien) € TTC	413 357 €	87 075 €
Assurances € TTC	4 543 €	957 €
Consommation énergétique € TTC	210 217 €	
Consommation eau € TTC	6 979 €	1 515 €
<b>Coût total € TTC</b>	<b>724 643 €</b>	

### 3.5.2 Financement du projet

Ce projet s'inscrit dans le cadre du Contrat Plan Etat Région 21/27, pour un financement inscrit à hauteur de 8 millions d'euros dont la répartition est la suivante :

Etat	3 000 k€
Région Pays de la Loire	900 k€
Angers Loire Métropole	900 k€
FEDER estimé	3 200 k€

### 3.5.3 Déclaration de soutenabilité

Le scénario retenu est en adéquation avec l'enveloppe de 8 M€ du projet CPER 21/27 de Réhabilitation énergétique de la faculté de SCIENCES. Les scénarios 2 et 3 évoqués supra présentent des besoins en complément de réhabilitation énergétique et de restructurations fonctionnelles qui sont en dépassement d'enveloppe. Ces options pourraient être partiellement financées par la valorisation par l'Université d'Angers de Certificats d'Économies d'Énergies issus des travaux inscrits au CPER 21/27 SCIENCES et/ou toute autre opportunité de financement du type Programme 348 - appel à projet Transition environnemental 2024.

Cette opération visant l'amélioration énergétique, les coûts de fonctionnement supportés par l'Université d'Angers pour les bâtiments rénovés n'occasionneront pas une charge supplémentaire.

## **3.6 Organisation de la conduite de projet**

### **3.6.1 Organisation de la maîtrise d'ouvrage**

La maîtrise d'ouvrage est assurée par le Rectorat de l'académie de Nantes. La conduite d'opérations sera réalisée par le service des constructions universitaires.

### **3.6.2 Principes d'organisation**

Le Rectorat de l'académie de Nantes conduit l'opération dans le cadre de la maîtrise d'ouvrage confiée par l'Etat.

A ce titre il pilote les études, la passation des marchés et la réalisation de l'ouvrage.

Il est en charge de programmer et d'animer les comités techniques et les comités de pilotage avec les représentants des co-financeurs et du bénéficiaire.

En sa qualité de futur exploitant et gestionnaire du site, l'Université d'Angers participera à l'ensemble des phases de l'opération.

### **3.6.3 Prestations externalisées**

L'Etat, en tant que maître d'ouvrage pressenti, sera accompagnée par un assistant à maîtrise d'ouvrage en charge de veiller au respect du programme jusqu'à la phase avant-projet.

### **3.6.4 Planning prévisionnel de l'opération**

Le planning proposé est issu du calendrier établi dans le cadre des études de programmations :

<b>Calendrier prévisionnel</b>	<b>Date ou période</b>
Validation des études de programmation/faisabilité	Octobre 2023
Lancement du recrutement de maîtrise d'œuvre	Octobre 2023
Fin des études de conception (admission APD)	2 <sup>ème</sup> trimestre 2024
Dépôt de la demande de permis de construire	2 <sup>ème</sup> trimestre 2024
Notification des marchés de travaux	4 <sup>ème</sup> trimestre 2024
Lancement des travaux	1 <sup>er</sup> trimestre 2025
Fin des travaux-Livraison	Rentrée 2026

# Annexes

Annexe 1 : Estimation financière

Annexe 2 : Programme fonctionnel et technique– Septembre 2023

Annexe 3 : Audit énergétique – Septembre 2027

Annexe 4 : Outil de simulation et d'analyse financière (OSAF)

## ANNEXE 1 : Estimation financière

Etablissement : Université d'Angers			
Intitulé de l'opération : CPER 21-27 Réhabilitation énergétique Faculté de Sciences			
Budget global de l'opération			
01/09/2023		Phase programmation	
<b>1</b>	<b>TRAVAUX :</b>	<b>Estimation du montant</b>	<b>Montant (H.T. €)</b>
1.1	Restructuration (rénovation énergétique)		4 948 910 €
1.3	Provision pour fondations spéciales, démolitions, désamiantage		- €
1.4	Aménagements extérieurs	Inclus	- €
1.5	Dévoisement de réseaux		- €
		<b>Total 1</b>	<b>4 948 910 €</b>
<b>2</b>	<b>HONORAIRES :</b>		
2.1	Etudes préalables(état des lieux, faisabilité, PTD, analyse concours, suivi AVP)		- €
2.2	Diagnostics (DAAT, structures, plomb, réseaux, radon ...)		73 000 €
2.3	Assistance à MOA		45 600 €
2.4	Concours (base 4 concurrents, 3 indemnités ESQ-20%= montant hono*4% - 20%)	Indemnités groupements non lauréats (x2)	14 800 €
2.5	Maîtrise d'œuvre (coordination SSI incluse) - 12 à 14%	12,0%	593 869 €
2.6	Missions MOE complémentaires (DIA/REL, EXE, CEM, MOB, SIGN ... ) - 0 à 6%		- €
2.7	OPC - 1,2 à 1,8%	1,2%	59 387 €
2.8	Coordination SPS - 0,5 à 0,8%	0,8%	39 591 €
2.9	Contrôle technique - 0,5 à 1%	1,0%	49 489 €
2.10	Contrôles étanchéité à l'air	Inclus	
		Sous-total 2	875 737 €
		<b>Total 1+2</b>	<b>5 824 647 €</b>
<b>3</b>	<b>TOLERANCES ET PROVISIONS :</b>		
3.1	Tolérance phase ESQ/APS/APD		- €
3.2	Provision pour dévolution des travaux		- €
3.3	Tolérance coût de réalisation (marchés/fin des travaux)		- €
3.4	Provision pour aléas et imprévus, y compris avenant MOE	5,0%	291 232 €
3.5	Provision pour révisions des prix travaux (4%/an)	8,0%	395 913 €
3.6	Provision pour révisions des prix de l'ingénierie (2%/an)	6,0%	52 544 €
		Sous-total 3	739 689 €
		<b>Total 1+2+3</b>	<b>6 564 336 €</b>
<b>4</b>	<b>EQUIPEMENTS :</b>		
	1er équipement	forfait	- €
		Sous-total 4	- €
		<b>Total 1+2+3+4</b>	<b>6 564 336 €</b>
<b>5</b>	<b>AUTRES DEPENSES :</b>		
5.1	Reprographie, publicité, jury	forfait	3 500 €
5.2	Huissier, assurance DO, CCRD	forfait	61 250 €
5.2	1% artistique	1,0%	- €
5.3	Divers, raccordements	forfait	21 500 €
			86 250 €
		<b>Total 1+2+3+4+5</b>	<b>6 650 586 €</b>

Surface terrain (m²)	60700	<b>Budget hors foncier € HT</b>	<b>6 650 586 €</b>
Surface utile réhabilité ou construit (SU) (m²)	14871	<b>Taux TVA</b>	<b>20%</b>
Surface de plancher (SP) (m²)		<b>Budget global € TTC</b>	<b>7 980 703 €</b>
		<b>Financement € TTC</b>	<b>8 000 000 €</b>
Ratio SP/surface utile		<b>Ecart TTC</b>	<b>19 297 €</b>
Coût total TTC hors foncier/m²SU	537 €	<b>Budget TTC/travaux HT</b>	<b>1,61</b>
Coût total TTC hors foncier /m²SP		<i>(hors foncier)</i>	



# RECTORAT DE L'ACADEMIE DE NANTES



## Faculté des sciences d'Angers Rénovation énergétique

### PROGRAMME FONCTIONNEL ET TECHNIQUE



Ce projet est financé dans le cadre du contrat de plan État-Région Pays de la Loire et par le fonds européen de développement régional.

# Table des matières

I. INTRODUCTION.....	3	VI. PROJET.....	33
II. PREAMBULE .....	4	1. Objectif .....	33
III. ACTEURS DU PROJET.....	5	2. Découpage des travaux .....	34
IV. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE.....	6	3. Enjeux .....	34
1. Contexte général .....	6	a. Financement FEDER .....	34
2. Dessertes, accès et stationnement.....	7	b. Travaux en site occupé .....	35
3. Reportage photo .....	8	c. Planning .....	36
4. Contraintes et exigences.....	10	d. Autres opération de l'UA .....	36
a. Contraintes réglementaires .....	10	4. Objectifs énergétique.....	37
b. Risques naturels et technologiques.....	11	a. Performance souhaitée.....	37
c. Climatologie.....	12	b. Etudes à mener.....	37
d. Réseaux .....	12	5. Expression des besoins.....	38
V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS.....	13	a. Amélioration thermique.....	38
1. Affectation des locaux.....	13	b. Sécurisation des accès en toiture .....	38
2. Surfaces des existants .....	23	c. Mise en accessibilité PSH .....	38
3. Diagnostic technique.....	26	d. Restructuration intérieure .....	39
4. Diagnostic énergétique.....	28	e. Autres travaux extérieurs .....	42
a. Généralités.....	28	6. Surfaces théoriques.....	43
b. Etat des lieux.....	29	7. Schémas fonctionnels.....	49
c. Analyse du bâti – Déperdition et RT existant.....	30	VII. SPECIFICATIONS TECHNIQUES.....	57
d. Consommations et coûts.....	31	1. Cadre réglementaire et normatif.....	57
e. Préconisations et scénarios.....	32	2. Architecture, confort, sureté et maintenance.....	58
		3. Dispositions techniques générales.....	61
		4. Démarche environnementale.....	74

# I. INTRODUCTION

Le présent document correspond au programme fonctionnel et technique (cahier n°1) de l'opération. Il intègre entre autres, les acteurs du projet, l'emprise des travaux, les différentes contraintes, le programme de surface et son schéma fonctionnel, la description des différents espaces du programme et les spécifications techniques et environnementales.

Le document est complété par des fiches espaces (cahier n°2) pour les pièces concernées par la restructuration.

L'ensemble des deux cahiers constitue le programme technique détaillé de l'opération (PTD).



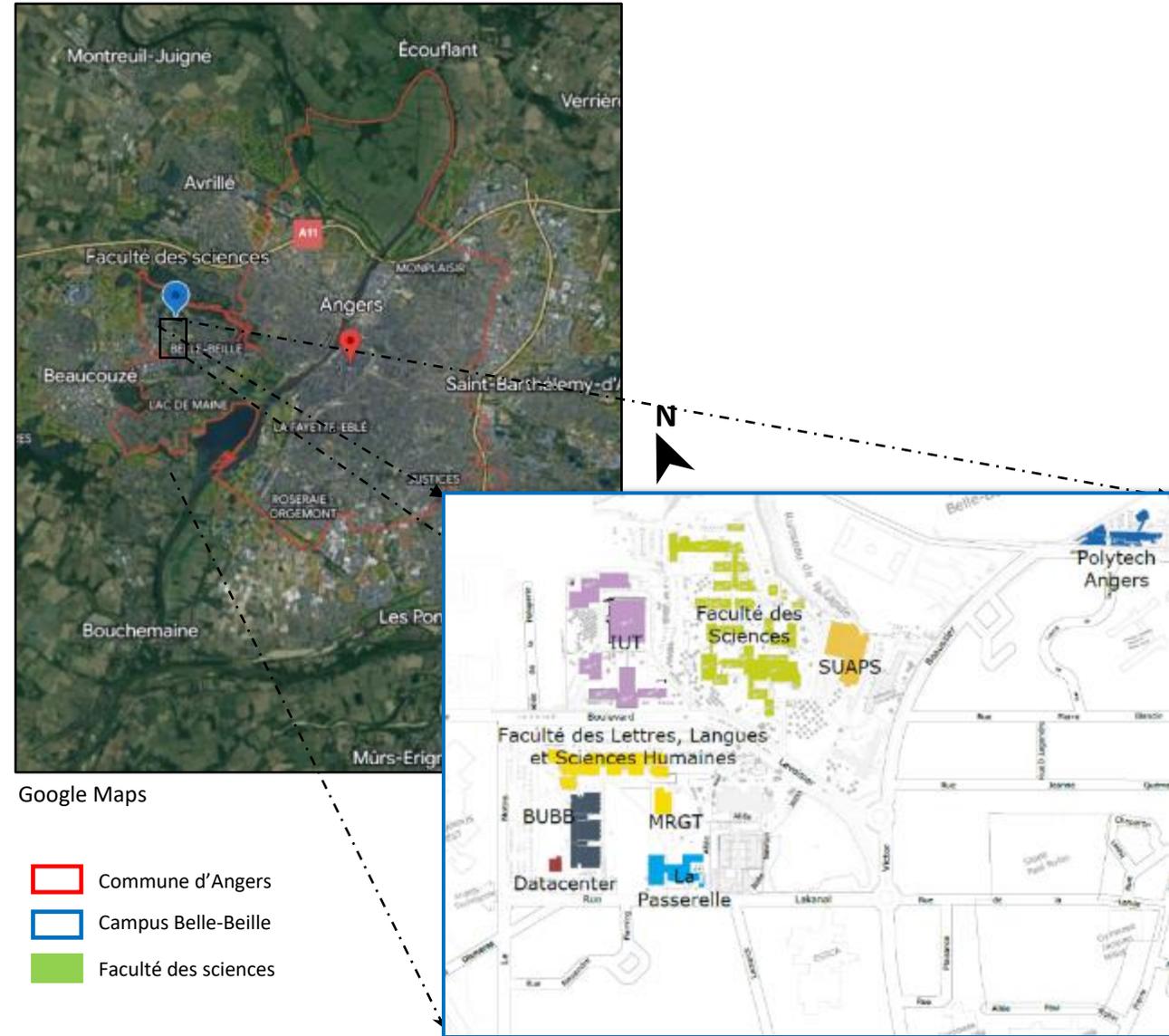
## II. PREAMBULE

L'UFR Sciences de l'Université d'Angers est une Unité de Formation et de Recherche. Elle accueille, sur le site de Belle-Beille, quotidiennement plus de 300 personnels et 2500 étudiants au sein de 10 immeubles au sens domanial (31 500 m<sup>2</sup>) dont la majorité sont des ERP. Ces derniers regroupent des espaces d'enseignements (amphithéâtres, salles de cours, salles informatique, espaces spécialisés dédiés aux travaux pratique), de recherche (7 laboratoires sur le site Lavoisier) et administratifs. Les espaces de l'UFR ont été construits en 4 tranches dont certaines ont déjà profité de rénovations partielles.

Initialement, la rénovation énergétique concernait les bâtiments de A à H qui n'ont jamais bénéficié de rénovations extérieures voire intérieures pour certains. De ce fait, ces locaux nécessitaient également une réorganisation des espaces et une évolution de leurs conditions d'accès (accessibilité et sûreté) et de vie.

**Le présent programme est la 1<sup>ère</sup> tranche de travaux de cette rénovation de la faculté et concerne les bâtiments de A à D.** Afin de suivre l'enveloppe budgétaire allouée à ce CPER, les travaux seront réalisés par phasage dont la priorisation est la suivante :

- Travaux de base :
  - Amélioration thermique et mise aux normes d'accessibilité des bâtiments A, A', B, B' et D
  - Rénovation totale du bâtiment D
  - Réorganisation fonctionnelle des bâtiments A' et B'
- Travaux en option :
  - Amélioration thermique et mise aux normes d'accessibilité des bâtiments C et C'
  - Aménagement des salles du RDC du bâtiment B'
  - Aménagement d'une salle pédagogique au RDC du bâtiment A'
  - La création d'un accès à la toiture terrasse du bâtiment D à des fins pédagogiques



# III. ACTEURS DU PROJET

**Maître d’Ouvrage : Rectorat de l’académie de Nantes**

Adresse : Service des constructions universitaires  
8, rue du Général Margueritte  
BP 72616 - 44326 NANTES Cedex 3  
Téléphone : 02 51 86 30 73



**Interlocuteur :**

- M. Sébastien L'HULLIER – Chargé de projets

**Etablissement exploitant - Université d'Angers :**

Adresse : 40, rue de Rennes - BP 73532  
49035 - ANGERS cedex 0



**Site - Faculté des sciences d'Angers:**

Adresse : 2 Bd de Lavoisier  
49000 Angers  
Téléphone : 02 41 73 53 53

**Interlocuteurs :**

- M. Philippe LERICHE, Directeur de la faculté
- Mme Elodie LEBASTARD, Directrice des services UFR sciences
- Mme Pauline HABERSTROH, Chargée d’opérations immobilières Direction du Patrimoine immobilier et la Logistique (DPIL) – Université Angers
- Mme Brigitte LEDOUX, Responsable service maintenance et logistique de la faculté des sciences

**Programmation:**

**Mandataire : ASCISTE Ingénierie Grand Ouest**

Adresse : 45 rue de la Marbellière, 37 300 Joué-Lès-Tours  
Téléphone : 02 47 20 68 78  
Courriel : [tours@ascistego.fr](mailto:tours@ascistego.fr)



**Interlocuteurs :**

- Mme. Emilie MAGRO– Chargée d’Affaires

**Co-traitant : EFFILIOS – BET thermique**

Téléphone : 05 49 03 22 86  
Courriel : [contact@effilios.fr](mailto:contact@effilios.fr)



**Interlocuteur :**

- M. Flavien MARTINEAU - EFFILIOS

# IV. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE

## 1. Contexte général

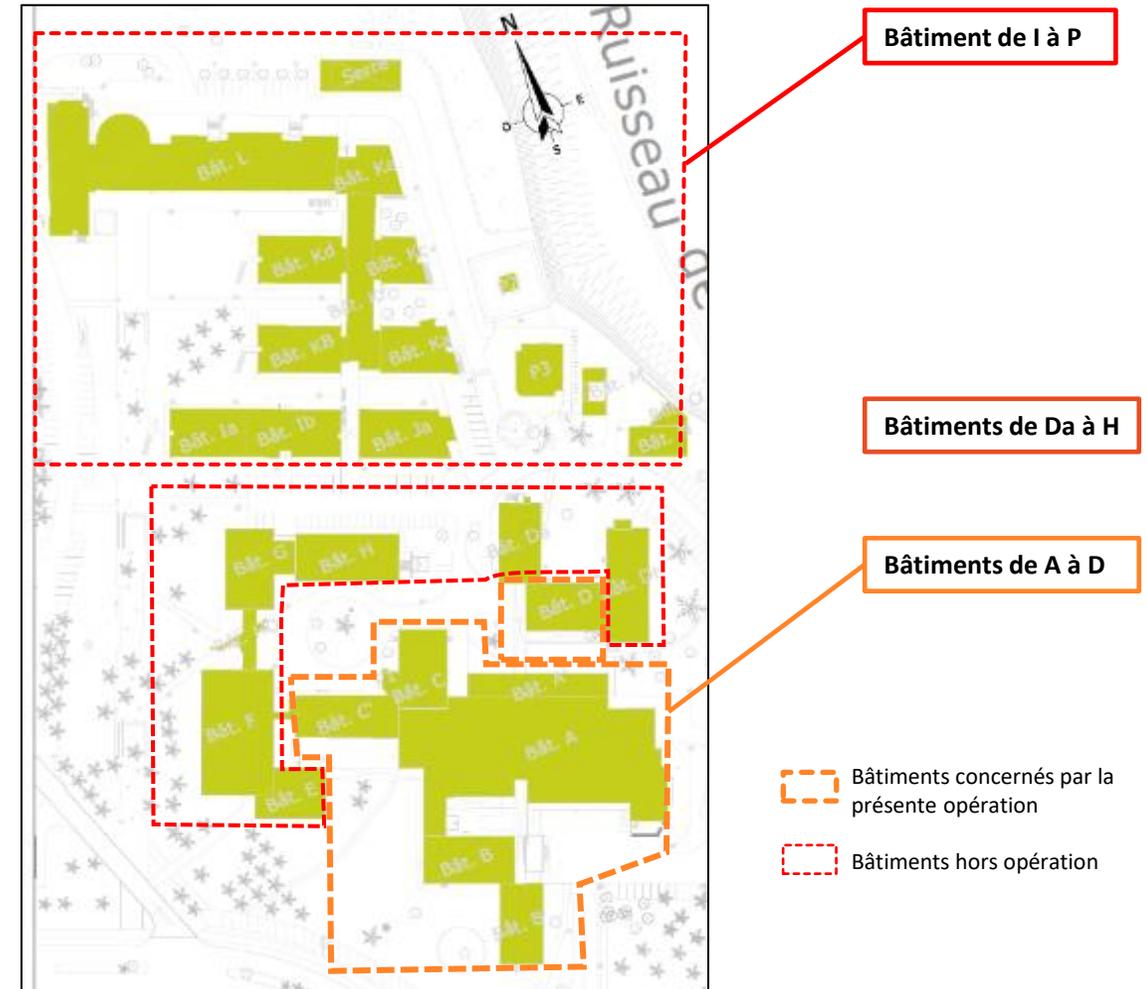
### a. Environnement urbain

La faculté des sciences est située sur le campus Belle-Beille, à l'ouest d'Angers. Ce campus regroupe au nord, les UFR des sciences, Lettres, Sciences humaines de l'Université, l'Institut universitaire de technologie (IUT) d'Angers-Cholet, une bibliothèque universitaire au sud et l'Ouest, des grandes écoles, et à l'est, des résidences étudiantes.



Photo de localisation du campus

### b. Identification du site



Plan de masse de la Faculté des sciences

# IV. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE

## 2. Dessertes, accès, stationnement



Photo aérienne

### Accessibilité carrossable :

La faculté est accessible directement depuis le boulevard de Lavoisier.

### Transport Public :

Le campus est desservi par 4 lignes de bus (lignes 1, 4, 6 et 14) qui sont relativement chargées lors des heures de hautes influences. Une nouvelle ligne de tramway va bientôt être disponible (ouverture pour juillet 2023).

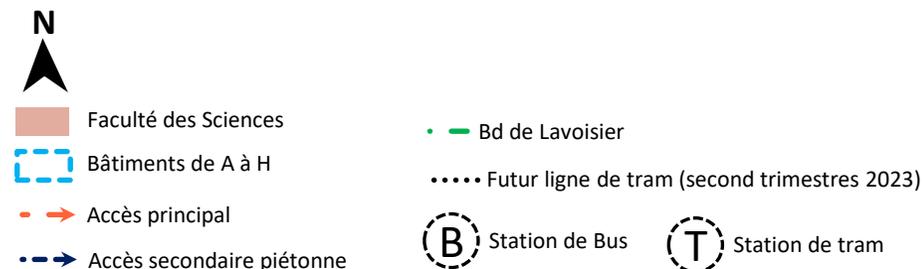
### Accessibilité piétonne :

Le site dispose de cheminements piétons pour accéder à la faculté; l'accès principal et un accès secondaire qui permet de longer l'ensemble de la faculté. Avec l'arrivée du tram, les flux des étudiants risquent être modifié car actuellement les étudiants arrivent en amont du boulevard mais avec le tram, ils pourront également arriver par la faculté des lettres donc vers l'accès secondaire. Pour accéder à certains bâtiments des cheminements annexes seront probablement nécessaires.

### Stationnement :

Plusieurs places de stationnement sont aménagées le long du boulevard de Lavoisier sur le domaine public.

Le personnel, les enseignants et chercheurs disposent de places de stationnement dans l'enceinte de la faculté accessible de l'accès principal par un accès sécurisé.



# IV. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE

## 3. Reportage photographique

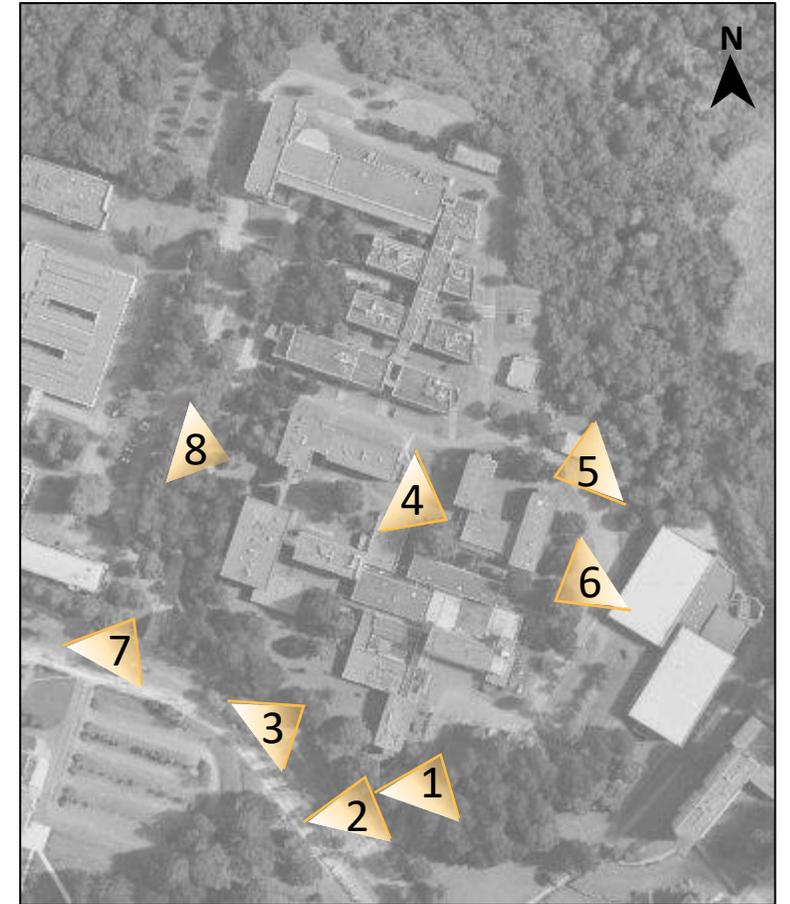


Photo aérienne

# IV. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE

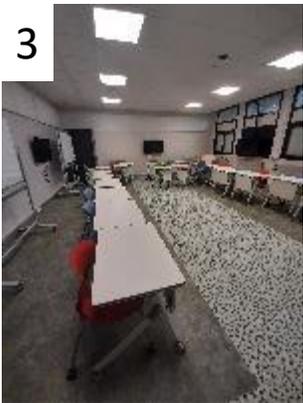
## 3. Reportage photographique



Bâtiment A - Hall principal



Bâtiment A - Amphi B



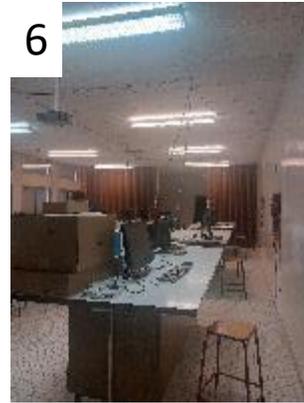
Bâtiment A' – RDC - salle d'innovation pédagogique



Bâtiment A' – sous-sol - laboratoire



Bâtiment B' – RDC - salle travaux pratique



Bâtiment D – RDC - salle travaux pratique

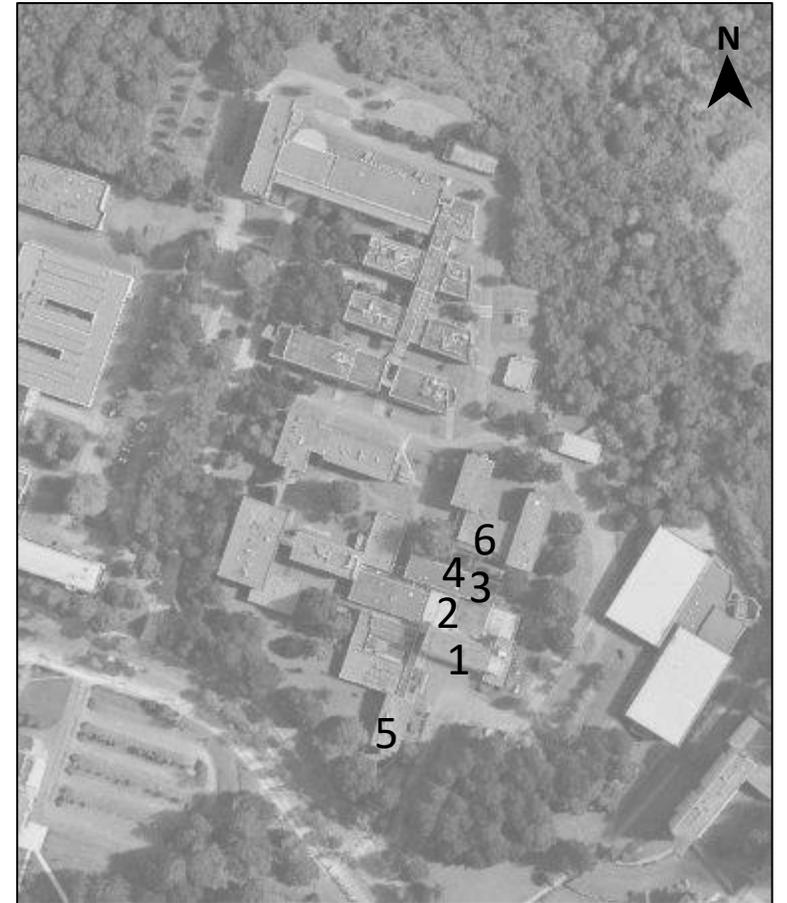


Photo aérienne

# IV. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE

## 4. Contraintes et exigences

### a. Contraintes réglementaires

L'opération est soumise au PLUi (Plan Local d'Urbanisme intercommunal).

Les bâtiments concernés par la présente opération se situent sur la parcelle IS15 qui est référencée dans la zone urbaine à destination d'équipements UEa du PLUi.

La zone UE est destinée à l'accueil de grands équipements métropolitains et activités associées (enseignement supérieur, activités économiques technopolitaines, équipements culturels et sportifs etc.). Le secteur UEa permet les constructions à usage résidentiel.



- Bâtiments concernés par l'opération
- Parcelle dans zone UEa
- Zonage
- Espace boisé classé
- Présence arborée reconnue

Extrait PLUi

Le projet «de rénovation énergétique et fonctionnelle» devra respecter l'ensemble des prescriptions générales et spécifiques à cette zone.

La synthèse effectuée ci-contre est faite sur la base du PLUi pour la zone UEa. Cette synthèse ne dédouane pas les concepteurs de prendre connaissance et d'appliquer l'ensemble du PLUi en vigueur à la date de remise de prestations.

Article	Règlement - Dispositions communes applicables à toutes les zones
	Dispositions réglementaires liées à des représentations graphiques spécifiques sur le plan de zonage
Chapt. 2	<p><b>3. Composantes végétales :</b> D'une manière générale, l'ensemble des composantes végétales identifiées au plan de zonage est à préserver. Les constructions, installations, aménagements projetés au sein ou aux abords des composantes sont soumis aux prescriptions réglementaires suivantes, en application de la séquence Eviter /Réduire/ Compenser. Les coupes et abattages d'arbres sont soumis à la déclaration préalable sauf dans les cas prévus par le Code de l'Urbanisme.</p> <p><b>Présence arborée reconnue (au titre de l'article L.151-19 du Code de l'Urbanisme) :</b> Le caractère arboré de ces espaces identifiés au plan de zonage doit être préservé.</p> <p>A ce titre, les constructions, installations, aménagements susceptibles de compromettre leur conservation ne sont autorisés qu'en l'absence d'alternative avérée, et uniquement si toutes les conditions suivantes sont réunies :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• servir un projet ayant un caractère d'intérêt général ;</li> <li>• préserver les sujets majeurs existants ;</li> <li>• limiter l'impact du projet sur la végétation existante, c'est à dire notamment, de respecter leur houppier*, leur système racinaire, mais aussi le sol (limiter la création de zones compactées et/ou imperméabilisées, respecter le niveau du sol existant).</li> <li>• conserver une présence arborée manifeste, clairement perceptible depuis le domaine public ou depuis la construction principale dans le cadre d'un ensemble remarquable identifié au zonage soit au titre du L.151-23 du Code de l'Urbanisme (Annexe n°5.1.2 « Patrimoine bâti »), soit par son classement dans un indice « p »</li> </ul>
Article	Règlement - Zone UE
	Aspec extérieur des constructions et aménagement de leurs abords
UE 8	<p><b>Dispositifs d'énergies renouvelables</b> Les systèmes solaires (thermiques ou photovoltaïques), ainsi que d'autres dispositifs de production d'énergie renouvelable accessoires à une ou plusieurs construction(s), doivent faire l'objet d'une insertion soignée, notamment au niveau de la façade ou de la toiture.</p>
UE 9	<p><b>Obligations imposées en matière d'espaces libres et de plantations</b> Les espaces libres* de toute construction doivent faire l'objet d'un traitement paysager afin de participer à l'amélioration du cadre de vie, à la gestion de l'eau pluviale et au maintien d'une biodiversité en milieu urbain. Il sera recherché une valorisation des végétaux existants notamment les arbres de haute tige et arbustes. Pour tout projet, une surface minimale d'espaces libres* doit être réservée à hauteur de 25% de surface totale de l'unité foncière</p>
UE 10	<p><b>Obligations imposées en matière de performance énergétique</b> En cas de travaux d'isolation sur une construction existante, le choix des matériaux doit s'adapter aux caractéristiques du bâtiment d'origine (système constructif d'origine, etc.) tout en veillant à un rendu de qualité.</p>

# IV. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE

## 4. Contraintes et exigences

### b. Risques naturels et technologiques

Risques naturels		
Inondations	La commune est soumise à un PPRi mais le site est hors zone inondable	😊
Mouvements de terrain	Un PPR des exploitations souterraines ardoisières et minières du pourtour d'Angers est en cours mais le site est hors zone de mouvements de terrain.	😊
Cavités souterraines	Pas de risque à proximité du site	😊
Séismes	La commune n'est pas soumise à un PPR sismiques. Niveau de risque sismique = faible	😊
Radon	Risque important	😞
Retrait–Gonflement des argiles	La commune n'est pas soumise à un PPR retrait-gonflement des sols argileux. Niveau d'exposition aux risques = <b>Moyen</b>	😐

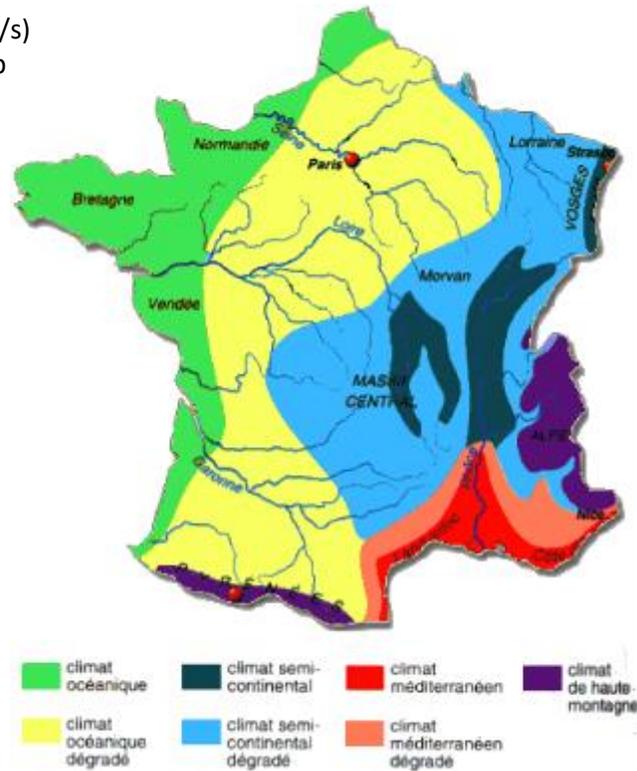
Risques technologiques		
Pollution des sols et anciens sites industriels	La faculté est recensée comme anciens sites industriels et activités de service.	😐
Canalisations de matières dangereuses	Aucune canalisation de matières dangereuses recensée dans un rayon de 1 000m.	😊
Installations industrielles classées ICPE	La commune n'est pas soumise à un PPR technologiques installations industrielles. Aucune industrie dans un rayon de 1 000m.	😊

# IV. LOCALISATION ET CARACTERISTIQUES DU SITE

## 4. Contraintes et exigences

### c. Climatologie

- Climat : océanique dégradé
- Température moyenne annuelle : 12.4°C
- Ensoleillement : 77,61 heures par mois en moyenne en année
- Précipitations normales moyennes annuelles : 703 mm
- Zone neige : A1
- Zone vent : 2 (= 24 m/s)
- Zone climatique : H2b



### d. Les réseaux

Le site est viabilisé.

# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

A partir des documents fournis par le maître d'ouvrage et lors de visites sur site, une synthèse de l'état des bâtiments concernés par l'amélioration thermique du périmètre global comprenant les bâtiments de la présente opération a été réalisé.

### ❑ Caractéristique des bâtiments :

Bâtiments	Activité	Types	Catégorie	Effectif déclaratif (suivant PV commission sécurité)
A, A', B, B', C, C', E, F, G et H	Enseignement et recherche	R (enseignement) W (administration/bureau) U (établissement de santé)	1 <sup>ère</sup> catégorie	Public : 2600 Personnel : 530 Total reçu: 3130 Total déclaré : 3276
D, Da et Db	Enseignement	R (enseignement)	3 <sup>ème</sup> catégorie	Public : 324 Personnel : 77 Total : 401



Bâtiment	Niveaux	Année de construction
A e A' Administration /Service de Santé au Travail / Enseignement / Vie associative	Bâtiment A : R+2 partiel Bâtiment A' : R+1 avec sous-sol	Bât A : 1968-1970 Extension du A (amphis D et E) et bât A' : 1990-1992
B Travaux pratiques de Biologie	RDC	1968-1970
B' Travaux pratiques de Biologie / Recherche (chimie- biologie) / Vie associative	R+1 avec sous-sol partiel	1968-1970
C Travaux pratiques de Chimie	RDC	1973
C' Travaux pratiques et recherche en environnement et géologie	R+2	1968-1970
D Travaux pratiques de Physique	RDC	1968-1970
Da Recherche et enseignement en physique	R+2 avec sous-sol	1973
Db Recherche et enseignement en physique	R+1 avec sous-sol	1995
E Enseignement en géologie	RDC avec sous-sol partiel	1995
F Recherche et enseignement en géologie	R+2 avec sous-sol	1995
G Recherche et enseignement en informatique et géologie	R+2 avec sous-sol	1995
H Recherche et enseignement en informatique	R+2	1995

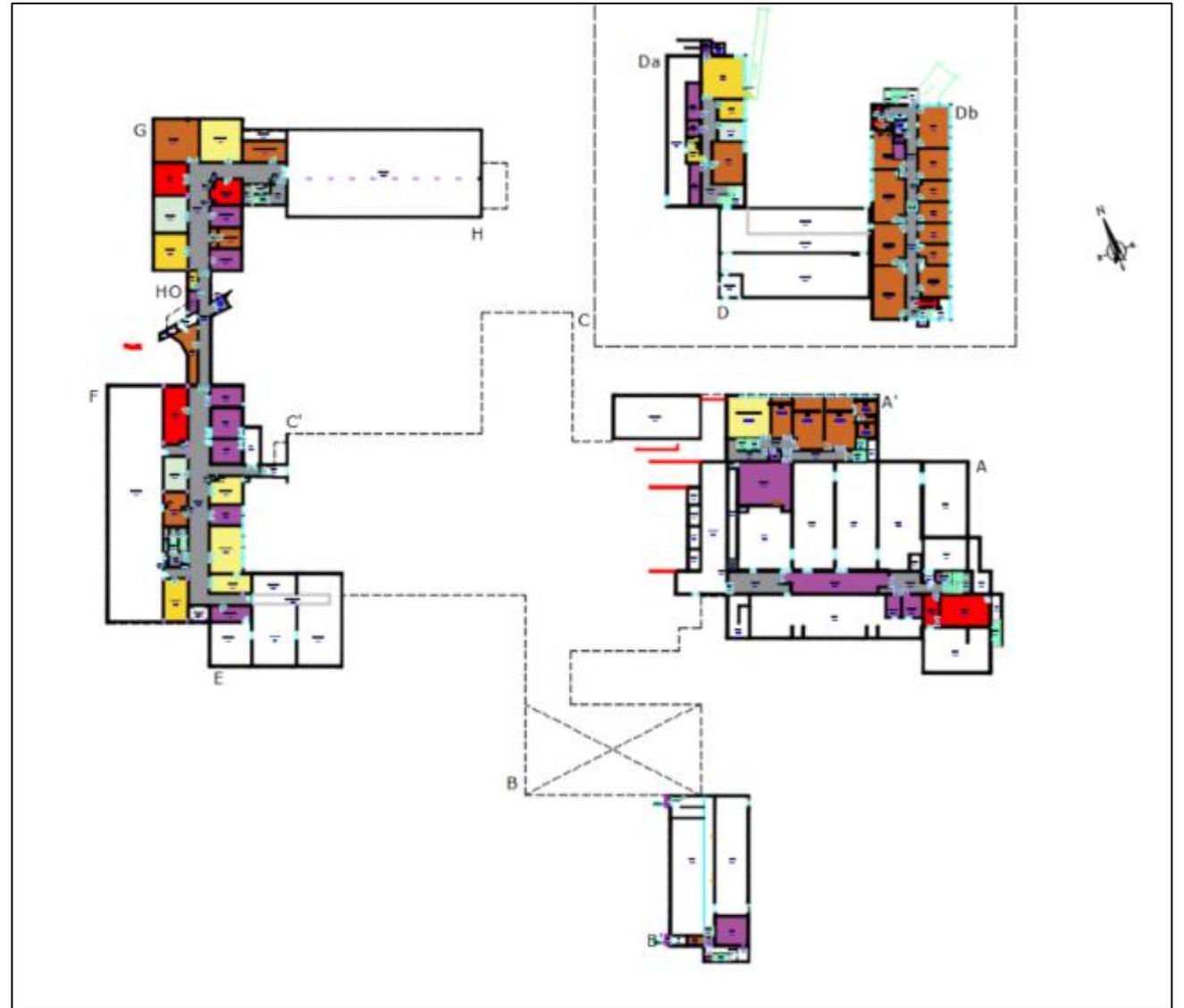
# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

### □ Plan sous-sol:

#### Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations
- vide sanitaire



# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

### □ Plan sous-sol:

Zoom sur la zone concernée par la réorganisation des locaux : le sous-sol du bâtiment A' pour l'installation d'un animalerie

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations
- vide sanitaire



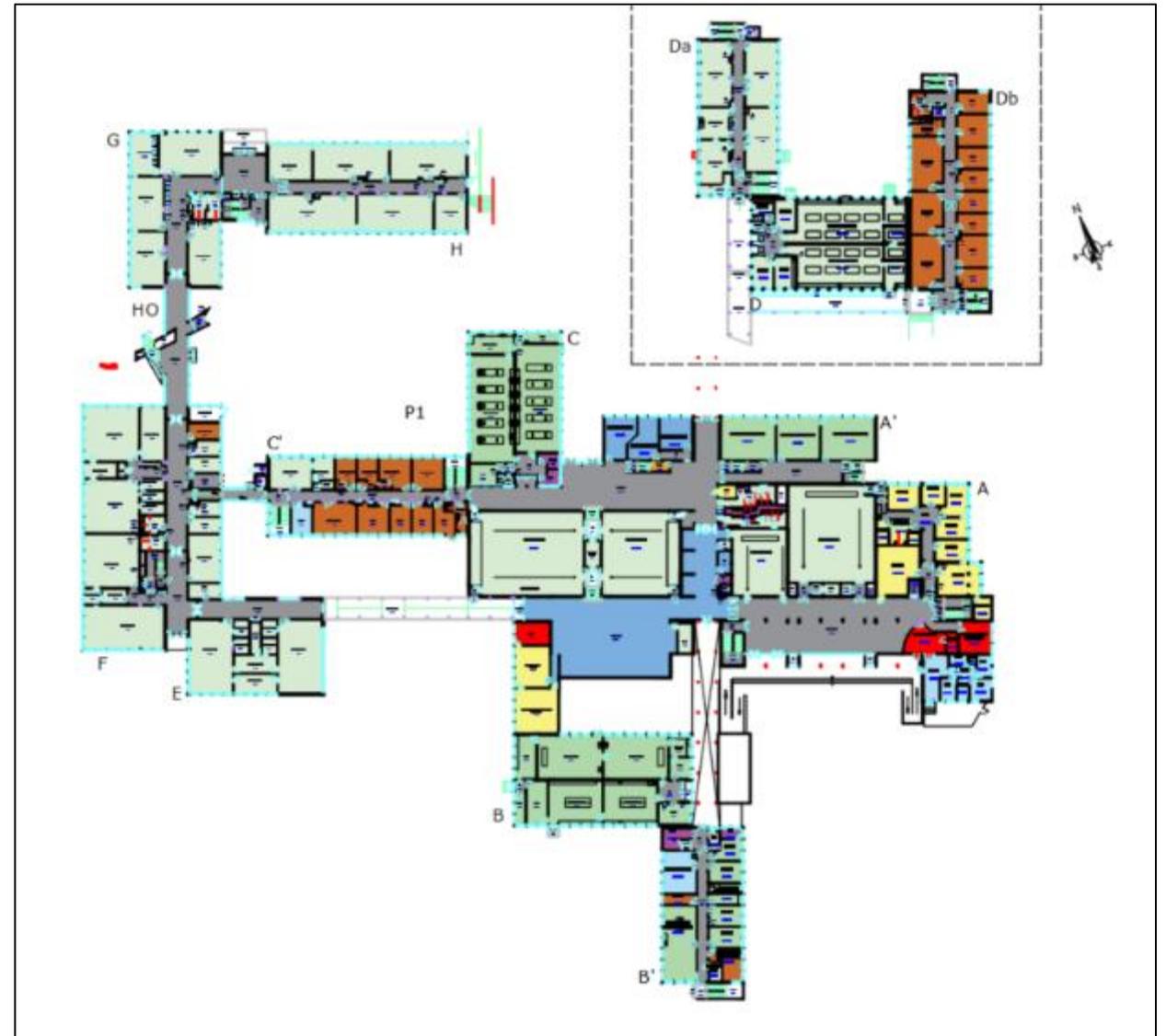
# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

### □ Plan RDC:

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations



# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

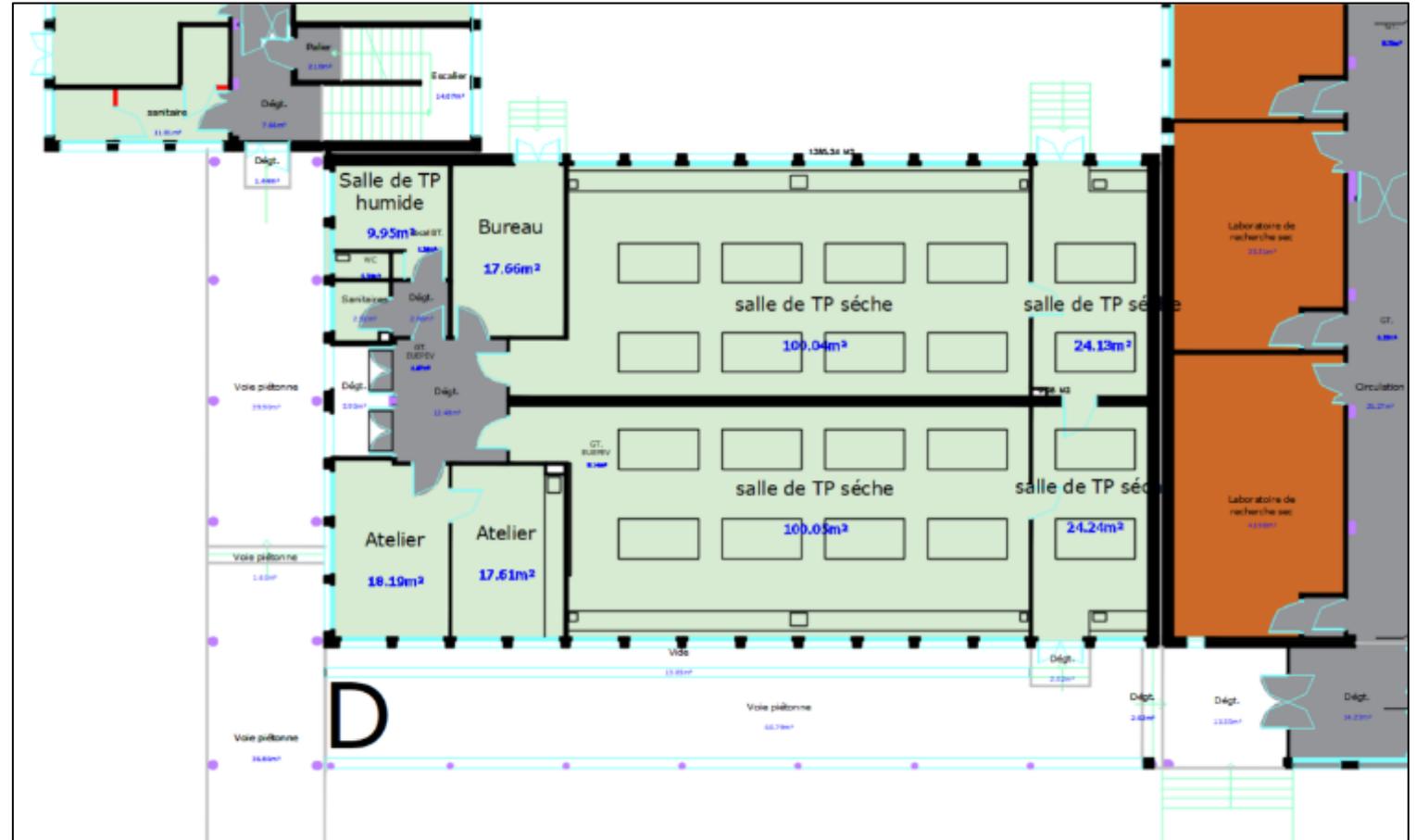
### □ Plan RDC:

Zoom sur les zones concernées par la réorganisation des locaux :

#### - Le bâtiment D

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations



# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

### □ Plan RDC:

Zoom sur les zones concernées par la réorganisation des locaux :

- Le bâtiment B'

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations



# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

### □ Plan RDC:

**Zoom sur les zones concernées par la réorganisation des locaux :**

- La zone administrative avec l'ancien logement du bâtiment A
- Les espaces des associations du bâtiment A'

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations
- vide sanitaire



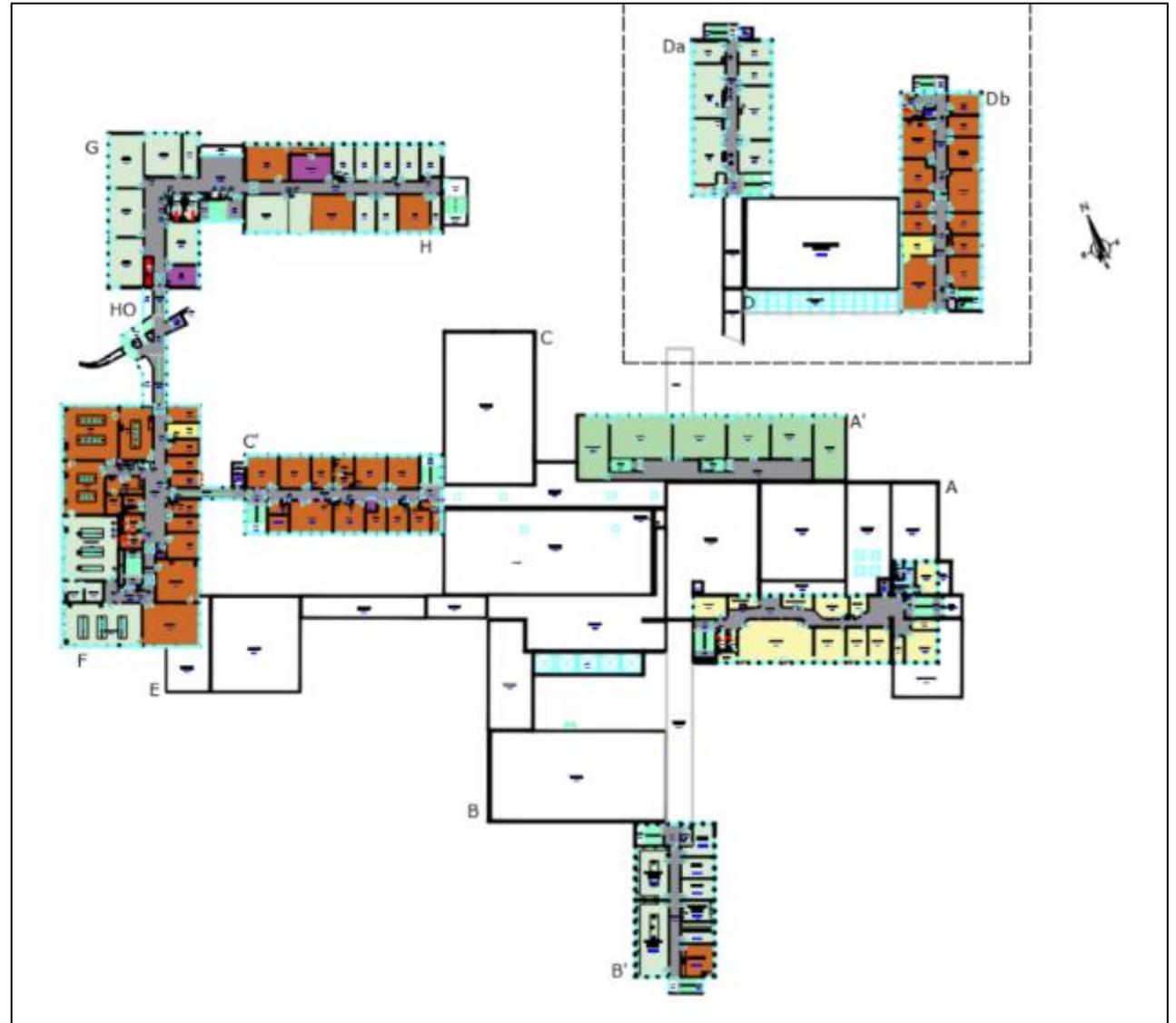
# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

### □ Plan R+1:

Légende

-  Administration
-  Social
-  Enseignement
-  Vie étudiante
-  Recherche
-  Service Maintenance et Logistique
-  Médical
-  Logistique
-  Technique
-  Circulations
-  Toiture terrasse



# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

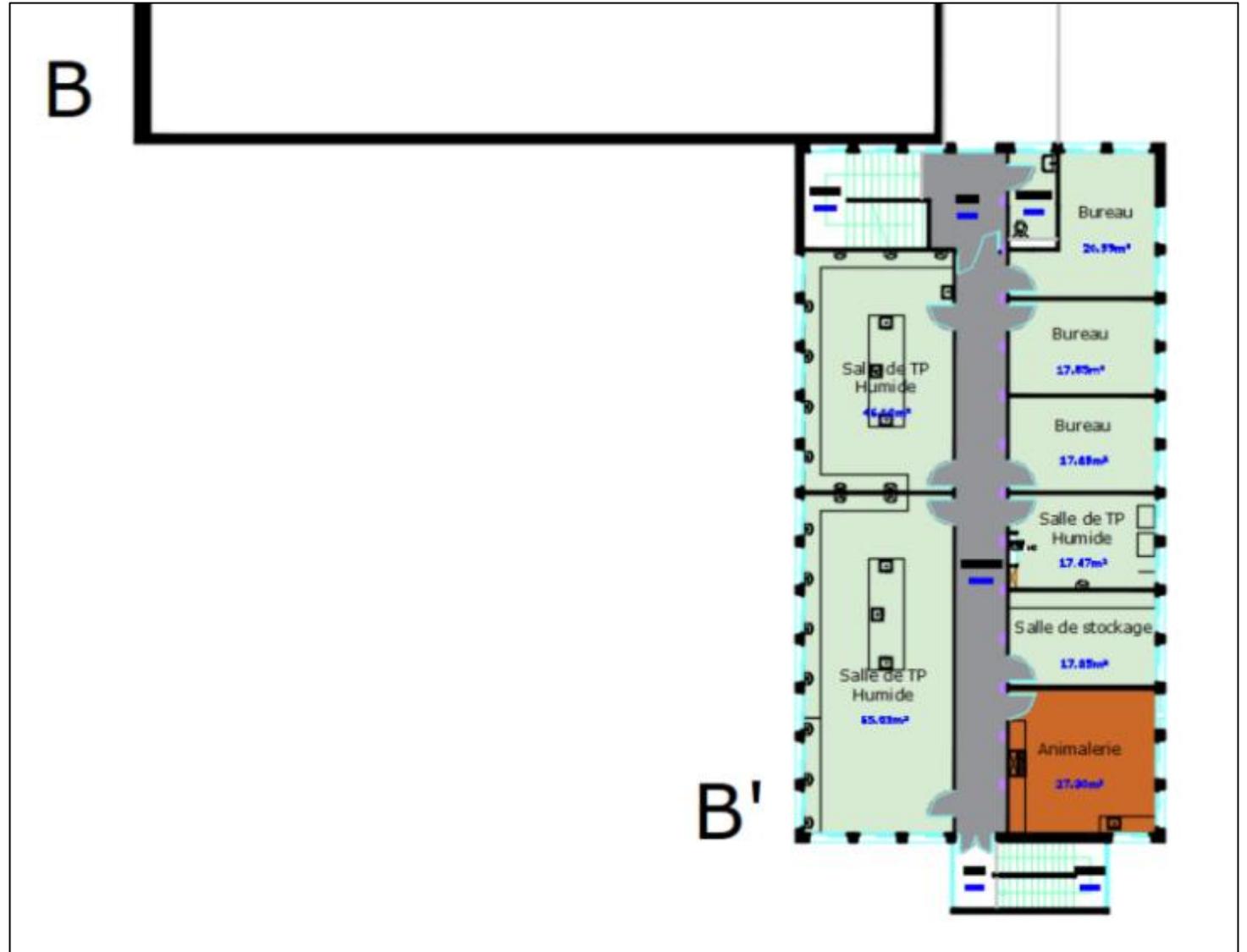
### □ Plan R+1:

Zoom sur les zones concernées par la réorganisation des locaux :

- Le bâtiment B'

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations
- Toiture terrasse



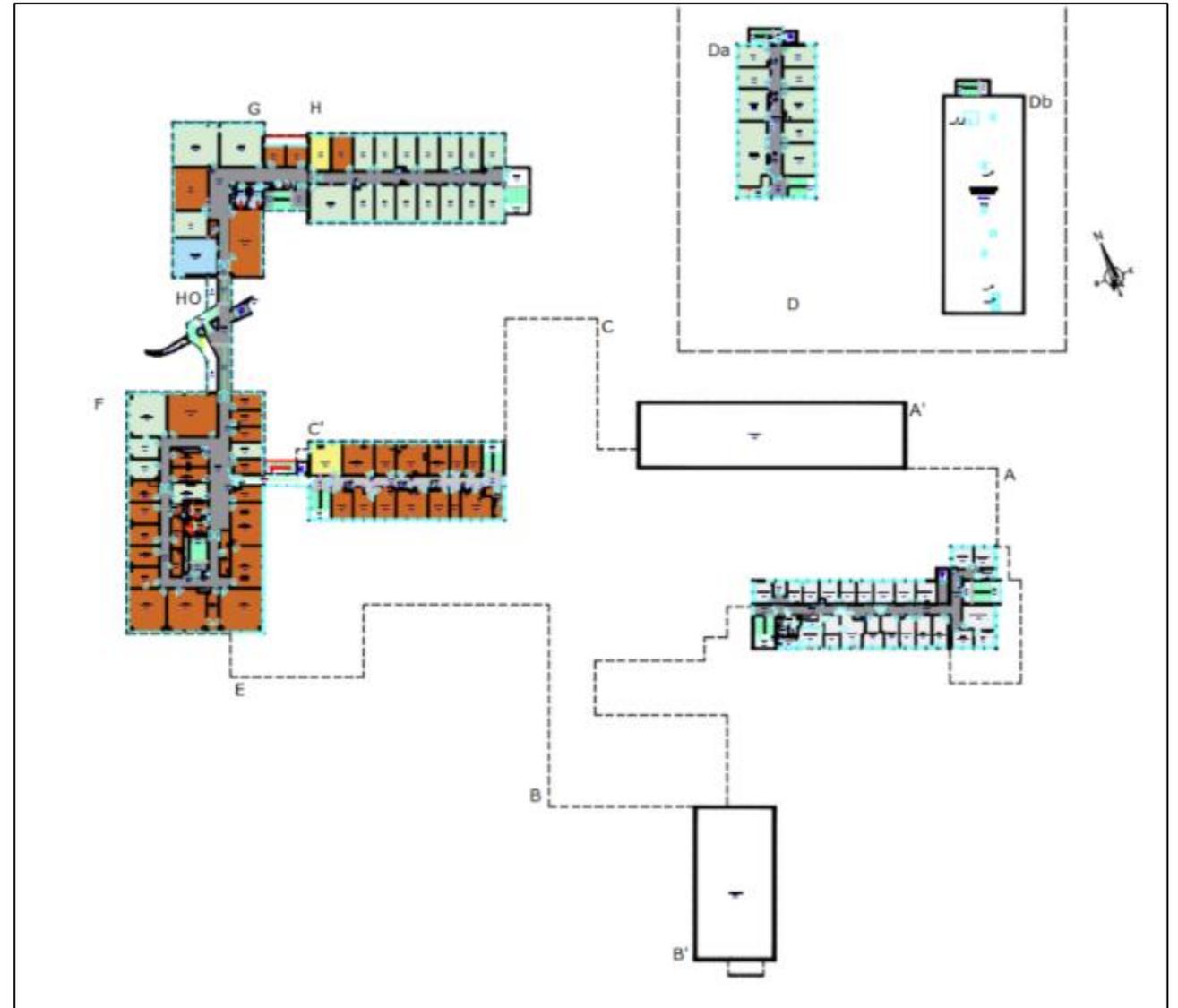
# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 1. Affectation des locaux

### □ Plan R+2:

#### Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations
- Toiture terrasse



# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 2. Surfaces existantes

Les surfaces existantes sont détaillées en fonction des pôles dans le tableau ci-après :

RECAPITULATION DE L'ENSEMBLE DES BÂTIMENTS			
			SURFACE UTILE EXISTANT
		LOCAUX / ESPACES	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )
		<b>ADMINISTRATION</b>	
		Bâtiment A	593
		Bâtiment A'	48
		Bâtiment C'	27
		Bâtiment Db	18
		Bâtiment F	103
		Bâtiment G	49
		Bâtiment H	20
		<b>SOUS TOTAL ADMINISTRATION</b>	<b>858</b>
		<b>SOCIAL</b>	
		Bâtiment A	87
		Bâtiment B'	37
		Bâtiment C'	17
		Bâtiment F	117
		Bâtiment G	62
		<b>SOUS TOTAL SOCIAL</b>	<b>320</b>

			SURFACE UTILE EXISTANT
		LOCAUX / ESPACES	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )
		<b>ENSEIGNEMENT</b>	
		Bâtiment A	783
		Bâtiment A'	497
		Bâtiment B	366
		Bâtiment B'	370
		Bâtiment C	299
		Bâtiment C'	44
		Bâtiment D	326
		Bâtiment Da	721
		Bâtiment E	257
		Bâtiment F	847
		Bâtiment G	672
		Bâtiment H	893
		<b>SOUS TOTAL ENSEIGNEMENT</b>	<b>6075</b>

		<b>VIE ETUDIANTE</b>	
		Bâtiment A	368
		Bâtiment A'	86
		Bâtiment B'	
		<b>SOUS TOTAL VIE ETUDIANTE</b>	<b>454</b>

# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 2. Surfaces existantes

		SURFACE UTILE EXISTANT
	LOCAUX / ESPACES	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )
	<b>RECHERCHE</b>	
	Bâtiment A'	130
	Bâtiment B'	63
	Bâtiment C'	733
	Bâtiment Da	35
	Bâtiment Db	917
	Bâtiment F	829
	Bâtiment G	210
	Bâtiment H	145
	Bâtiment H0	19
	<b>SOUS TOTAL RECHERCHE</b>	<b>3081</b>
	<b>SERVICE M ET L</b>	
	Bâtiment A'	8
	Bâtiment Da	71
	Bâtiment F	27
	Bâtiment G	33
	Bâtiment H0	4
	<b>SOUS TOTAL SERVICE M ET L</b>	<b>143</b>

		SURFACE UTILE EXISTANT
	LOCAUX / ESPACES	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )
	<b>MEDICAL</b>	
	Bâtiment A	306
	<b>SOUS TOTAL MEDICAL</b>	<b>306</b>
	<b>LOGISTIQUE</b>	
	Bâtiment A	147
	Bâtiment C	16
	Bâtiment Db	5
	Bâtiment F	37
	Bâtiment G	56
	<b>SOUS TOTAL LOGISTIQUE</b>	<b>261</b>

# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 2. Surfaces existantes

		SURFACE UTILE EXISTANT
	LOCAUX / ESPACES	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )
	<b>TECHNIQUE</b>	
	Bâtiment A	151
	Bâtiment A'	3
	Bâtiment B'	43
	Bâtiment C'	3
	Bâtiment Da	32
	Bâtiment Db	10
	Bâtiment F	99
	Bâtiment G	53
	Bâtiment H	30
	Bâtiment H0	5
	<b>SOUS TOTAL TECHNIQUE</b>	<b>429</b>

		SURFACE UTILE EXISTANT
	LOCAUX / ESPACES	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )
	<b>CIRCULATIONS</b>	
	Bâtiment A	1 018
	Bâtiment A'	225
	Bâtiment B	15
	Bâtiment B'	113
	Bâtiment C	16
	Bâtiment C'	268
	Bâtiment D	15
	Bâtiment Da	240
	Bâtiment Db	288
	Bâtiment E	61
	Bâtiment F	705
	Bâtiment G	468
	Bâtiment H	179
	Bâtiment H0	265
	<b>SOUS TOTAL CIRCULATIONS</b>	<b>3 876</b>
	<b>TOTAL BATI</b>	<b>15 803</b>

# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 3. Diagnostiques techniques

### Diagnostic Amiante

Le MOA a transmis les dossiers techniques amiante (DTA) des bâtiments A, A', B, B', C, C', D, Da et Db, réalisés par la société APAVE en mars 2007. Certains de ces bâtiments sont concernés par la réorganisation des espaces.

Pour le bâtiment A, les éléments suivants contiennent de l'amiante :

- Conduit d'aération : dans la chaufferie au sous-sol, dans l'office de la salle de réunion du 1<sup>er</sup> étage et dans les sanitaires du 2<sup>ème</sup> étage

Pour le bâtiment A', les éléments suivants contiennent de l'amiante :

- Conduit dans une des réserves de roche où sera aménagée la nouvelle animalerie

Pour le bâtiment B, les éléments suivants contiennent de l'amiante :

- Conduit d'aération : dans la grande salle de TP (côté sud-est) au RDC

Pour le bâtiment B', les éléments suivants contiennent de l'amiante :

- Conduit d'aération : dans la salle de TP à l'étage

Pour le bâtiment D, les éléments suivants contiennent de l'amiante :

- Conduit d'aération : dans les salles de TP au RDC

Pour les travaux d'aménagement intérieur au 2<sup>ème</sup> étage du bâtiment A et dans les ateliers du bâtiment D, un DAAT a été réalisé en 2017 et n'a pas relevé d'autres matériaux contenant de l'amiante que les conduits du DTA.

D'autres DAAT confirment qu'il n'y a pas de présence d'amiante autres que ceux du DTA (travaux intérieurs au Rdc et R+1 du bât Db, sous-sol du bât G, deux salles au Rdc du bât A).

### Diagnostic plomb

Aucun rapport de diagnostic plomb n'a été fourni par le MOA.

Il sera opportun de **réaliser le constat de risque d'exposition au plomb (CREP)** dès que possible car la présence de plomb dans le bâtiment peut engendrer des conséquences financières non négligeables. Pour la consultation, le maître d'ouvrage doit réaliser des diagnostics de repérage de plomb avant travaux.

### Accessibilité PMR (Personne à Mobilité Réduite)

Le MOA a transmis les diagnostics d'accessibilité des personnes handicapées des bâtiments A, A', C, C', D, Da, Db, E, F, G et H réalisés par la société SCE Aménagement & Environnement en décembre 2009. Les diagnostics des bâtiments C et E ont été mis à jour en janvier 2015.

Certaines préconisations ont été effectuées par le MOA mais des problèmes d'accès aux bâtiments, des circulations verticales et horizontales, les sanitaires et mobiliers subsistent.

La présente opération permettra de faire le point sur les travaux qui restent à mener pour la mise en conformité PMR des bâtiments de la zone concernée.

# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 3. Diagnostics techniques

### ❑ Sécurité incendie des bâtiments

La dernière visite périodique de la commission de sécurité des bâtiments A à H (hors D, Da et DB) a émis un avis favorable à la poursuite des activités dans ces bâtiments. Toutefois, des prescriptions techniques et d'exploitation sont à réaliser.

L'avis défavorable du bâtiment D a été levé lors de la dernière visite en janvier 2023.

### ❑ Diagnostic des façades

La direction du patrimoine immobilier de l'université d'Angers avait missionné société ABROTEC pour réaliser un diagnostic structure de façades sur certains bâtiments du campus en mai 2011. Lors de ce diagnostic, la façade du bâtiment A et les deux coursives en béton armé ont été examinées. Les conclusions de ce rapport indiquent que les désordres constatés sont inhérents à l'âge et au type de structure mais que le béton est d'assez bonne qualité.

Une rénovation des éléments en béton armé est préconisé. Pour les galeries une réfection de l'étanchéité des toitures, le traitement des aciers corrodés et un ravalement général est à prévoir. Pour le bâtiment A, prévoir la réfection ponctuelle des zones dégradées avant la mise en place d'une isolation par l'extérieur.



Façade bât. A



Galerie entre bât. A et B'



Galerie entre bât. A et Da



Galerie entre bât. A et E

Le rapport ne fait pas état des autres façades mais le constat visuel ne relève pas de désordres apparents sur les autres bâtiments. En revanche, les galeries métalliques présentent également de la corrosion. Un traitement anti-rouille et une remise en peinture sont nécessaires.

# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 4. Diagnostic énergétique

En annexe du présent rapport est transmis l'audit énergétique détaillé portant sur les bâtiments A à H, ainsi qu'un complément d'audit portant sur les bâtiments de la 1<sup>ère</sup> tranche soit les bâtiments A à D. Les éléments ci-après sont une synthèse de cette étude.

### a. Généralités

Contexte : identification des enjeux liés à l'aspect énergétique du projet

- Mise en avant des problématiques existantes liées à l'énergie
- Proposition de solutions techniques d'amélioration

Objectifs :

- Limiter les consommations d'énergie futures du bâtiment et les dépenses associées
- Limiter également les émissions de gaz à effet de serre
- Assurer un confort d'utilisation maximal après travaux



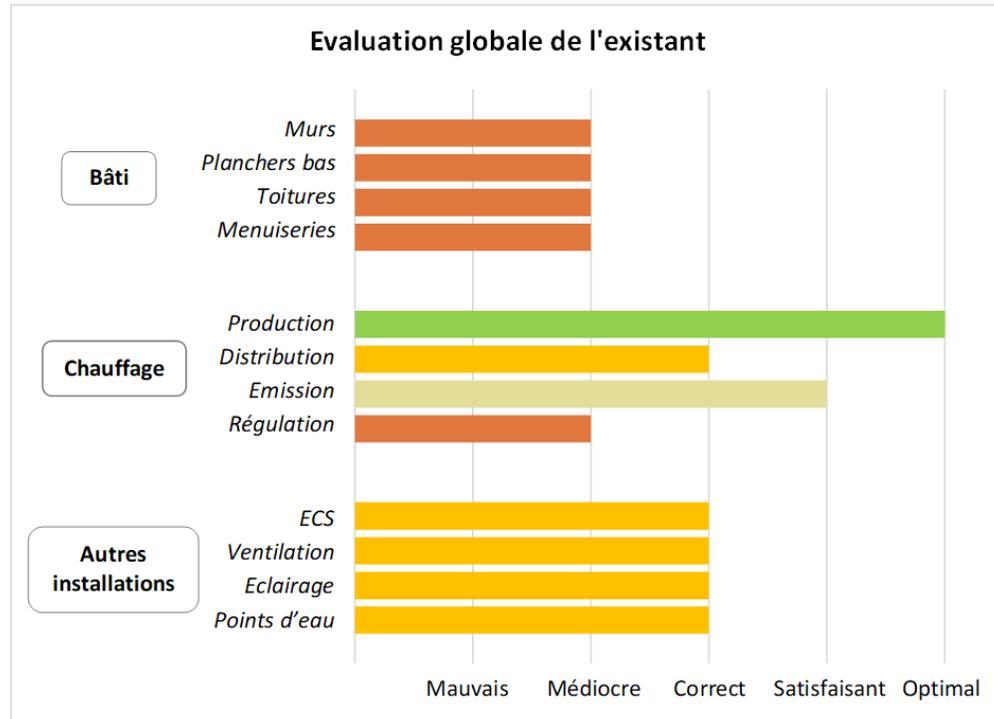
Bâtiment	Construction	Surface SHON (m <sup>2</sup> )	Surface chauffée (m <sup>2</sup> )	Volume chauffé (m <sup>3</sup> )	Nombre de niveaux
A	1970'	3396	3087	9221	3 (RdC, R+1, R+2)
A'	1990'	1056	960	2792	3 (SS, RdC, R+1)
B	1970'	401	365	1095	1 (RdC)
B'		636	578	1716	3 (SS, RdC, R+1)
C		364	331	990	1 (RdC)
C'		1190	1082	3027	3 (RdC, R+1, R+2)
D		365	331	1008	1 (RdC)
Da	1994	1306	1187	2851	4 (SS, RdC, R+1, R+2)
Db		1341	1219	3413	3 (SS, RdC, R+1)
E		348	316	945	1 (RdC)
F		2879	2617	7275	4 (SS, RdC, R+1, R+2)
G		1753	1594	4582	4 (SS, RdC, R+1, R+2)
H		1357	1234	3695	3 (RdC, R+1, R+2)
H0		278	253	733	4 (SS, RdC, R+1, R+2)
Tous	-	<b>16670</b>	<b>15154</b>	<b>43345</b>	-

Bâtiment	SHON <1000 m <sup>2</sup>	SHON ≥1000 m <sup>2</sup>	Année de construction < 1948	Année de construction ≥ 1948	RT «élément par élément» *	RT «globale» *
A, A', C', Db, F, G et H		X		X		X
B, B', C, D, Da, E et H0	X			X	X	

# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 4. Diagnostic énergétique

### b. Etat des lieux



#### Points négatifs constatés



##### BATI :

- Majorité de murs extérieurs non isolés
- Toitures et planchers bas faiblement isolés
- Beaucoup de menuiseries anciennes et peu performantes

##### VENTILATION :

- Caissons d'extraction/ tourelles pour la majorité anciens (1995)
- Peu de récupération de chaleur sur l'air extrait (simple flux)

##### CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE :

- Pompes à débit fixe
- Il subsiste des radiateurs en plinthe
- Régulation (TA ou V2V) des panneaux rayonnants défectueuse par endroit
- La régulation bien que robuste est obsolète et non communicante

##### ECLAIRAGE :

- Eclairage énergivore (tubes T8)

##### POINTS DE PUISAGE D'EAU :

- Encore quelques mélangeurs

#### Points positifs constatés



##### BATI :

- Aucun.

##### VENTILATION :

- Systèmes de ventilation nombreux, renouvellement d'air correct
- Quelques CTA double-flux avec récupération d'énergie

##### CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE :

- Raccordement au RCU biomasse (utilisation d'une énergie renouvelable)
- Installations correctement entretenues
- Les radiateurs sont en partie équipés de robinets thermostatiques
- Chauffage par panneaux rayonnants en plafond dans les salles de TP
- Production décentralisée globalement adaptée aux faibles besoins

##### ECLAIRAGE :

- Remplacement des éclairages énergivores par des LED et tubes T5
- Quelques détecteurs de présences dans les circulations

##### POINTS DE PUISAGE D'EAU :

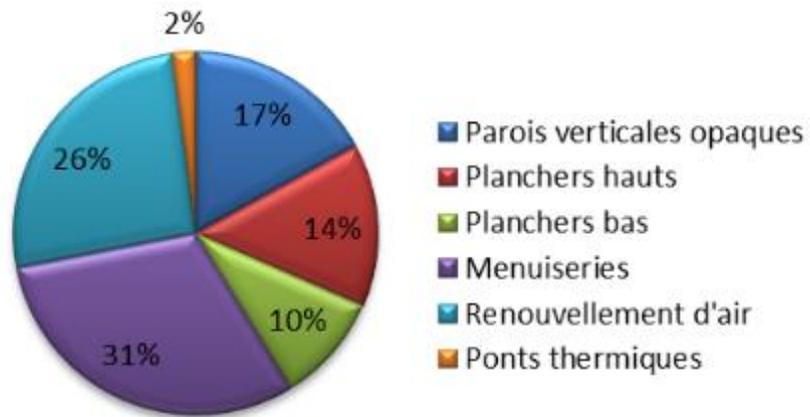
- Majorité de points de puisage économes en eau (WC à « double commande », mitigeur...).

# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

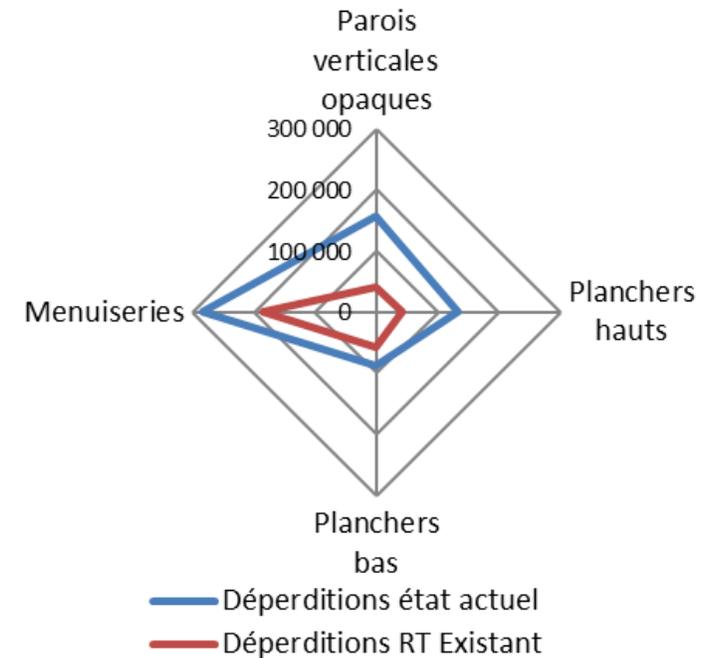
## 4. Diagnostic énergétique

### c. Analyse du bâti – Déperdition et RT Existant

Répartition des pertes thermiques en fonction des postes déperditifs



Comparatif des déperditions état existant/RT existant

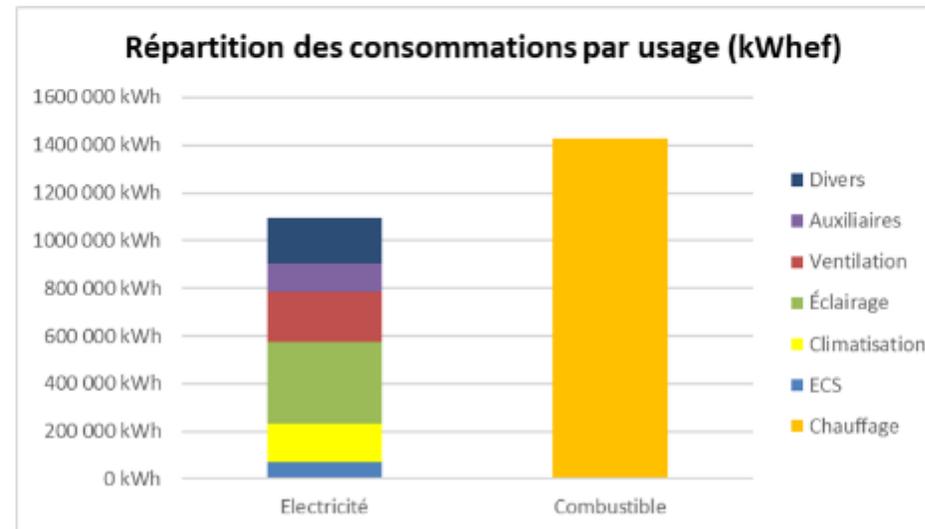


# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 4. Diagnostic énergétique

### d. Consommations et coûts

Consommations énergétiques et émissions associées		/ m <sup>2</sup> SHON
Consommations de combustible (kWh PCI)	1 484 665	89
Consommations d'électricité (kWh <sub>ef</sub> )	1 235 395	74
Emissions de GES (kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> )	196 354	12
Eau (m <sup>3</sup> )	4 380	0,3
Dépenses énergétiques		/ m <sup>2</sup> SHON
Combustible (€TTC)	88 390	5,3
Electricité (€TTC)	179 165	10,7
Eau (€TTC)	15 680	0,9



# V. DIAGNOSTIC DES EXISTANTS

## 4. Diagnostic énergétique

### e. Préconisations et scénarios – A, A', B, B', C, C' et D

En plus des économies d'énergie finale supérieures à 50% sur l'ensemble du site pour les deux scénarios, la limitation des consommations d'énergie primaire à 110 kWh/m<sup>2</sup>shon/an est atteinte pour tous les bâtiments A à D de la faculté des sciences et à fortiori pour l'ensemble du site. Ceci s'explique notamment par l'optimisation de l'enveloppe et l'amélioration des performances de la ventilation, de la régulation et de l'éclairage.

**Les travaux contenus dans ces scénarios de préconisations sont donc éligibles aux subventions FEDER.**

L'étiquette énergétique est en B, cela s'explique principalement par les consommations électriques restantes de la bureautique, du process et de la climatisation.

Au vu des économies réalisées et sous réserve de confirmation via le calcul de l'année de référence, les gains énergétiques réalisés par ces bouquets de travaux devraient être conformes aux objectifs de 2030 et 2040 du décret tertiaire.

Le décret BACS devrait également être respecté via l'installation de la GTC.

Le tableau ci-contre rappelle la composition des différents scénarios de travaux, et les principales données associées.

PRECONISATIONS		SCENARIOS	
N°	Libellé	-50%	Optimal
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	X	X
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	X	X
3	Reprise de l'étanchéité et de l'isolation en toiture de tous les bâtiments	X	X
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	X	X
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	X	X
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B' et D	X	X
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments		X
8	Mise en place de protections solaires extérieures	X	X
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A	X	X
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C et C'	X	X
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	X	X
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des deux sous-stations A et D	X	X
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D	X	X
14	Remplacement des <u>monosplits</u> au R22 du R+2 du bâtiment C par un <u>multisplit</u>		
15	Mise en place d'une gestion technique centralisée	X	X
<b>Investissement (€TTC) - hors surcoût MOE de 7 à 10%</b>		3 318 000	3 923 000
<b>Valorisation CEE (€)</b>		192 610	209 300
<b>Economies financières (€TTC/an)</b>		69 363	72 573
<b>Economies énergie finale (kWhcf/an)</b>		904 657	956 093
<b>Economies énergie finale (%)</b>		65%	68%
<b>Etiquette énergie primaire après travaux</b>		<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Etiquette GES après travaux</b>		<b>A</b>	<b>A</b>

## 1. Objectifs

L'opération consiste en la **rénovation énergétique des bâtiments A à D suivant les préconisations du scénario « optimal »** du diagnostic énergétique avec une priorité sur les bâtiments les plus énergivores (bâtiments A, A', B, B' et D).

Elle permettra également d'apporter une amélioration des éléments suivants :

- Les problèmes **d'accessibilité des personnes en situation de handicap** relevé dans le diagnostic ADAP et notamment afin de :
  - Rendre accessible PMR l'étage du bâtiment B' ;
  - Mettre en conformité les cheminements extérieurs et les sorties de secours ;
  - Améliorer l'accès du bâtiment A depuis le parvis ;
- **L'organisation des espaces** suivant les pôles d'activité afin de :
  - De réorganiser le rez-de-chaussée du bâtiment B' pourra accueillir des publics (associations, étudiants, personnels) pour du travail collectif ou individuel ;
  - Aménager une animalerie centralisée (2 espaces à délocaliser) dans le sous-sol du bâtiment comprenant une réorganisation des laboratoires adjacents ;
  - Adapter les heures d'ouverture des bâtiments pour mettre à disposition certains locaux hors des heures de cours et d'ouvrir la faculté au personnel pour sous-sol du bâtiment A' et aux étudiants et associations de quartier pour le RDC du bâtiment B' ;

– La **modernisation de l'enseignement** :

- Aménagement des petites salles partagées de travail, accessibles aux étudiants par un système de réservation au RDC du bâtiment B' ;
- La rénovation intérieure complétée du bâtiment D qui est dédié aux étudiants en physique aux nouvelles technologies, notamment aux énergies renouvelables, via un toit-terrasse dédié à l'expérimentation ;
- Les espaces d'enseignement des bâtiments A et A' seront modernisés de telle sorte à permettre un travail en pédagogie active (isolations phoniques entre les salles, câblages adaptés, amphithéâtres 2.0...).

Des aménagements extérieurs seront également à prévoir, (repris de cheminements, rénovation des galeries, espaces pour les associations,...).

Le concepteur devra apporter un soin très particulier aux façades des bâtiments A et B' afin que celles-ci reflètent la nouvelle image de la faculté et rendre la faculté des sciences plus attractive. L'aménagement du bâtiment B' permettra d'identifier l'accès de la faculté depuis le boulevard Lavoisier tel un totem.

# VI. LE PROJET

## 2. Découpage des travaux

Le concepteur devra effectuer les études suivant le découpage ci-après pour la réalisation des études avant-projet :

- Travaux de base :
  - Amélioration thermique et mise aux normes d'accessibilité des bâtiments A, A', B, B' et D
  - Réaménagement intérieur du bâtiment D dans sa globalité
  - Réorganisation fonctionnelle des bâtiments A' (sous-sol) et B'
- Travaux optionnels :
  - Amélioration thermique et mise aux normes d'accessibilité du bâtiment C
  - Amélioration thermique et mise aux normes d'accessibilité du bâtiment C'
  - Aménagement intérieur du RDC du bâtiment B'
  - Aménagement d'une salle pédagogique au RDC du bâtiment A'
  - La création d'un accès à la toiture terrasse du bâtiment D à des fins pédagogiques

Pour la phase d'étude PROJET, la MOA confirmera au concepteur le découpage des travaux (tranche unique avec PSE – tranche ferme et de(s) tranche(s) optionnelle(s) ...) afin de finaliser l'organisation des travaux et du chantier dans son dossier.

## 3. Enjeux

### a. Financement FEDER

Le projet de rénovation de la faculté des sciences d'Angers est financé pour partie par le fonds européen de développement régional (FEDER) de la région Pays de la Loire. Les travaux d'amélioration énergétique préconisés dans ce programme répondent aux niveaux d'exigence sur les performances énergétiques et environnementales du document de mise en œuvre (DOMO\*) relatif à la rénovation énergétique des établissements d'enseignement supérieur et de recherche, soit :

- Un gain minimal de 50% sur la performance énergétique globale du site ou une consommation théorique maximale de 110 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>shon/an.
- Les émissions de gaz à effet de serre du projet ne devront pas augmenter et devront être au final strictement inférieures à 20 kg<sub>eq</sub>CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SHON.an.
- Un gain minimal de 52 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>SRT.an conformément à la RT existante.

Pour l'ensemble des actions soutenues, seules les dépenses de travaux énergétiques hors taxe sont éligibles. Le montant d'aide varie de 30 à 50% du coût total éligible avec pour minimum 100 000€ et maximum 3 500 000€.

Une étude énergétique selon la méthode TH-C-E-EX 5 usages avec visite sur site préalable a été réalisée, conformément aux exigences du DOMO FEDER.

\* [https://www.paysdelaloire.fr/sites/default/files/2023-01/2022\\_12%20DOMO%20V1.pdf](https://www.paysdelaloire.fr/sites/default/files/2023-01/2022_12%20DOMO%20V1.pdf)

## 3. Enjeux

### b. Travaux en site occupé

L'accueil du public sera constant avec des périodes plus creuses car les laboratoires sont accessibles aux chercheurs toute l'année. En revanche, les espaces d'enseignement restent très fréquentés de septembre à mai. Les travaux devront donc être parfaitement séquencés de telle sorte à ce que les aménagements des formations (réorganisation des salles, décalages de TP, prêts d'espaces par d'autres composantes) soient les moins impactants et les plus courts possibles. Le concepteur devra proposer des procédés constructifs permettant d'optimiser les délais d'intervention sur le site.

Les travaux impacteront l'activité de nombreuses unités de travail : laboratoires, départements d'enseignement, associations étudiantes, administration, scolarité. Les échanges préparatoires avec les responsables de ces unités seront principalement organisés par la direction de composante, par la Direction du Patrimoine Immobilier (DPIL) et par la responsable du service maintenance et logistique. Ces derniers seront donc les interlocuteurs privilégiés du maître d'œuvre, qui aura par ailleurs l'occasion de rencontrer plus d'acteurs/usagers, lors de réunions ponctuelles.

En période estivale, les étudiants ne sont plus présents sur le site de juin à août et pour ceux qui ont des stages d'avril à août. Cette période sera à privilégier pour la restructuration des bâtiments B' et D. De plus, les enseignants qui occupent le bâtiment D, peuvent s'organiser pour ne commencer les cours pratiques dans ces salles qu'à partir de fin septembre et ils peuvent également s'organiser, dans un premier temps, pour n'utiliser qu'une salle de TP, le temps de terminer les travaux dans l'autre.

Il est rappelé au concepteur que la réouverture, même partielle, d'une zone restructurée devra faire l'objet d'une visite de la commission de sécurité avant que le public puisse y accéder. L'organisation des travaux et le planning des travaux devront en tenir compte.

# VI. LE PROJET

## 3. Enjeux

### c. Planning

ACTIONS	2023				2024				2025				2026				
	T1	T2	T3	T4													
Désignation de la maîtrise d'œuvre				▶													
Conception					▶												
Désignation des entreprises								▶									
Travaux								▶									
Livraison																	★

### d. Autres opérations de l'UA

#### Travaux de remplacement et déploiement du contrôle d'accès HOROQUARTZ sur le site de SCIENCES :

L'ensemble des locaux informatiques/baies du site de Sciences sont en cours de sécurisation. Les travaux de remplacement et déploiement du contrôle d'accès HOROQUARTZ sont organisés par tranches et sont répartis comme suit :

##### TRANCHE FERME ;

- Dépose de l'ancien système de contrôle d'accès
- Mise en œuvre des équipements centrale du nouveau système de contrôle d'accès
- Mise en œuvre du contrôle d'accès sur les accès extérieur des bâtiments
- Paramétrage et mise en service

##### TRANCHE OPTIONNELLE 1 ;

- Dépose de l'ancien système de contrôle d'accès
- Mise en œuvre du contrôle d'accès sur des bureaux et laboratoire
- Paramétrage et mise en service

##### TRANCHE OPTIONNELLE 2 ;

- Dépose de l'ancien système de contrôle d'accès
- Mise en œuvre du contrôle d'accès sur des salles de cours et laboratoire
- Paramétrage et mise en service

##### TRANCHE OPTIONNELLE 3 ;

- Dépose de l'ancien système de contrôle d'accès
- Mise en œuvre du contrôle d'accès sur les locaux technique
- Paramétrage et mise en service

##### TRANCHE OPTIONNELLE 4.

- Dépose de l'ancien système de contrôle d'accès
- Mise en œuvre du contrôle d'accès sur accès extérieur restant
- Paramétrage et mise en service

Les travaux de la TF + TO3 ont été réceptionnés en juillet 2023. Les travaux des TO 1, 2 et 4 seront réceptionnés en juillet 2024.

#### Etude du potentiel photovoltaïque des bâtiments du patrimoine immobilier de l'Université d'Angers :

Une étude portant en 1<sup>er</sup> lieu sur le site de Sciences est en cours en interne au sein du pôle Énergie de l'Université d'Angers. Cette étude prendra comme support une mission d'étude de faisabilité d'installation photovoltaïque réalisée en 2018 par un bureau d'étude. Par la suite une étude globale sera réalisée par un AMO pour l'identification du potentiel et la faisabilité photovoltaïque sur l'ensemble du patrimoine immobilier de l'Université d'Angers.

# VI. LE PROJET

## 4. Rénovation énergétique

### a. Performance souhaitée

- Le projet de rénovation de la faculté des sciences d'Angers fait l'objet d'une attente forte en termes de performance énergétique et environnementale. Cette approche se conformera aux documents directeurs de l'université d'Angers : «Exigences pour faciliter le fonctionnement et l'exploitation des bâtiments de l'université d'Angers» et «Plan de sobriété énergétique». La MOA souhaite réduire les consommations et dépenses d'énergie et améliorer le confort des occupants. Enfin et comme vu précédemment, les travaux d'amélioration énergétique préconisés répondent au niveau d'exigence sur les performances énergétiques et environnementales du FEDER Pays de Loire ainsi qu'à la conformité à la RT Existant Globale soit :
  - Un gain minimal de 50% sur la performance énergétique globale du site ou une consommation théorique maximale de 110 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>shon/an.
  - Les émissions de gaz à effet de serre du projet ne devront pas augmenter et devront être au final strictement inférieures à 20 kgeqCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SHON.an.
  - Un gain minimal de 52 kWh<sub>EP</sub>/m<sup>2</sup>SRT.an conformément à la RT existante.
- En outre, les objectifs énergétiques par bâtiment en Cep,max suivants sont à respecter :

Objectifs par bâtiment après travaux - calcul réglementaire Th-C-E Ex	
Bâtiment	Cep max (kWh EP/m <sup>2</sup> SHON)
A	50
A'	50
B	70
B'	50
C	70
C'	50
D	60

- Cette performance énergétique et environnementale devra s'accompagner d'une conception réfléchie, s'inscrivant dans une recherche de sobriété : tant du point de vue énergétique que grâce à la conception. Il s'agit donc de maîtriser les coûts de maintenance et d'exploitation.
- Le projet devra également respecter les principes constructifs suivants :
  - Privilégier les matériaux biosourcés.
  - Valoriser les déchets de chantier.
  - Employer des produits et matériaux de constructions avec une étiquette qualité de l'air A+.
  - Minimiser les émissions de gaz à effet de serre liées au site.
  - Améliorer le confort des usagers.

### b. Etudes à réaliser

- Les études énergétiques et environnementales suivantes seront à réaliser :
    - Simulation thermique dynamique (STD) : confort d'été, validation des protections solaires et rafraîchissement passifs, obligation de résultat avec un taux d'inconfort inférieur à 10% établi à partir du modèle de Givoni aux scénarios météorologiques de climat français 2030 et 2050.
    - Simulation énergétique dynamique (SED) : performance énergétique du bâtiment en fonctionnement, devra respecter l'objectif du décret tertiaire. Le scénario météorologique utilisé sera la moyenne mensuelle des 10 dernières années. Les simulations SED et STD seront réalisées via le logiciel Pléiades.
    - Test d'étanchéité à l'air intermédiaire par échantillonnage et test d'étanchéité à l'air en fin de chantier. La MOE sera particulièrement vigilante sur ce point.
- Les différentes études techniques donnant lieu à des temps de retour actualisés seront effectuées au coût global et prendront comme coût de fonctionnement de départ, le coût actuel de l'énergie de la collectivité.

# VI. LE PROJET

## 5. Expression des besoins

### a. Amélioration thermique

- ❖ Pour la partie amélioration énergétique, ce sont les préconisations du **scénario optimal de l'audit énergétique** qui seront réalisées (chapitre V. 4 e) et la reprise du revêtement des murs côté intérieur impactés par le remplacement des menuiseries extérieures.
- ❖ Pour les travaux sur les façades (ITE et menuiseries), le concepteur devra proposer un procédé permettant d'optimiser le temps d'intervention in-situ afin de minimiser le temps de fermeture des salles.
- ❖ Pour les besoins des travaux les panneaux d'affichage extérieurs au niveau des entrées pourront être supprimés.
- ❖ Le concepteur devra déterminer les façades qui nécessitent des protections solaires extérieures et le système à mettre en œuvre.

### b. Sécurisation des accès en toiture

- ❖ Prévoir l'amélioration et la sécurisation des accès aux toitures pour les maintenances. (en annexe les plans de repérage des types de toitures où sont indiqués les accès actuels)
- ❖ Prévoir la mise en place de protections collectives fixes sur les toitures-terrasses y compris couvertines.

### c. Mise en accessibilité PSH

- ❖ Suivant les diagnostics (ADAP en annexe), prévoir la mise en conformité des bâtiments suivant le phasage (information sonore / visuelle / signalétique, escaliers intérieurs et extérieurs)
- ❖ Création d'un ascenseur PMR extérieur pour le bâtiment B' permettant d'accéder aux 2 niveaux du bâtiment (rdc et étage) et améliorer le flux avec le bâtiment B. Il sera aménagé du côté nord du bâtiment et la galerie en béton sera utilisée comme palier à l'étage. Le concepteur devra les adaptations sur le bâtiment pour la création de l'accès au R+1 et la mise en place de garde de corps pour assurer la sécurité tout en conservant un accès pour l'entretien des toitures.
- ❖ Réaménagement du parvis afin de supprimer les rampes et l'embranchement existant au niveau du bâtiment A. Le revêtement de sol devra être perméable et drainant, dans la mesure du possible, tout en étant accessible aux engins de secours. Les travaux devront également permettre le passage de gaine en prévision des besoins pour le futur PC de sécurité.
- ❖ Reconfiguration des cheminements extérieurs secondaires au niveau des bâtiments B et B'
- ❖ Reconfiguration des cheminements extérieurs au niveau de bâtiment D
- ❖ Réfection des escaliers de secours extérieurs mise en conformité accessibilité des bâtiments B et D et pour la création d'une zone EAS (sécurité incendie) pour celui du bâtiment D.

Schéma de principe de ces aménagements : chapitre VI – 7 – plan de masse page 59.

# VI. LE PROJET

## 5. Expression des besoins

### d. Restructuration intérieure

❖ La réorganisation des espaces les travaux à prévoir sont :

➤ Le concepteur devra prévoir l'adaptation des installations du système de sécurité incendie aux restructurations réalisées.

➤ Bât A' au sous-sol :

- Aménagement d'une animalerie afin de regrouper celles présentes au R+1 du bâtiment B' et au R+1 du bâtiment C. Pour l'agrément, le concepteur devra se référer à l'arrêté du 01/02/13 fixant les conditions d'agrément, d'aménagement et de fonctionnement des établissements utilisateurs, éleveurs ou fournisseurs d'animaux utilisés à des fins scientifiques et leurs contrôles.
- Déplacement de la réserve de roches dans un autre local avec aménagement d'un atelier de découpe et création d'une réserve à proximité.
- Modification du laboratoire existant (dépose de meubles et paillasse existant, cloisonnement, aménagement de paillasse...).
- Modification du contrôle d'accès du sous-sol afin de permettre aux chercheurs d'accéder à l'animalerie pendant le weekend et les vacances si nécessaire

➤ Bât A au RDC :

- Afin de sécuriser l'accès à la zone de l'administration depuis l'accès au nord, prévoir une cloison avec une porte d'issue de secours entre l'escalier et l'archive et supprimer le placard présent dans le couloir.
- Revoir les accès au hall principal et prévoir la création de SAS
- Reprise de la banque d'accueil pour mise aux normes PMR

➤ Bât B :

- Créer un accès indépendant pour les salles de TP côté ouest du bâtiment afin de ne plus avoir à traverser les salles de TP à l'est depuis le SAS principal (transformer les issues de secours en portes d'accès).
- Rendre accessible le SAS secondaire pour des chariots roulants

➤ Bât B' :

- Le RDC sera dédié aux locaux des associations et à des salles de travail collaboratif. En base, cette zone ne sera pas modifiée hormis pour la création d'un sanitaire à la place de l'actuelle chambre froide.
- Transformation de l'espace animalerie au R+1 en salle de préparation humide de TP et une chambre froide de 4°C comprenant du rayonnage interne à la structure et accessible depuis la circulation.

# VI. LE PROJET

## 5. Expression des besoins

### d. Restructuration intérieure

#### ➤ Bât D :

- Rénovation complète de l'aménagement intérieur du bâtiment comprenant :
  - Un bureau pour deux personnes comprenant la suppression de la porte d'accès du bureau depuis l'extérieur
  - Deux salles de TP avec chacune un local annexe occultable à 100% pour les manipulations en optique, le remplacement de l'ensemble des paillasse et la création d'une cloison pliante entre la salle TP L1 et l'annexe L1.
  - Deux ateliers
  - Un laboratoire de « fablab » avec un espace de gravure
  - Un sanitaire PMR
- Pendant les travaux prévoir la location d'un conteneur afin que les enseignants puissent y stocker leurs matériels.
- Aménager de récupérateurs des EP pour l'arrosage des plantes pédagogiques et sanitaires.

#### ❖ La réorganisation des espaces les travaux à prévoir **EN OPTION** sont :

#### ➤ Bât A' au RDC :

- Aménagement d'une salle de cours et de travaux dirigés (TD) moderne de 40 personnes pour un enseignement innovant dans le même esprit que les salles existantes, à la place des espaces dédiés aux associations. Prévoir la création d'un local technique pour l'installation d'une baie audiovisuel à proximité.



*Salle moderne existante*

#### ➤ Bât B' :

- Le RDC sera dédié aux locaux des associations et à des salles de travail collaboratif. Cette zone sera également accessible hors des heures d'ouverture de la faculté par un système de badge. Sera aménagé :
  - 6 espaces pour les associations dont 4 disposeront de point d'eau et deux seront dédiés à UACMI pour des travaux de groupes
  - 1 espace de rangement
  - 4 salles de travail collaboratif
  - 1 sanitaire supplémentaire (déjà prévu en base)

# VI. LE PROJET

## 5. Expression des besoins

### d. Restructuration intérieure

- Prévoir l'adaptation du système de sécurité incendie à cette zone (soit sur la centrale actuelle si le PC sécurité est en cours d'aménagement par le maître d'ouvrage (hors présent CPER), soit modification de la catégorie du bâtiment pour l'installation du SSI de type 4 et prévoir les travaux annexes pour l'isolement aux tiers).
- Prévoir l'accès des salles de travail et aux associations par un système de badge.
- Pour les espaces au RDC, prévoir un rafraîchissement des locaux (sol/mur/plafond/fluides). Pendant les travaux prévoir la location d'un conteneur afin que les associations puissent y stocker leurs matériels.
- Aménagement d'un espace extérieur dédié aux étudiants (terrasse) accessible depuis la grande salle associative et comprenant un regard sécurisé avec 6 prises de courant étanches et deux robinets extérieurs avec vanne d'arrêt côté intérieur (depuis 2 salles associatives). Cet espace devra également être accessible PMR depuis l'accès sud du bâtiment.

➤ Bât C' au R+1 : Transformation de l'espace animalerie au R+1 en laboratoire.

➤ Bât D :

- Créer un accès à la toiture pour y installer des appareils de mesure et autres à des fins pédagogiques. Il faudra prévoir une structure avec sabot lors de la réfection de l'étanchéité de la toiture pour l'installation de panneaux photovoltaïques ou des cellules photovoltaïques à des fins pédagogiques (relevés de mesure). Il n'est pas prévu la mise en place d'appareil de production d'électricité pour le bâtiment. Dans l'étude de faisabilité, il est pris comme hypothèse que le plancher de toit terrasse est accessible pour l'estimation des travaux. Cette hypothèse sera à confirmer par l'étude de structure de la MOE à réaliser en phase diagnostic. Prévoir en alternatif, l'utilisation du toit terrasse du bâtiment Db (R+1) qui est déjà accessible depuis l'escalier sur le pignon nord.

# VI. LE PROJET

## 5. Expression des besoins

### e. Autres travaux à l'extérieur

#### ❖ Galerie:

- Afin de minimiser les couts, les ponts thermiques de l'ITE dus à la proximité des galeries par rapport aux façades sont tolérables et admissibles au vu de l'amélioration thermique générale ou d'une isolation par l'intérieur qui engendre plus de ponts thermiques (sur chaque cloison/mur et plancher)
- Pour les galeries en béton armé, prévoir une réfection de l'étanchéité des toitures, le traitement des aciers corrodés et un ravalement général
- Pour les galeries métalliques, prévoir un traitement antirouille, remise en peinture et une révision des évacuations des eaux pluviales.

#### ❖ Aménager un récupérateur des EP pour l'arrosage des plantes pédagogiques au niveau du bât B'

#### ❖ Aménager un abri à vélo fermé pour 25 vélos à proximité de la zone parking et bât A

# VI. LE PROJET

## 6. Surfaces théoriques

Le programme de surface théorique est détaillé dans le tableau ci-après exprimé en surface utile. Les surfaces unitaires correspondent à celle d'un carré ou d'un rectangle qui peut s'inscrire dans des formes géométriques différentes, d'une surface supérieure.

Les surfaces reprennent les exigences du code de travail, les exigences des règles de sécurité des ERP (Etablissement Recevant du Public).

Le tableau ci-après traduit les besoins des futurs usagers en surface, en bleu sont repérés les espaces concernés par les restructurations :

### Bâtiment A

BATIMENT A en R+2 avec sous-sol									
			SURFACE EXISTANT		SURFACE THEORIQUE				
		LOCAUX / ESPACES	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	OBSERVATIONS
<b>ADMINISTRATION</b>									
A-A-1	RDC	Bureau	1	49	49	1	49	49	
A-A-2	RDC	Bureau	1	36	36	1	36	36	
A-A-3	RDC	Réserve	1	10	10	1	17	17	accessible depuis bureau existant et salle de réunion
A-A-4	RDC	Bureau	1	18	18	1	18	18	
A-A-5	RDC	Bureau	1	17	17	1	17	17	
A-A-6	RDC	Bureau	1	20	20	1	20	20	
A-A-7	RDC	Bureau	1	13	13	1	13	13	
A-A-8	RDC	Bureau	1	21	21	1	21	21	
A-A-9	RDC	Reprographie	1	5	5	1	5	5	
A-A-10	RDC	Salle de réunion / Détente				1	30	30	(côté sud-est)
A-A-11	RDC	Salle de détente	1	49	49	1	49	49	pour la pause méridienne (côté sud-ouest)
A-A-12	RDC	Salle de réunion	1	37	37	1	37	37	pour réunion et syndicale (côté sud-ouest)
A-A-13	RDC	Réserve	1	7	7	1	7	7	pour papier, proche des sanitaires
A-A-14	RDC	Archives	1	8	8	1	8	8	proche des bureaux
A-A-15	RDC	Sanitaires	1	13	13	1	13	13	proche des bureaux

		LOCAUX / ESPACES	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	OBSERVATIONS
<b>ADMINISTRATION</b>									
A-A-16	R+1	Bureau	1	26	26	1	26	26	
A-A-17	R+1	Bureau	1	20	20	1	20	20	
A-A-18	R+1	Bureau	3	19	57	3	19	57	
A-A-19	R+1	Bureau	1	29	29	1	29	29	
A-A-20	R+1	Bureau	1	9	9	1	9	9	
A-A-21	R+1	Bureau	1	17	17	1	17	17	
A-A-22	R+1	Reprographie	1	10	10	1	10	10	utilisé en espace café
A-A-23	R+1	Salle de réunion	1	81	81	1	81	81	
A-A-24	R+1	Office salle de réunion	1	5	5	1	5	5	
A-A-25	R+1	Réserve	1	7	7	1	7	7	utilisé pour le stockage des bases des talkies
A-A-26	R+1	Archive	1	7	7	1	7	7	
A-A-27	R+1	Réserve	1	9	9	1	9	9	
A-A-28	R+1	Sanitaires	1	8	8	1	8	8	
A-A-29	R+1	Sanitaires	1	5	5	1	5	5	
<b>SOUS TOTAL ADMINISTRATION</b>					593			630	
<b>SOCIAL</b>									
A-B-1	RDC	Logement T4 gardien	1	76	76				n'est plus utilisé en logement. Stockage divers pour accueil
A-B-2	R+1	Infirmierie	1	11	11	1	11	11	ancien studio
<b>SOUS TOTAL SOCIAL</b>					87			11	
<b>ENSEIGNEMENT</b>									
A-C-1	RDC	Amphi A	1	94	94	1	94	94	
A-C-2	RDC	Amphi B	1	212	212	1	212	212	
A-C-3	RDC	Amphi D	1	239	239	1	239	239	
A-C-4	RDC	Amphi E	1	161	161	1	161	161	
A-C-5	RDC	Réserve de l'Amphi B	1	4	4	1	4	4	
A-C-6	RDC	Réserve de l'Amphi B	1	9	9	1	9	9	
A-C-7	RDC	Réserve de l'Amphi A	1	9	9	1	9	9	
A-C-8	RDC	Régis des Amphis D et E	1	10	10	1	10	10	
A-C-9	RDC	Sanitaires	1	23	23	1	23	23	
A-C-10	RDC	Sanitaires	1	22	22	1	22	22	
<b>SOUS TOTAL ENSEIGNEMENT</b>					783			783	
<b>VIE ETUDIANTE</b>									
A-D-1	RDC	Cafétéria	1	360	360	1	360	360	
A-D-2	RDC	Cafétéria	1	8	8	1	8	8	
<b>SOUS TOTAL VIE ETUDIANTE</b>					368			368	

# VI. LE PROJET

## 6. Surfaces théoriques

### □ Bâtiment A'

BATIMENT A'									
en R+1 avec sous-sol									
			SURFACE EXISTANT			SURFACE THEORIQUE			
		LOCAUX / ESPACES	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	OBSERVATIONS
<b>ADMINISTRATION</b>									
A'-A-1	S-SOL	Réserve (archive)	1	48	48	1	48	48	archives de la scolarité
<b>SOUS TOTAL ADMINISTRATION</b>					<b>48</b>		<b>48</b>		
<b>ENSEIGNEMENT</b>									
A'-C-1	RDC	Salle de cours et TD	2	60	120	2	60	120	salle d'innovation pédagogique (également pour réunion et visioconférence) récemment refaite
A'-C-2	RDC	Salle de cours et TD	1	48	48	1	48	48	salle d'innovation pédagogique (également pour réunion et visioconférence) récemment refaite
A'-C-3	RDC	Salle de cours et TD				1	88	88	EN OPTION Fusion des salles associatives en une salle d'innovation pédagogique
A'-C-4	R+1	Salle informatique	1	52	52	1	52	52	RAS
A'-C-5	R+1	Salle de cours et TD	1	69	69	1	69	69	RAS
A'-C-6	R+1	Salle de cours et TD	1	60	60	1	60	60	RAS
A'-C-7	R+1	Salle de cours et TD	1	48	48	1	48	48	RAS
A'-C-8	R+1	Salle de cours et TD	1	47	47	1	47	47	RAS
A'-C-9	R+1	Salle de cours et TD	1	53	53	1	53	53	RAS
<b>SOUS TOTAL ENSEIGNEMENT</b>					<b>497</b>		<b>585</b>		
<b>VIE ETUDIANTE</b>									
A'-D-1	RDC	Local associatif / syndical	1	30	30				EOPRO - à aménager dans le bâtiment B'
A'-D-2	RDC	Local associatif / syndical	1	29	29				Fe2A - à aménager dans le bâtiment B'
A'-D-3	RDC	Local associatif / syndical	1	27	27				UNEF - à aménager dans le bâtiment B'
<b>SOUS TOTAL VIE ETUDIANTE</b>					<b>86</b>				
<b>RECHERCHE</b>									
A'-E-1	S-SOL	Laboratoire de recherche	1	23	23	1	23	23	service LETG - atelier de découpe et d'observation
A'-E-2	S-SOL	Réserve des roches				1	11	11	
A'-E-3	S-SOL	Laboratoire de recherche	1	44	44	1	23	23	service LPhIA - compris nouvelle paillasse
A'-E-4	S-SOL	Laboratoire de recherche	1	44	44				réserve Roches réaménager en animalerie
A'-E-5	S-SOL	Laboratoire de recherche	1	10	10				réserve Roches réaménager en animalerie
A'-E-6	S-SOL	Laboratoire de recherche	1	9	9				réserve Roches réaménager en animalerie
A'-E-7	S-SOL	Animalerie				1	63	63	Animalerie du B' et C'
<b>SOUS TOTAL RECHERCHE</b>					<b>130</b>		<b>120</b>		

		LOCAUX / ESPACES	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	OBSERVATIONS
<b>SERVICE M ET L</b>									
A'-F-1	S-SOL	Réserve	1	3	3	1	3	3	Placard
A'-F-2	RDC	Réserve	1	5	5	1	5	5	
<b>SOUS TOTAL SERVICE M ET L</b>					<b>8</b>		<b>8</b>		
<b>TECHNIQUE</b>									
A'-I-1	S-SOL	LT - TGBT	1	3	3	1	3	3	
A'-I-2	RDC	LT - baie audiovisuel				1	3	3	EN OPTION pour la salle de cours et TD
<b>SOUS TOTAL TECHNIQUE</b>					<b>3</b>		<b>6</b>		
<b>CIRCULATIONS</b>									
A'-J-1	S-SOL	Circulations interdies aux publics	ens		42	ens		42	
A'-J-2	RDC	Circulations accès aux publics	ens		81	ens		78	
A'-J-3	R+1	Circulations accès aux publics	ens		102	ens		102	
<b>SOUS TOTAL CIRCULATIONS</b>							<b>225</b>	<b>222</b>	
<b>TOTAL BATI</b>					<b>997</b>		<b>989</b>		

# VI. LE PROJET

## 6. Surfaces théoriques

### □ Bâtiment B

BATIMENT B en RDC									
LOCAUX / ESPACES		SURFACE EXISTANT			SURFACE THEORIQUE			OBSERVATIONS	
		NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )		
<b>ENSEIGNEMENT</b>									
B-C-1	RDC	Bureau	1	18	18	1	18	18	
B-C-2	RDC	Salle TP	2	61	122	2	61	122	
B-C-3	RDC	Salle TP	2	73	146	2	73	146	
B-C-4	RDC	Salle de préparation TP	2	12	24	2	12	24	
B-C-5	RDC	Réserve produits chimique	1	24	24	1	24	24	collections végétales
B-C-6	RDC	Réserve produits chimique	1	9	9	1	9	9	
B-C-7	RDC	Réserve matériel	1	23	23	1	23	23	
<b>SOUS TOTAL ENSEIGNEMENT</b>				<b>366</b>			<b>366</b>		
<b>CIRCULATIONS</b>									
B-I-1	RDC	Circulations accès aux publics	ens		15	ens		15	
<b>SOUS TOTAL CIRCULATIONS</b>				<b>15</b>			<b>15</b>		
<b>TOTAL BATI</b>				<b>381</b>			<b>381</b>		

### □ Bâtiment B'

BATIMENT B' en R+1 avec sous-sol									
LOCAUX / ESPACES		SURFACE EXISTANT			SURFACE THEORIQUE			OBSERVATIONS	
		NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )		
<b>SOCIAL</b>									
B'-B-1	RDC	Salle de détente	1	37	37				déjà utilisé par les association depuis la rentrée 2023
B'-B-2	RDC	Salle de travail collaboratif				1	17	17	EN OPTION - pour étudiants
B'-B-3	RDC	Salle de travail collaboratif				2	18	36	EN OPTION - pour étudiants
B'-B-4	RDC	Salle de travail collaboratif				1	21	21	EN OPTION - pour étudiants
B'-B-5	RDC	sanitaires				1	6	6	EN OPTION - Transformation de la zone de la chambre froide
B'-B-6	RDC	sanitaires				1	5	5	existante
<b>SOUS TOTAL SOCIAL</b>				<b>37</b>			<b>85</b>		
<b>ENSEIGNEMENT</b>									
B'-C-1	RDC	Bureau	1	15	15				déjà utilisé par les association depuis la rentrée 2023
B'-C-2	RDC	Bureau	1	17	17				
B'-C-3	RDC	Bureau	2	18	36				dont une déjà utilisé par les association depuis la rentrée 2023
B'-C-4	RDC	Salle de TP	1	65	65				
B'-C-5	RDC	Salle de préparation TP	1	18	18				
B'-C-6	RDC	Chambre froide	1	6	6				Transformer en sanitaires
B'-C-7	RDC	sanitaires	1	5	5				
B'-C-8	R+1	Bureau	2	18	36	2	18	36	
B'-C-9	R+1	Bureau	1	21	21	1	21	21	
B'-C-10	R+1	Salle de TP	1	65	65	1	65	65	
B'-C-11	R+1	Salle de TP	1	46	46	1	46	46	
B'-C-12	R+1	Salle de préparation TP	1	17	17	1	17	17	
B'-C-13	R+1	Salle de préparation TP				1	27	27	avec sorbonne et pailasse y compris aménagement d'une chambre froide
B'-C-14	R+1	Réserve matériel	1	18	18	1	18	18	
B'-C-15	R+1	sanitaires	1	5	5	1	5	5	
<b>SOUS TOTAL ENSEIGNEMENT</b>				<b>370</b>			<b>235</b>		
<b>VIE ETUDIANTE</b>									
B'-D-1	RDC	Local associatif / syndical				1	37	37	EN OPTION - accès à la terrasse
B'-D-2	RDC	Rangement				1	9	9	EN OPTION
B'-D-3	RDC	Local associatif / syndical				1	27	27	EN OPTION
B'-D-4	RDC	Local associatif / syndical				2	18	36	EN OPTION
B'-D-5	RDC	Local associatif / syndical				1	15	15	EN OPTION - dédié à UACMI
B'-D-6	RDC	Local associatif / syndical				1	18	18	EN OPTION - dédié à UACMI
<b>SOUS TOTAL VIE ETUDIANTE</b>							<b>142</b>		

# VI. LE PROJET

## 6. Surfaces théoriques

### □ Bâtiment B'

		LOCAUX / ESPACES	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	OBSERVATIONS
<b>RECHERCHE</b>									
B'-E-1	S-SOL	Réserve de matériel	1	2	2	1	2	2	
B'-E-2	S-SOL	Réserve de matériel	1	4	4	1	4	4	
B'-E-3	RDC	Salle de réunion /Laboratoire	1	21	21				Espace réservé aux associations
B'-E-4	RDC	Réserve matériel	1	9	9				Espace réservé aux associations
B'-E-5	R+1	Animalerie	1	27	27				transférer dans les sous-sol du bat A'
<b>SOUS TOTAL RECHERCHE</b>					<b>63</b>			<b>6</b>	
<b>TECHNIQUE</b>									
B'+I-1	S-SOL	LT - TGBT	1	25	25	1	25	25	
B'+I-2	RDC	LT - CVC	1	12	12	1	12	12	accès vide-sanitaire
B'+I-3	RDC	LT informatique	1	6	6	1	6	6	accès à sécuriser
<b>SOUS TOTAL TECHNIQUE</b>					<b>43</b>			<b>43</b>	
<b>CIRCULATIONS</b>									
B'-J-1	S-SOL	Circulations interdies aux publics	ens		5	ens		5	pour accès réserves et vide-sanitaire
B'-J-2	RDC	Hall	1	9	9	1	9	9	
B'-J-3	RDC	Circulations accès aux publics	ens		37	ens		37	
B'-J-4	R+1	Circulations accès aux publics	ens		62	ens		62	
<b>SOUS TOTAL CIRCULATIONS</b>					<b>113</b>			<b>113</b>	
<b>TOTAL BATI</b>					<b>626</b>			<b>624</b>	

### □ Bâtiment C

BATIMENT C en RDC									
		LOCAUX / ESPACES	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	OBSERVATIONS
<b>ENSEIGNEMENT</b>									
C-C-1	RDC	Bureau	1	16	16	1	16	16	
C-C-2	RDC	Salle de TP	2	122	244	2	122	244	
C-C-3	RDC	Salle de préparation TP	1	24	24	1	24	24	
C-C-4	RDC	Réserve produits chimique	1	11	11	1	11	11	y compris SAS
C-C-5	RDC	sanitaires	1	4	4	1	4	4	
<b>SOUS TOTAL ENSEIGNEMENT</b>					<b>299</b>			<b>299</b>	
<b>LOGISTIQUE</b>									
C-H-1	RDC	LT - électrique	1	8	8	1	8	8	
C-H-2	RDC	LT - Informatique	1	8	8	1	8	8	
<b>SOUS TOTAL LOGISTIQUE</b>					<b>16</b>			<b>16</b>	
<b>CIRCULATIONS</b>									
C-J-1	RDC	Hall	1	14	14	1	14	14	
C-J-2	RDC	Circulations accès aux publics	ens		2	ens		2	
<b>SOUS TOTAL CIRCULATIONS</b>					<b>16</b>			<b>16</b>	
<b>TOTAL BATI</b>					<b>331</b>			<b>331</b>	

# VI. LE PROJET

## 6. Surfaces théoriques

### □ Bâtiment C'

BATIMENT C' en R+2								
C	R	LOCAUX / ESPACES	SURFACE EXISTANT		SURFACE THEORIQUE		OBSERVATIONS	
			NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR		SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )
C'-A-1	R+2	<b>ADMINISTRATION</b>						
		Bureau	1	27	27	1	27	27
		<b>SOUS TOTAL ADMINISTRATION</b>			27			27
C'-B-1	RDC	<b>SOCIAL</b>						
		Bureau	1	17	17	1	17	17
		<b>SOUS TOTAL SOCIAL</b>			17			17
C'-C-1	RDC	<b>ENSEIGNEMENT</b>						
		Laboratoire de recherche	1	39	39	1	39	39
		Réserve produits chimiques	1	5	5	1	5	5
C'-C-2	RDC						y compris sas	
		<b>SOUS TOTAL ENSEIGNEMENT</b>			44		44	
<b>RECHERCHE</b>								
C'-E-1	RDC	Bureau	1	15	15	1	15	15
C'-E-2	RDC	Bureau	2	17	34	2	17	34
C'-E-3	RDC	Bureau	1	24	24	1	24	24
C'-E-4	RDC	Bureau	1	25	25	1	25	25
C'-E-5	RDC	Bureau	1	35	35	1	35	35
C'-E-6	RDC	Laboratoire de recherche	1	15	15	1	15	15
C'-E-7	RDC	Laboratoire de recherche	1	17	17	1	17	17
C'-E-8	RDC	Chambre froide	1	3	3	1	3	3
C'-E-9	RDC	Salle de détente	1	27	27	1	27	27
C'-E-10	RDC	Réserve (archives)	1	3	3	1	3	3
C'-E-11	RDC	Sanitaires	1	11	11	1	11	11
C'-E-12	R+1	Bureau	1	14	14	1	14	14
C'-E-13	R+1	Bureau	1	17	17	1	17	17
C'-E-14	R+1	Bureau	1	27	27	1	27	27
C'-E-15	R+1	Laboratoire de recherche	1	15	15	1	15	15
C'-E-16	R+1	Laboratoire de recherche	1	17	17	1	17	17
C'-E-17	R+1	Laboratoire de recherche	1	18	18	1	18	18
C'-E-18	R+1	Laboratoire de recherche	1	25	25	1	25	25
C'-E-19	R+1	Laboratoire de recherche	2	27	54	2	27	54
C'-E-20	R+1	Laboratoire de recherche	1	35	35	1	35	35
C'-E-21	R+1	Laboratoire de recherche				1	16	16
C'-E-22	R+1	Animalerie	1	16	16			
C'-E-23	R+1	Salle de détente	1	27	27	1	27	27
C'-E-24	R+1	Sanitaires	1	11	11	1	11	11

C	R	LOCAUX / ESPACES	SURFACE EXISTANT		SURFACE THEORIQUE		OBSERVATIONS	
			NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR		SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )
C'-E-25	R+2	Bureau	2	13	26	2	13	26
C'-E-26	R+2	Bureau	1	16	16	1	16	16
C'-E-27	R+2	Bureau	3	17	51	3	17	51
C'-E-28	R+2	Bureau	1	18	18	1	18	18
C'-E-29	R+2	Bureau	1	23	23	1	23	23
C'-E-30	R+2	Bureau	2	25	50	2	25	50
C'-E-31	R+2	Bureau	1	26	26	1	26	26
C'-E-32	R+2	Bureau	1	27	27	1	27	27
C'-E-33	R+2	Sanitaires	1	11	11	1	11	11
		<b>SOUS TOTAL RECHERCHE</b>			733			733
C'-I-1	R+1	<b>TECHNIQUE</b>						
		LT - Electrique	1	3	3	1	3	3
		<b>SOUS TOTAL TECHNIQUE</b>			3		3	
<b>CIRCULATIONS</b>								
C'-J-1	RDC	Circulations accès aux publics	ens		89	ens		89
C'-J-2	R+1	Circulations accès aux publics	ens		89	ens		89
C'-J-3	R+2	Circulations accès aux publics	ens		90	ens		90
		<b>SOUS TOTAL CIRCULATIONS</b>			268			268
		<b>TOTAL BATI</b>			1 092			1 092

# VI. LE PROJET

## 6. Surfaces théoriques

### ☐ Bâtiment D

BATIMENT D								
	LOCAUX / ESPACES	SURFACE EXISTANT			SURFACE THEORIQUE			OBSERVATIONS
		NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	NBR	SURFACE UNITAIRE (m <sup>2</sup> )	SURFACE TOTALE (m <sup>2</sup> )	
<b>ENSEIGNEMENT</b>								
D-C-1	RDC Bureau	1	18	18	1	17	17	
D-C-2	RDC Salle de préparation TP	1	10	10				
D-C-3	RDC Salle de TP L1	1	100	100	1	73	73	nouvelles paillasses et cloison pliante entre l'annexe
D-C-4	RDC Annexe L1	1	24	24	1	49	49	possibilité d'occultation à 100%
D-C-5	RDC Salle de TP L2	1	100	100	1	100	100	nouvelles paillasses
D-C-6	RDC Annexe L2	1	24	24	1	24	24	possibilité d'occultation à 100%, et nouvelles paillasses
D-C-7	RDC Atelier	2	18	36	2	18	36	
D-C-8	RDC Sanitaire	1	4	4	1	5	5	
D-C-9	RDC Salle de TP humide	1	10	10				
D-C-10	RDC Laboratoire fablab				1	13	13	
D-C-11	RDC Gravure				1	6	6	
<b>SOUS TOTAL ENSEIGNEMENT</b>				<b>326</b>			<b>323</b>	
<b>CIRCULATIONS</b>								
D-J-1	RDC Hall	1	12	12				
D-J-2	RDC Circulations accès aux publics	1	3	3				
D-J-3	RDC Dégagement				1	18	18	
<b>SOUS TOTAL CIRCULATIONS</b>				<b>15</b>			<b>18</b>	
<b>TOTAL BATI</b>				<b>341</b>			<b>341</b>	

# VI. LE PROJET

## 7. Schémas fonctionnels

Ces schémas sont une proposition du programmiste vue avec la MOA. Cependant, le maître d'œuvre est libre d'en proposer une autre suivant les besoins annoncés en amont.

### ☐ Bâtiment A' - Plan sous-sol:

**Zoom sur la zone concernée par la réorganisation des locaux :**

**- EN BASE : le sous-sol du bâtiment A' pour l'installation d'une animalerie et réorganisation des espaces adjacents**

Légende

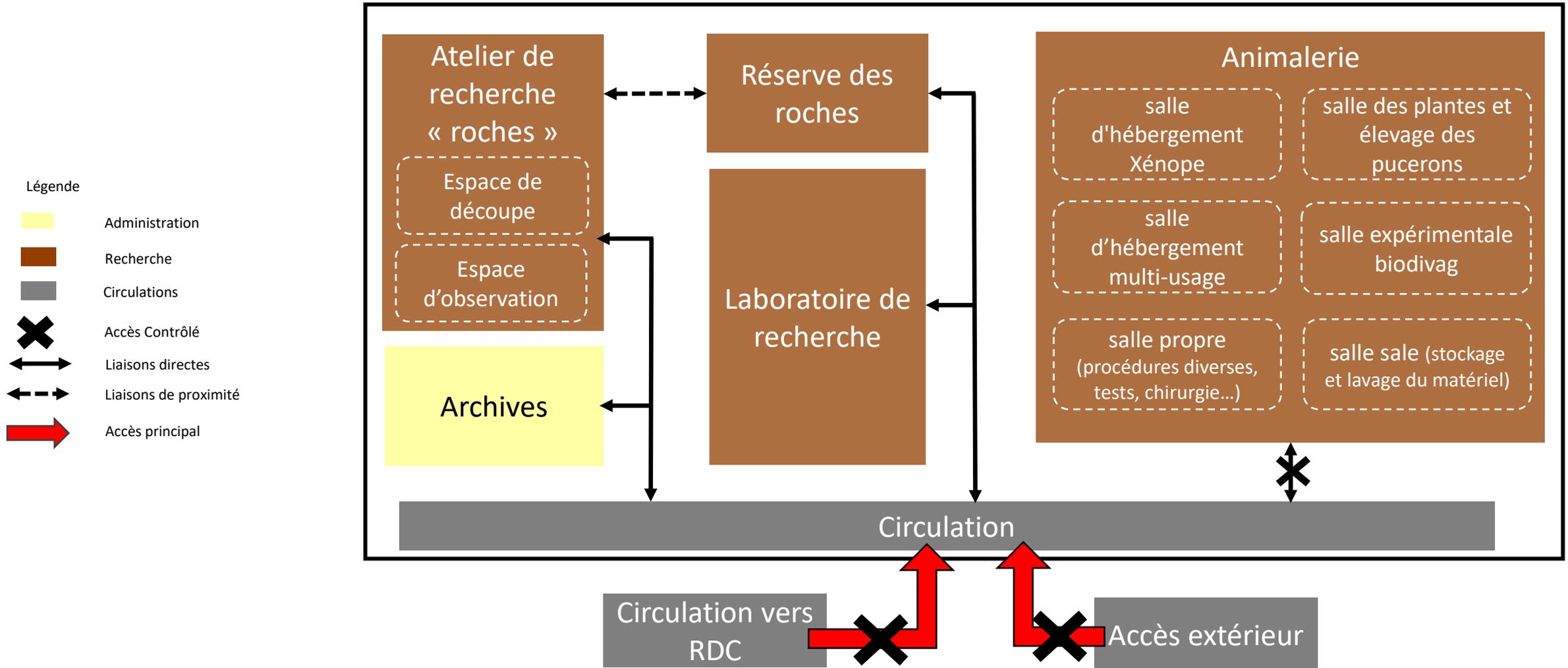
- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations
- vide sanitaire



# VI. LE PROJET

## 7. Schémas fonctionnels

### □ Bâtiment A' – Organigramme fonctionnel du sous-sol:





# VI. LE PROJET

## 7. Schémas fonctionnels

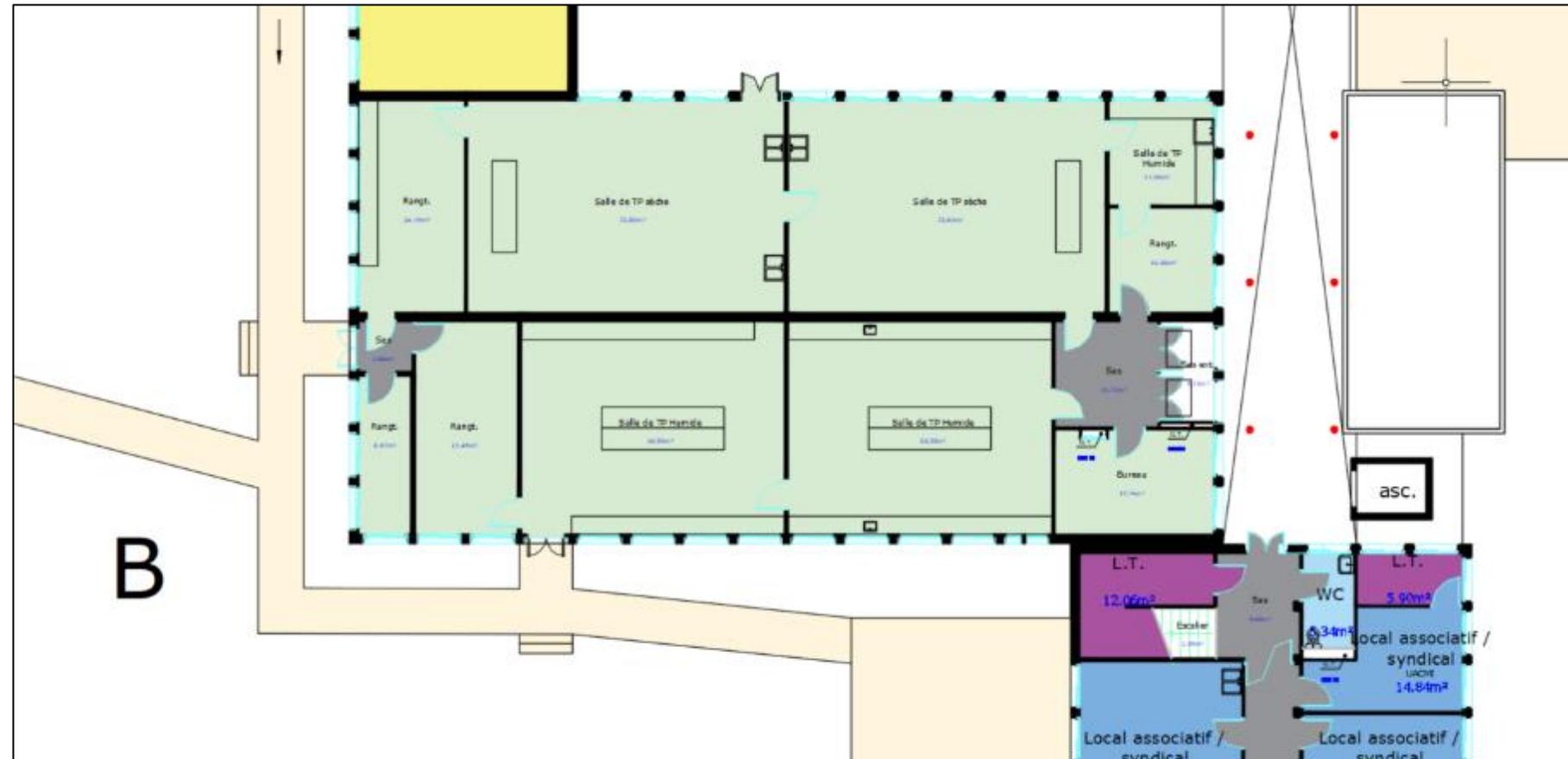
### □ Bâtiment B - Plan RDC :

Zoom sur la zone concernée par la réorganisation des locaux :

- Transformation des issues de secours en porte d'accès pour les deux salles de TP
- Reprise des cheminements (création de rampes pmr)

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations



# VI. LE PROJET

## 7. Schémas fonctionnels

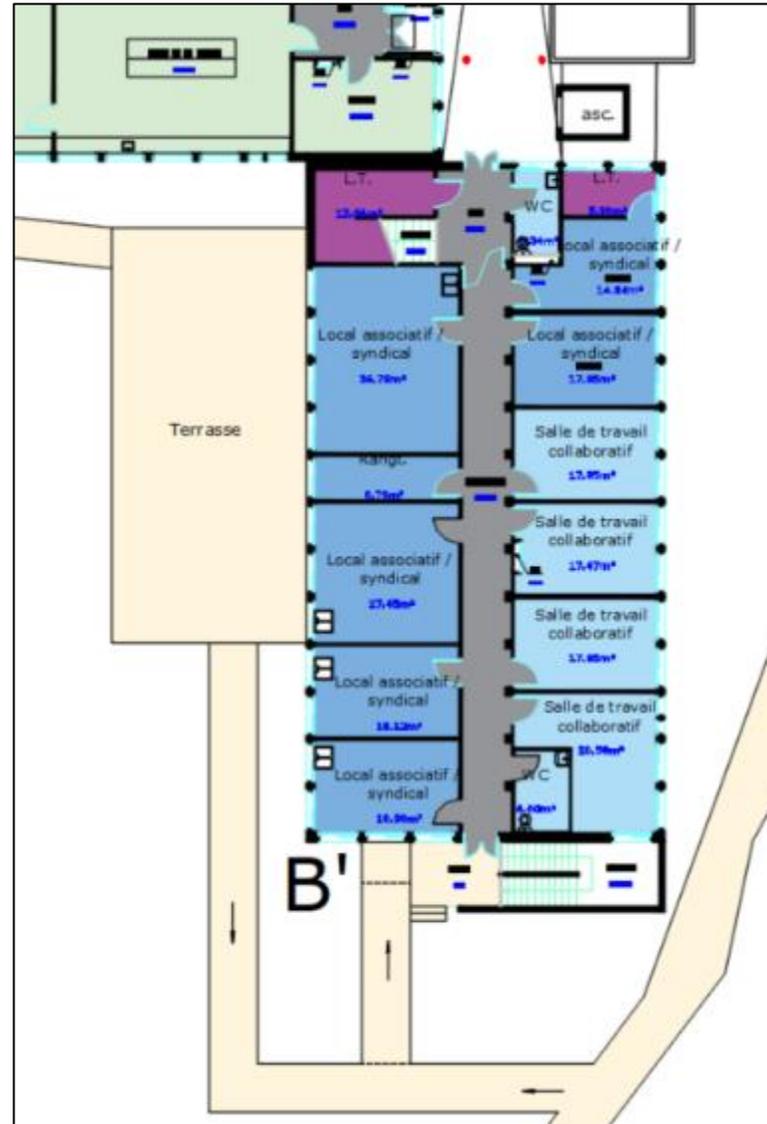
### □ Bâtiment B' - Plan RDC :

Zoom sur la zone concernée par la réorganisation des locaux :

- Reprise des cheminements (création de rampes pmr)
- Aménagement d'un ascenseur
- EN OPTION : Réaménagement de l'ensemble du RDC en conservant la distribution
- EN OPTION : Aménagement d'une terrasse

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations



# VI. LE PROJET

## 7. Schémas fonctionnels

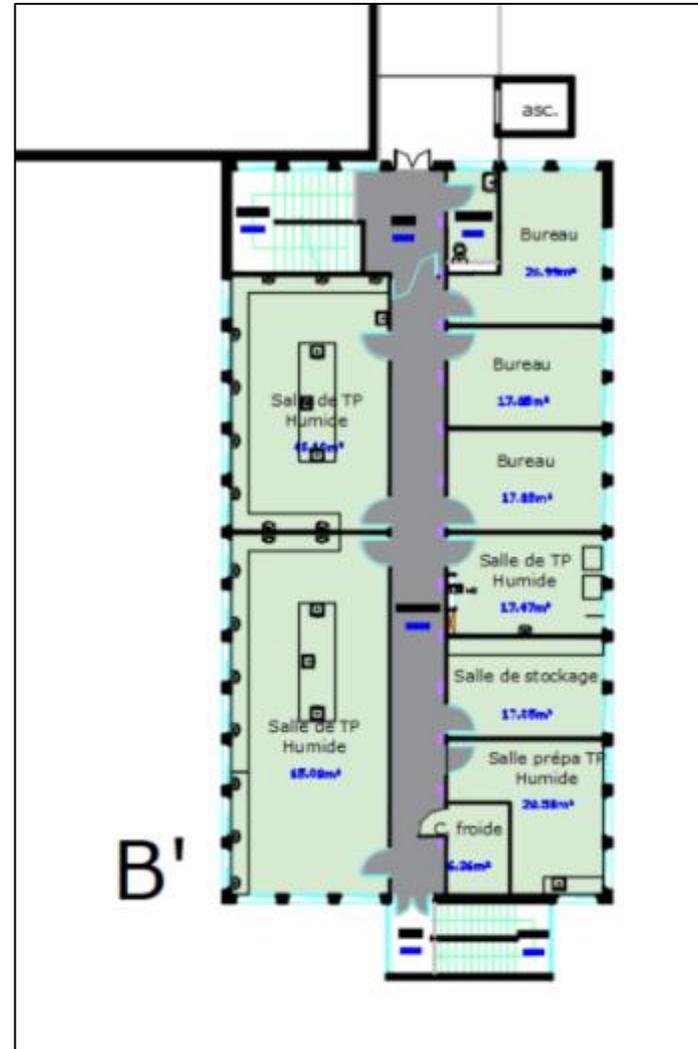
### □ Bâtiment B' - Plan R+1 :

Zoom sur la zone concernée par la réorganisation des locaux :

- Réaménagement de l'ancienne animalerie
- Aménagement d'un accès au bâtiment depuis l'ascenseur

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations



# VI. LE PROJET

## 7. Schémas fonctionnels

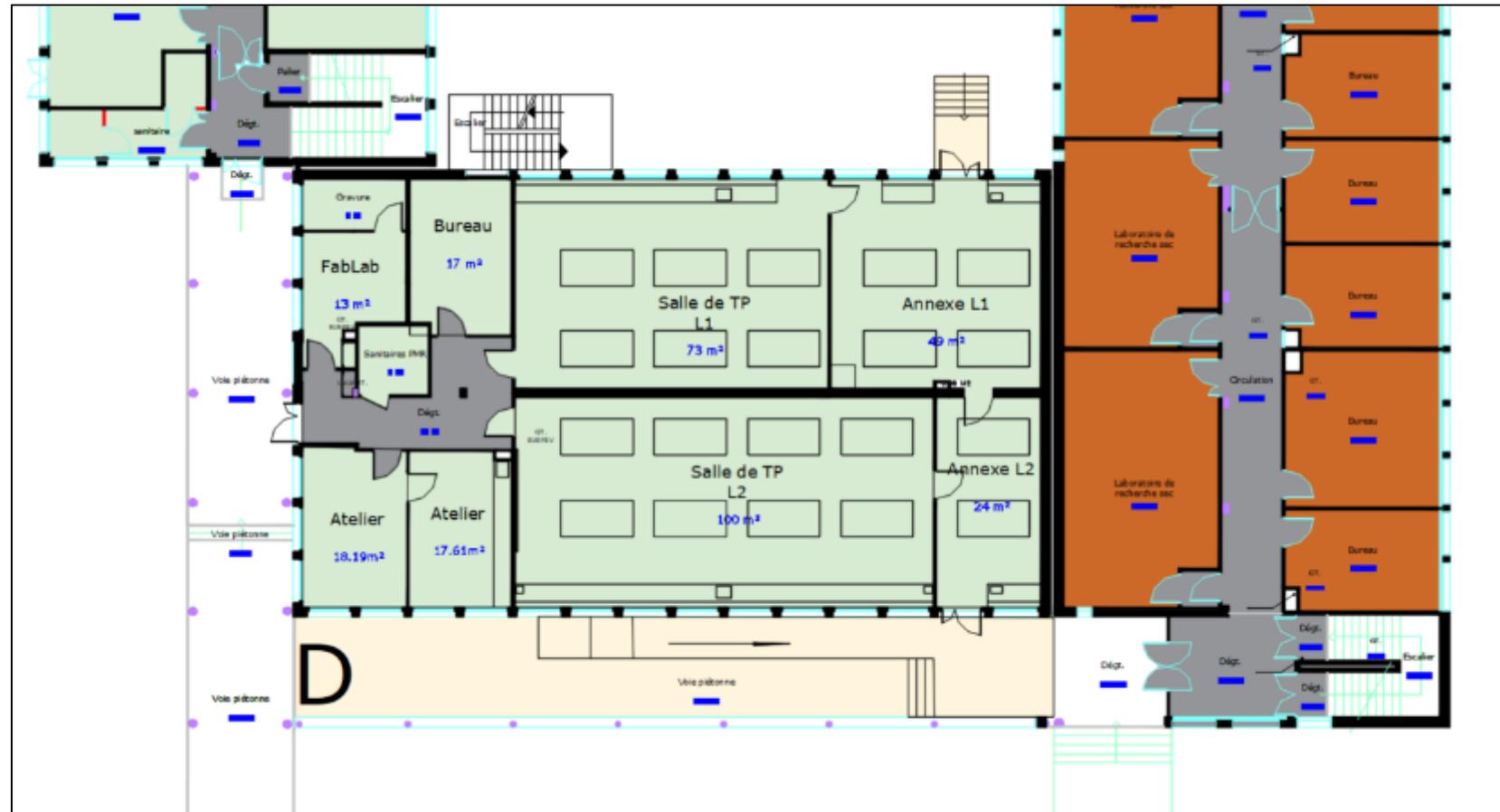
### □ Bâtiment D - Plan RDC :

Zoom sur la zone concernée par la réorganisation des locaux :

- Réfection de l'ensemble du RDC
- Reprise des cheminements (création de rampes pmr)
- EN OPTION : Aménagement d'un escalier pour accès au toit-terrasse

Légende

- Administration
- Social
- Enseignement
- Vie étudiante
- Recherche
- Service Maintenance et Logistique
- Médical
- Logistique
- Technique
- Circulations



# VI. LE PROJET

## 7. Schémas fonctionnels

### □ Plan de masse:

#### Aperçu sur les aménagements extérieurs:

- Rénovation des galeries
- Réfection du parvis du bâtiment A
- Reprise des cheminements accessible pmr (bâtiment B', entre bât E et B et bât D),
- Création de rampes pmr
- Aménagement d'un abri à vélos
- En OPTION : la terrasse du bâtiment B'

#### Légende

 Cheminement, rampes

 Abri vélos



# VI. Spécifications techniques

Dans des conditions normales d'entretien et d'usage, les systèmes constructifs et techniques devront être conçus de telle sorte que des nouveaux travaux de rénovation importants ne se révèlent pas nécessaires avant 30 ans.

Le programme technique, troisième partie du programme, énonce les exigences techniques que la maîtrise d'œuvre devra prendre en compte pour la conception de l'équipement. Il a pour vocation de **compléter l'audit énergétique (en annexe) et les fiches espaces** (deuxième fascicule du programme) **en précisant des spécifications techniques générales concernant le bâtiment et des exigences formulées par le maître d'ouvrage. A chaque phase d'étude, le maître d'ouvrage vérifiera que ses choix sont respectés.**

Les règles de l'art, les normes, les DTU, les règles professionnelles et autres règles constructives en vigueur au moment de la conception devront être scrupuleusement respectées.

Les prescriptions techniques concernent l'ensemble des lots. Lorsque les spécifications techniques générales sont différentes des prescriptions des fiches, il conviendra de retenir la prescription la plus contraignante.

Enfin, bien que cette opération ne s'inscrive pas dans une démarche HQE avec certification, il conviendra de réaliser une rénovation qui répondra aux exigences relevant du bon sens de cette démarche et à la notion de développement durable. **Une attention particulière sera portée au choix des équipements et des matériaux proposés.**

L'objectif consiste à réaliser une rénovation **qui devra respecter les critères d'éligibilité FEDER**. Son principe constructif devra permettre un travail performant sur son étanchéité, son inertie, son isolation et sa ventilation afin de limiter tous les types de consommations (énergie...). Le recours aux énergies renouvelables devra être étudié avec soin.

## 1. Cadre réglementaire et normatif

Toutes les prescriptions devront être conformes aux règlements en vigueur, à la réglementation et aux normes applicables ainsi qu'aux règles de l'art.

Ainsi, le maître d'œuvre est tenu, pour tout ce qui concerne les équipements et aménagements, de se référer lors de l'élaboration du projet ou de la réalisation de l'ouvrage aux textes réglementaires en vigueur, notamment (liste à titre indicatif non limitative) :

- Le Code du Travail
- Le Code de la Santé Publique
- Le Code de la Construction et de l'Habitation
- Le Code de l'Urbanisme ainsi que le règlement d'urbanisme de la ville
- Le règlement Sanitaire Départemental
- Le règlement de Sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les Etablissements Recevant du Public
- La réglementation Handicapé
- La réglementation Thermique
- Le cahier des charges D.T.U. et ses documents connexes, annexés au R.E.E.F. (recueil des éléments utiles à l'établissement et à l'exécution des projets et marchés de bâtiments en France)
- Les normes françaises homologuées (NF) éditées par l'Association Française de Normalisation (AFNOR)
- Les normes européennes
- Les règles de calcul publiées dans la liste des fascicules interministériels applicables aux marchés publics de travaux de bâtiment

Les spécifications énumérées ci-avant ne sont pas limitatives et devront être complétées par le maître d'œuvre à l'aide des décrets, arrêtés et normes en vigueur à la date de la réalisation des travaux.

L'utilisation de matériaux nouveaux ou de procédés de construction non traditionnels devra faire l'objet de justifications techniques précises, de la présentation des références nécessaires et d'un avis favorable ainsi que de l'homologation du CSTB.

# VI. Spécifications techniques

## 2. Architecture, confort, sûreté et maintenance

### a. Conception architecturale intérieure

Cet établissement devra bénéficier d'un traitement architectural simple mais de qualité qui traduise clairement son usage et qui mettra en avant l'accès (bâtiment totem pour le bâtiment B'). Il est important de concevoir des espaces présentant un côté authentique et convivial. Cela peut passer par le choix de matériaux ou de couleurs, par un style architectural, par une configuration des espaces adaptée.

La **qualité du traitement architectural** attendu, garantira le respect des **délais de réalisation**, le respect des **niveaux de performances** attendus et une réduction des coûts de maintenance et de fonctionnement.

**Sobriété, fonctionnalité et qualité** resteront les impératifs de ce projet.

Une **signalétique claire** et facilement identifiable permettra d'orienter le public au sein de l'équipement.

En complément de ces généralités, le projet devra répondre aux principes généraux ci-après.

### b. Exigence de confort

#### Confort thermique

La protection solaire des espaces exposés à l'Est, à l'Ouest et au Sud devra être particulièrement efficace. Les linéaires seront précisés par la maîtrise d'œuvre en fonction des orientations. Elle pourra être assurée par exemple par des brise-soleils, verres traités ou systèmes d'occultation (volets roulants électriques). Les stores extérieurs sont fortement déconseillés.

Les dispositifs adoptés devront présenter les caractéristiques suivantes :

- simplicité du dispositif de manœuvre ;
- robustesse des différents éléments ;
- facilité d'entretien ;
- bonne tenue dans le temps ;
- excellente résistance à la corrosion ;
- pas de réduction de l'étanchéité des châssis ;
- pas de gêne pour l'ouverture des portes et châssis ;
- pas de limitation de la qualité de l'éclairage naturel ;

En hiver, durant les périodes d'occupation du bâtiment, la température intérieure devra être maintenue à 19°C pour les espaces tertiaires, 18°C pour les circulations et sanitaires, 21°C pour les locaux médicaux et 16°C pour les locaux techniques. Le taux d'inconfort en hiver ne devra pas dépasser 10% de temps d'occupation du bâtiment.

En été, la température intérieure ne devra pas dépasser les 26°C pour tous les locaux. De même, le taux d'inconfort ne devra pas dépasser plus de 35h dans l'année pendant la période d'occupation.

L'évaluation du confort en conception sera faite par STD.

# VI. Spécifications techniques

## 2. Architecture, confort, sûreté et maintenance

### b. Exigence de confort

#### Confort acoustique

La qualité de l'acoustique conditionnera fortement celle du projet. Plusieurs aspects devront être pris en considération :

- **Isolation acoustique** : les dispositions réglementaires devront être respectées. En fonction de leur implantation, chacune des pièces concernées par la restructuration devra bénéficier d'un isolement performant par rapport aux bruits qui peuvent être générés par l'extérieur ou par les salles ou circulation adjacentes. Les espaces susceptibles de générer du bruit (hall, salle d'enseignement, salle de réunion, espace événementiel...) devront également bénéficier d'un isolement performant.
- La confidentialité des échanges dans certains espaces (bureaux).
- **Niveaux de performance** : Les différents espaces devront bénéficier d'un traitement qui permette de limiter les phénomènes de réverbération afin de créer en toutes circonstances des ambiances agréables quel que soit le nombre d'occupants. Une vigilance accrue sera apportée aux espaces des amphithéâtres, des salles de cours, des salles de travail collaboratif et des grands halls pour lequel l'acoustique devra être particulièrement soignée.
- **Point particulier** : une étude acoustique plus fine devra être réalisée pour les besoins de l'animalerie qui sera aménagée au sous-sol.

### b. Exigence de confort

#### Qualité des ambiances

Outre la qualité du traitement acoustique, il conviendra d'apporter un soin particulier au traitement des ambiances des espaces. Les choix des couleurs et des matériaux, la volumétrie, la qualité des vues et celle de l'éclairage naturel seront à étudier avec soins.

Ils seront d'autre part autant de critères qui conditionneront la perception de cet équipement par les étudiants.

# VI. Spécifications techniques

## 2. Architecture, confort, sûreté et maintenance

### c. Facilités d'entretien / maintenance

Les matériaux et équipements proposés devront présenter toutes les garanties nécessaires en termes de **pérennité, de qualité de fonctionnement et de facilité d'entretien ou de maintenance**.

La qualité de l'éclairage naturel permettra de limiter l'utilisation de l'éclairage artificiel. L'architecture et l'orientation permettront de bénéficier des apports solaires en demi-saison et en hiver.

**Une étude FLJ ou ALJ** (Facteur de Lumière du jour, en statique, ou Autonomie en Lumière du Jour, en dynamique sur l'année) **sera à réaliser** avec pour exigence selon les espaces la NF HQE 2015 bâtiments tertiaires soit :

- Pour les salles d'enseignement ou de travaux pratiques :
  - o FLJminimum  $\geq 1,2\%$  pour 80% de la surface de la zone de premier rang, dans 80% des locaux concernés (en surface)
- Pour les grands espaces communs dédiés à la circulation :
  - o FLJmoyen  $\geq 0,5\%$
- Pour les autres espaces sensibles (salle des professeurs et bureaux administratif, infirmerie, CDI, cantine, hall d'accueil) :
  - o FLJminimum  $\geq 1\%$  pour 70% de la surface de la zone dans 70% des locaux concernés (en surface)

Source :

<https://www.mapes-pdl.fr/wp-content/uploads/2020/02/Cibles-du-HQE.pdf>

### d. Sécurité optimisée

Le RDC du bâtiment B' sera accessible hors des horaires d'ouverture de la faculté. Il est donc essentiel que seuls les espaces prévus soient accessibles et qu'il ne soit pas possible aux étudiants d'avoir accès aux autres espaces.

Dans les zones concernées par les restructurations, toutes dispositions seront prises pour assurer la protection du public en toutes circonstances. La réflexion portera sur :

- La **limitation des risques dans les déplacements au sein de l'établissement**. Toutes dispositions devront être prévues pour faciliter le déplacement du public.
- Les **circulations** : leur **surveillance** devra être **facilitée**, ce qui suppose l'absence totale de recoins ou d'obstacles visuels.
- La **protection contre l'intrusion et contre les risques d'agression** : l'adaptation et la mise à jour des dispositions pour interdire les risques d'intrusion la nuit notamment devront être prévues.
- La **protection en cas d'incendie** : cette réflexion sera évidemment examinée avec les services de secours. A ce stade de la conception, il paraît indispensable de prendre les dispositions nécessaires pour :
  - o Faciliter l'accès des services de secours aux façades et terrasses
  - o Limiter les risques de propagation du feu et des fumées
  - o Faciliter l'évacuation du public et de l'encadrement par les escaliers
  - o Optimiser la gestion des risques en fonction des spécificités de l'opération

Le concepteur devra prévoir l'adaptation et la mise à jour du système de sécurité suivant la nouvelle restructuration

- La **protection de la santé du public** : toutes dispositions seront prises pour préserver la **santé**. Une attention particulière sera portée à la **qualité de l'air** qui suppose une ventilation contrôlée performante et la mise en œuvre de **produits et équipements** sans allergènes et qui ne libèrent pas de gaz toxiques.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### a. Gros œuvre

#### Généralités

Le principe constructif proposé devra répondre aux exigences suivantes :

- Choix du matériau indifférent (béton, bois, acier) ;
- Mise en œuvre rapide qui génèrera un minimum de nuisances sonores ;
- Réponse adaptée aux exigences de stabilité, de résistance au feu, de performance acoustique et de flexibilité.

L'établissement étant situé :

- **En zone avec aléa de retrait et gonflement des sols argileux moyen :**
  - Les constructeurs doivent prendre toutes les dispositions nécessaires leur permettant de s'assurer de la stabilité du bâtiment et autres occupations du sol autorisés conformément aux éléments figurant dans les annexes du PLU.

#### Structure – fondation

- Prévoir :
  - Toutes les sujétions de drainage, de blindage, d'étalement et de dispositions constructives de toute nature ;
  - La protection des soubassements et fondations contre l'humidité ;
  - Les dispositifs de drainage nécessaires sous-dallage.
- Prévoir un socle sur appuis anti-vibratiles pour certains équipements (centrale d'air, etc.) ;
- Eviter l'encombrement des surfaces utiles par des poteaux sur toute la profondeur éclairée naturellement ;
- Hauteur libre minimale est à adapter aux objectifs de confort et de qualité acoustique.

#### Matériaux

Les produits et matériaux seront choisis pour leur faible impact environnemental (consommation de ressources, productions de déchets, pollutions), tout en prenant en compte les critères techniques, sanitaires, de qualité, de coût, d'entretien et de pérennité. Une étiquette A+ pour les COV sera demandée pour tous les matériaux à l'intérieur du pare-vapeur. Les bétons apparents seront lasurés à minima.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### b. Façade

Les revêtements de façade devront :

- Être **résistants aux chocs et frottements** : protection des éléments de façade sur une hauteur de 3m à partir du sol, chasse-roue, bornes, etc ;
- Prévoir **des éléments de façades non démontables**, (sans outils spécifiques) depuis l'extérieur ;
- Eviter tout phénomène de ruissellement des eaux sur les parois extérieures ;
- Prévoir **les dispositifs nécessaires pour faciliter l'entretien et la maintenance** (protection anti-graffitis, zone de propreté en pied de façade afin de limiter les projections).
- Privilégier les procédés de fabrication pré-industrialisés afin d'optimiser les temps d'intervention

La maîtrise d'ouvrage ne formule pas de demandes particulières en termes de matériaux de façade. Toutefois, des matériaux durables dans le temps (minimum 15 ans sans entretien) et facilement remplaçables seront recherchés.

### c. Charpente – Etanchéité - Couverture

Les toitures sont d'origine sauf le R+2 du bâtiment A (étanchéité de 2019, sans ajout d'isolant). Au vu de l'étude thermique, l'ensemble des complexes d'étanchéité sont à refaire.

Pour la mise en place des protections collectives, les acrotères pourront être remontés ou une mise en place des garde-corps envisagée. L'accessibilité des toitures devra être reprise afin de faciliter leurs accès et d'améliorer la sécurité (il faut actuellement passer par certaines toitures pour aller sur d'autres).

- Prévoir les possibilités de modifications ultérieures des locaux et d'extension ;
- Prévoir l'accessibilité aux équipements en toiture (antennes, CTA, etc.) et la résistance du complexe d'étanchéité ;
- Proscrire les bacs secs afin de limiter tout risque de condensation ;
- Proscrire les membranes d'étanchéité type EPDM.

En cas de toiture végétalisée : choisir un complexe limitant la maintenance et le nombre de visites de contrôle.

Toute solution technique de toiture est :

- Envisageable sous réserve s'assurer une bonne isolation phonique et thermique ;
- Acceptable sous réserve de bénéficier des agréments et certifications nécessaires – étanchéité.

**La diversité des types de toiture sera limitée.**

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### d. Lanterneaux – verrières - sas

Limiter le nombre des lanterneaux dans la mesure du possible en raison des problèmes de bruits, de condensation et de vieillissement qu'ils génèrent. Il est nécessaire de prévoir :

- L'isolation thermique et à double paroi ;
- Une protection par grille contre les intrusions éventuelles.

Eviter au maximum les verrières. Si présence de verrières :

- Prévoir la protection solaire en fonction de l'orientation ;
- Supprimer les phénomènes d'inconfort ;
- Prévoir les dispositifs nécessaires à leur entretien (intérieur et extérieur).

La mise en place d'un sas d'entrée pour le bâtiment A contribuerait à optimiser la consommation énergétique du bâtiment en limitant les déperditions de chaleur.

Le sas devra être équipé de portes automatiques étanches à l'air et à double vitrage performant. Sa taille sera dimensionnée en fonction du nombre d'occupants du bâtiment.

### e. Menuiseries extérieures - Serrurerie

#### Menuiseries extérieures

Les nouvelles menuiseries seront de type 4/16/4 peu émissif à rupture de ponts thermiques complète en PVC ou aluminium (bois interdit) et avec Vitrage à Isolation Renforcée (VIR), étanchéité à l'air renforcée (classe A4), remplissage argon et intercalaire Warm Edge. Le coefficient surfacique de transmission de la menuiserie  $U_w$  sera  $\leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

Il sera apporté un soin particulier aux travaux de finition, notamment à l'étanchéité à l'air au niveau des jonctions avec les murs attenants afin d'obtenir une enveloppe étanche autant que possible. Le débit de fuite  $Q_{\text{fuite}}$  sera  $\leq 1,7 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$ .

Les ouvrants mis en œuvre devront bénéficier d'une certification ACOTHERM, CSTBât ou équivalente. Les travaux devront être réalisés par des professionnels et devront être conformes aux prescriptions des fabricants et aux règles de l'art (respect des DTU et des cahiers CSTB).

Prévoir des menuiseries en acier galvanisé pour les locaux techniques.

Prévoir des types d'ouvrants conformes aux exigences suivantes :

- Durabilité importante notamment sur les zones de grand trafic
- Facilité de maintenance et d'entretien
- Encombrement minimum des locaux à l'ouverture
- Sécurité contre les risques de défenestration
- Les dispositifs d'occultation solaire ne gêneront pas la manœuvre des ouvrants
- Justification des surfaces vitrées par façade au regard des besoins en éclairage naturel
- Vitrage conforme aux exigences de confort en hiver (faible émissivité) et en été (faible facteur solaire)
- Classement AEV au minimum de A3 - E3 - V2
- Ferme-porte à glissière pour empêcher leur démontage et être robuste
- Dispositifs anti-pince doigts
- Accessibles et manœuvrables par les handicapés
- Les menuiseries coulissantes et sur pivots centraux sont proscrites
- Les châssis oscillo-battant sont proscrits

Tous les vitrages doivent pouvoir être nettoyés régulièrement à moindre coût.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### e. Menuiseries extérieures - Serrurerie

#### Protection solaire et occultation

Les protections seront à prévoir sur toutes les façades exposées au soleil et sur les éventuelles verrières ainsi qu'à la place des protections existantes dégradées :

- Simplicité du dispositif de manœuvre
- Robustesse des différents éléments
- Facilité d'entretien
- Bonne tenue dans le temps
- Excellente résistance à la corrosion
- Pas de réduction de l'étanchéité des châssis
- Pas de gêne pour l'ouverture des portes et châssis
- Conforme aux exigences du programme en termes d'éclairage naturel, de lutte contre l'éblouissement et les surchauffes

#### Serrurerie

Prévoir :

- Des grilles gratte-pieds métalliques ou tapis extérieurs aux entrées du bâtiment
- Les grilles de ventilation nécessaires en façade (VB, VH, rejet, prise d'aire, etc.)
- Les mains courantes, des lisses et des garde-corps :
  - Avec une hauteur conforme aux normes en vigueur
  - Avec une structure et un système de fixation résistants à la poussée, à l'arrachement et à la déformation

Tout ouvrage de menuiserie métallique devra être traité contre la corrosion

Privilégier des matériaux résistants ne nécessitant pas d'entretien

### f. Voirie

Prévoir un aménagement soigné des espaces extérieurs qui doivent contribuer à la création d'ambiances conviviales et apaisantes. La création d'îlots de fraîcheur, **la préservation et la création des espaces verts seront appréciées.**

#### Circulation des piétons

Prévoir :

- Les dispositions nécessaires pour que les véhicules ne stationnent pas et ne circulent pas sur les aires réservées aux piétons ;
- Des matériaux stabilisés, antidérapants par temps de pluie pour les circulations extérieures ;
- L'évacuation et la collecte des eaux de pluies s'écoulant sur les voiries ;
- L'adaptation des cheminements à la circulation des PMR ;
- L'éclairage réglementaire.

#### Circulation des véhicules

Prévoir :

- Les accès aux véhicules de livraison et de secours ;
- Une délimitation physique des voies de circulation des véhicules afin de protéger les espaces verts ;
- Une protection contre les chocs accidentels (surtout si présence de poteau ou élément de structure isolé) ;
- Une voirie dimensionnée pour permettre les livraisons par des camions de 19 tonnes.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### f. Voirie

#### Espaces verts

Prévoir :

- Proposer un aménagement permettant de limiter les coûts d'entretien :
  - Au niveau du choix des essences qui ne devront par ailleurs présenter aucun risque ;
  - Au niveau de la géométrie des surfaces engazonnées (faciliter la tonte) ;
  - Au niveau des dispositifs pour assurer l'arrosage.
- Prévoir une optimisation de l'infiltration des EP. Toutes les EP devront être traitées dans la parcelle.
- Les travaux devront maintenir les accès pompiers et notamment pour le parvis qui devra permettre le stationnement des véhicules de secours sur la façade principale du bâtiment A.

### g. Circulation intérieure

#### Escaliers

- Traitement soigné des marches afin d'éviter les salissures des murs lors du nettoyage des escaliers ;
- Eviter les vides et impressions de vide.

#### Circulation

- Eviter tout obstacle ou saillie susceptibles de perturber l'évacuation normale ou rapide ;
- Prévoir une protection des angles saillants éventuels sur une hauteur de 2m.
- Prévoir des blocs portes D.A.S. avec ferme porte à glissière sur bandeau (Norme : NF S61-937-1/2)

### h. Locaux techniques

La surface des locaux techniques de l'équipement est à définir par le maître d'œuvre en fonction des choix constructifs et des équipements techniques sélectionnés pour répondre au programme. Ces choix doivent être justifiés et quantifiés au plus juste dès le début du projet pour permettre au maître d'ouvrage d'avoir une vision d'ensemble du projet.

La dimension des locaux techniques doit garantir une facilité d'accès et la sécurité pour les techniciens et le tracé du chemin d'accès et les dimensions de portes doivent garantir la possibilité de déplacement des équipements afin qu'ils soient remplacés si nécessaire. Les gaines et réseaux doivent pouvoir être contrôlés en différents points, tous les éléments singuliers doivent être facile d'accès (trappes) et isolés pour leur remplacement sans mettre l'ensemble des installations hors service.

Les locaux techniques seront correctement ventilés et sécurisés pour garantir la pérennité des installations et matériels qui y seront implantés. Le recours à la ventilation naturel de ces locaux est souhaitable en cas de défaillance du système principal.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### i. GTC

Les installations techniques d'éclairage extérieur, de ventilation, de climatisation et de chauffage devront être intégrés au système existant (pas d'ajout de GTC) sur la version 2.0 de Panorama. Sera prévu l'ajout/modification d'organes de coupures pour faciliter la maintenance, conformément au document directeur « Exigences UA » de la MOA.

Un projet de renouvellement couvrant tous les bâtiments A à H est en préparation par l'université et un cahier des charges a été rédigé (en annexe du présent document).

Le changement des équipements de régulation (non fonctionnels actuellement) de la sous-station principale du bâtiment A, de la sous-station du bâtiment D et de la sous-station du bâtiment F est prévu dans cette première phase afin d'assurer une compatibilité entre les systèmes des trois sous-stations. Toute actions sur les installations en sous-station de chauffage doivent faire l'objet d'un remplacement de la régulation par des automates SAIA dédiés.

Seuls les équipements des sous-stations A et D composants les départs secondaires seront remplacés dans la première phase (pompe à débit variable, vanne 3 voies, instrumentation, armoire électrique de contrôle commande CVC). Le nouvel automate de la sous-station F devra donc être adaptés aux circulateurs existants mais modulable afin d'anticiper le remplacement de ces équipements dans la seconde phase.

Chaque CTA ou ensemble de CTAs seront gérées par bâtiment par un nouvel automate SAIA, sans régulation intégrée par cohérence.

**La GTC respectera le cahier des exigences de l'UA et permettra notamment :**

- D'informer en temps réel sur les ambiances (température, humidité relative, débit de ventilation, émetteurs en fonctionnement). Ces informations servent à :
  - Vérifier que les conditions de confort souhaitées sont atteintes ;
  - Comprendre le comportement énergétique du bâtiment et les éventuelles dérives ;
  - Corriger manuellement ;
- D'optimiser les installations techniques ;
- D'être averti sans délai des dysfonctionnements afin de déclencher les opérations de maintenance ;
- De visualiser l'ensemble des installations techniques ;
- D'assurer une gestion complète des alarmes : détection, impression, exécution de traitements spécifiques, y compris report à distance sur les numéros d'astreinte ;
- D'autoriser une modification de l'ensemble des consignes, commandes et réglages... ;
- D'archiver des historiques, événements et autres journaux d'exploitation avec possibilité de faire toute extraction jugée utile vers des outils informatiques classiques du marché.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### j. Electricité

#### Généralités

L'alimentation en courants forts comme en courants faibles devra répondre aux besoins de puissance liée à l'éclairage, à la ventilation des locaux, et aux équipements et installations techniques.

Tout l'appareillage, commandes d'éclairage, prises de courant, seront situées de manière à être accessibles à des personnes à mobilité réduite.

#### Courant Fort

Pour la distribution secondaire prévoir :

- Une réserve de 30% pour l'ensemble des tableaux, coffrets électriques, fourreaux et chemins de câbles ;
- Toutes les dispositions pour limiter les chutes de tension ;
- Des compteurs électroniques d'énergie, programmables et permettant de vérifier les consommations électriques des différents circuits. Ces compteurs seront intégrés au système de comptage SOCOMEC de l'Université d'Angers.
- Des protections adaptées aux installations protégées (différentiels de 300mA pour les installations informatiques).

#### Prise de courants

Les besoins électriques sont indiqués dans les fiches espaces. Les blocs-prises devront être protégés par des cache-prises ou tout autre système pour les protéger des projections d'eau dans les locaux humides ou à l'extérieur.

Des prises de courant de service sont à prévoir dans les circulations pour le nettoyage (1 prise tous les 20 m) et dans les locaux (1 prise minimum par local et par 20m<sup>2</sup>).

L'installation de prises encastrées au sol ou sur colonne descendante est proscrite (hors contrainte technique spécifique).

#### Eclairage

Pour l'**éclairage intérieur**, celui respectera les niveaux d'éclairage recommandés par l'AFE, la norme relative à l'éclairage des lieux de travail ainsi que les indications des fiches espaces. L'appareillage devra être :

- Encastrés (sauf impossibilité) ;
- De bonne conception et de fabrication robuste et courante ;
- Faciles à nettoyer et faciles à maintenir en état de fonctionnement ;
- Garantissant un bon confort visuel (répartition uniforme du flux lumineux, rendements élevés, températures de couleur (IRC) adaptées aux usages et ambiances à créer, de faibles coefficients d'éblouissement (UGr)) ;
- Peu consommateurs (type leds) et avec une durée de vie des consommables très longue ;
- Non générateur de parasites ou de perturbations électromagnétiques ;
- Etanches dans les locaux humides et/ou pollués.

L'éclairage des sanitaires et des circulations sera réalisé par des luminaires LED avec détecteurs de mouvements encastrés dans le faux plafond du type T/R 2 canaux ou dans les cloisons.

L'éclairage des bureaux, salles de TP et grands espaces sera modulé via des détecteurs de présence couplés à des sondes de luminosité afin d'adapter l'éclairage à la lumière naturelle. Ces locaux seront également équipés de gradateurs afin de moduler le flux lumineux.

Le nombre de points d'allumage variera en fonction des pièces avec à minima deux points pour les classes (pièce et éclairage projection tableau). Les LED seront de type dimable (variable).

Pour l'**éclairage extérieur** prévoir :

- Un éclairage de terrasse, parcelle, des accès techniques, façades, portails et voiries ;
- Le pilotage de l'éclairage extérieur par une horloge astronomique.

Tous les appareils doivent être de type anti-vandale. Les éclairages situés le long des espaces accessibles aux véhicules devront être protégés efficacement.

La réglementation devra être scrupuleusement respectée.

Pour l'**éclairage de sécurité** prévoir :

- A embrochable et autocontrôlable à LED de type BTM SATI ou équivalent
- Les flashes lumineux dans les sanitaires.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### j. Electricité

#### Courant Faible – Réseau multimédia

Ne font pas partie du financement affecté à l'immobilier tous les « éléments actifs » du réseau, soit les HUB, les serveurs, les micro-ordinateurs et le PABX. Les baies de brassage qui s'avèrent nécessaires sont entièrement raccordées sur « patch » de RJ45 permettant le brassage par cordon RJ45 / RJ45 et sont à considérer comme élément immobilier au même titre que les câbles. L'ensemble de plastrons HDMI et câbles pour l'audio-visuel sera traité par la direction de l'audiovisuel de l'université. Le concepteur sera chargé de l'apport des systèmes en amont.

**Pour le câblage**, l'ensemble des prises RJ45 doivent être raccordées dans le local informatique à proximité. **Dans le bâtiment D, les câbles sont actuellement raccordés dans le local informatique du bâtiment Db; lors de la restructuration, prévoir leur raccordement dans le local informatique du bâtiment Da.**

Dans les locaux informatiques existants, si la surface du local le permet, une nouvelle baie 42 U peut être ajoutée si nécessaire. Une zone de circulation suffisante de 80 cm aux abords des baies devra être respectée. (Ceci ne concerne que le bâtiment A, les autres locaux n'étant pas adaptés).

Pour le câblage capillaire depuis le répartiteur de bâtiment jusqu'aux prises, les règles suivantes sont à observer :

- Le câblage sera de catégorie 7A entre les 2 points terminaux et ne devra pas excéder 90m.
- Les prises terminales des deux côtés sont des prises RJ 45 8 points de catégorie 6A. Elles sont indifférenciées pour pouvoir servir pour le téléphone, l'informatique ou la vidéo. La norme de câblage sera la norme B.
- L'étiquetage des prises est fait en référence :
  - Au nom du local technique (La codification devra être définie en collaboration avec l'Université d'Angers).
  - Au numéro de l'armoire de brassage. Les armoires sont notées A, B, C de gauche à droite ...
  - A la position de l'arrivée dans l'armoire de brassage.

- Numéro du bandeau et numéro de la prise sur le bandeau.
- Le nommage des prises sera donc de la forme : Réf. LT - N° Armoire - N° Patch - N° Prise"

**Les points d'utilisation multimédia** seront constitués de prises RJ45 raccordées en 4 paires selon la norme. Sachant qu'un réseau multimédia est utilisable pour toute sorte d'information et que les appareils terminaux nécessaires demandent de l'énergie électrique, le réseau multimédia est composé de deux sous-ensembles : une partie courant faible et une partie courant fort. De ce fait, il est souhaitable, voire indispensable, de ne pas séparer ces deux parties.

C'est pourquoi la Direction du Patrimoine Immobilier de l'Université d'Angers parle de Points d'Utilisation (P.U.).

2 types de point d'utilisation multimédia sont définis :

Pua = 2RJ45 + 3PC dont une ondulable

Pub = 1RJ45 + 1PC

Les utilisations et répartitions des P.U. sont définies dans le cahier des exigences de l'UA .

**Pour les bornes wifi**, des prises RJ45 seront implantées sur les murs, dans les circulations et les salles de réunion, en limite apparente de plénum à une hauteur pouvant varier de 2,10m minimum à 3m maximum. Leurs implantations et les quantités exactes devront être déterminées par l'Université en charge des équipements et des études de couverture

**Pour l'installation de vidéoprojecteur et des équipements associés dans les salles de cours**, prévoir un Pua en plénum au droit de l'emplacement du tableau ou espace de projection.

Lorsque la position des PU est demandée en plinthe, ils seront positionnés à la hauteur normalisée et demandée pour les personnes handicapées soit 0,45 m par rapport au sol. Cette demande est à prendre en considération même si le parti est pris de positionner ces points d'utilisation sur des goulottes.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### j. Electricité

#### Contrôle d'accès

Le **système de contrôle d'accès utilisé par l'université est de marque Horoquartz équipé de la gestion Protecys 2**. La MOE adaptera le système en fonction des modifications de la restructuration et des travaux liés à l'amélioration thermique, et **respectera le cahier des exigences de l'UA**.

Chaque lecteur aura pour mission de commander ou d'interdire l'ouverture d'une porte.

Le principe de lecture reposera sur le badge mains libres de proximité.

Le système devra utiliser la carte régionale Pass'Sup de l'université d'Angers, dont les étudiants et personnels sont en possession. Elles sont de type « DESFIRE EV2 2K normes ISO14443-A »

#### Alarmes

Le **système de sureté est déjà existant**. La MOE adaptera le système en fonction des modifications de la restructuration du classement des bâtiments de l'établissement et respectera le cahier des exigences de l'UA .

La répartition des diffuseurs sonores (son AFNOR) permettra d'entendre l'alarme dans tous les locaux. Il conviendra de tenir compte de l'isolation phonique de certains espaces dans lesquels la sonnerie peut s'avérer difficilement audible. Il conviendra pour le concepteur de prévoir les éléments suivants:

- Clapets CF motorisés pour le désenfumage avec réarmement à distance et possibilité de réarmement manuel facile si besoin ;
- Une implantation judicieuse des déclencheurs manuels ;
- Des flashes lumineux dans les sanitaires.

Le **système de vidéoprotection** utilisé actuellement pour l'université est de marque MILESTONE équipé de la gestion XProtect Professional. La faculté des Sciences ne dispose actuellement de ce système mais la **MOE devra prévoir cet équipement pour la surveillance des accès principaux des bâtiments et de l'abri à vélo**.

Les caméras seront de marque AXIS, afin de garder l'homogénéité des équipements installés. Elles seront fixes IP et adaptées à leur environnement avec fonction jour et nuit.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### k. Chauffage – Ventilation - Climatisation

#### Généralités

La faculté des sciences est raccordée au réseau de chauffage urbain biomasse depuis 2018.

Le chauffage, la ventilation et l'isolation thermique du bâtiment constituent un ensemble indissociable. Toutes les dispositions pour faciliter la maintenance seront prises. Les installations offriront une grande souplesse d'utilisation pour les occupants.

#### Chauffage

Concernant la distribution, les circulateurs à vitesse fixe des sous-stations des bâtiments A, D et F seront remplacés par des modèles à vitesse variable dont le régime de fonctionnement devra être paramétré en fonction des émetteurs desservis. Les réseaux sont calorifugés et en bon état en sous-station. Néanmoins le calorifuge est vieillissant en vide sanitaire. Il pourrait être repris même s'il n'est pas intégré à l'audit.

Concernant l'émission, seront mis en place des robinets thermostatiques inviolables et à blocage du réglage à 19°C (adaptable à 21°C pour les locaux médicaux et Service de Santé au Travail de l'Université) sur les radiateurs non équipés actuellement des bâtiments A, A', D et Da. Il est également demandé par l'UA le remplacement et blocage des têtes existantes.

L'UA souhaite également envisager le remplacement des panneaux rayonnants des bâtiments B et B' (problèmes de maintenance). En cas de remplacement, l'équilibrage des réseaux après le désembouage et la maintenance devra être réalisé.

Concernant la régulation, conformément au document directeur « Exigences UA » de la MOA : Un sous-compteur thermique sera ajouté par départ de chauffage, d'ECS et pour la CTA. Des sous-compteurs d'électricité et d'eau froide seront ajoutés sur les arrivées propres à chaque bâtiment. Des sous-compteurs électriques par usage (ventilation, éclairage etc...) seront ajoutés pour connaître le détail des consommations. Ces compteurs seront intégrés au système de comptage SOCOMEC de l'Université d'Angers.

#### Eau chaude sanitaire

Conformément au plan de sobriété énergétique, l'eau chaude n'est à prévoir ni dans les sanitaires (lave-mains) à l'exception d'un point par bâtiment (sanitaires PMR) ni dans les locaux des prestations d'entretien. Seules les douches et les coins de cuisine seront équipés. Certains ballons d'ECS existants seront donc supprimés suivant ces prescriptions.

#### Ventilation

Un bâtiment étant conçu avant tout pour ses occupants et leur bien-être, il sera intégré la notion de QAI (Qualité de l'air Intérieur) dans la conception. Ceci impactera le choix des matériaux en fonction de leur taux d'émission de COV et le mode de ventilation retenu.

Les nouvelles CTA seront de type double-flux à récupération d'énergie (sous réserve de contraintes techniques - laboratoires/TP de chimie) avec échangeur >80% à plaques.

La maîtrise d'œuvre veillera à l'absence de reflux de l'air vicié des sorbonnes dans les locaux d'occupation (salles de TP notamment).

Lors de remplacements ultérieurs les réseaux s'étant avérés très vétustes, la reprise des réseaux sera réalisée et non seulement le remplacement des caissons. L'ajout d'un réseau de soufflage sera effectué en cas d'absence.

Les ventilateurs répondront à l'ErP 2018 avec une faible consommation et une vitesse variable. Les salles à forte occupation et ou à occupation intermittentes seront équipés de détecteur de présence ou de sondes CO2 afin de piloter le débit en fonction de l'occupation. Une sonde CO2 sera prévue par type de local afin d'optimiser les débits en fonction des usages (une sonde par amphithéâtre équipé de CTA par exemple).

Concernant la régulation, les CTA seront gérées par les nouveaux automates SAIA à raison d'un automate par CTA ou par ensemble de CTA sur un bâtiment. Ces CTA seront sans régulation intégrée par cohérence. Le calendrier d'utilisation est en effet intégré à la GTC (horloge) et non en interne à la CTA. La ventilation est limitée à la période d'occupation plus une heure.

Les débits devront être conformes aux réglementations et être adaptés à l'occupation des espaces (cf. fiches espaces). La vitesse d'air réduite (2 m/s au lieu de 4 m/s) sera privilégiée.

La ventilation ne doit en aucun cas générer des situations d'inconfort ni des nuisances sonores. L'accès aux caissons devra être le plus simple possible afin de faciliter l'entretien des installations et notamment des filtres.

#### Climatisation

Concernant le confort d'été, la conception bioclimatique sera privilégiée (augmentation de l'inertie, baisse des surfaces vitrées...) tout comme les solutions passives type brise-soleil ou volet roulant extérieur. Dans un second temps seulement, l'utilisation de moyen actif (surventilation nocturne) peut être envisagée.

La climatisation des locaux est à bannir à l'exception des locaux techniques et animaleries.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### I. Plomberie

#### Généralités

Les besoins en alimentation d'eau froide, eau chaude sanitaire et en siphon de sol sont précisés dans les fiches espaces.

Les dispositions nécessaires seront prises pour que les réseaux, qui seront à faire transiter dans des gaines techniques, ne soient pas accessibles au public et facilement accessibles par les services techniques. Les appareils (siphons, bouchons de dégorgeement, etc.) seront de conception robuste et ne pourront pas être démontés par le public.

#### Appareils sanitaires

Les appareils sanitaires et leurs accessoires répondront aux exigences suivantes :

- Facilités d'entretien et de maintenance ;
- Matériaux pérennes et structures résistantes ;
- Angles arrondis ;
- Fixations particulièrement résistantes ;
- Présence de dispositifs pour les économies d'eau.

Chaque appareil devra pouvoir être isolé.

Les équipements annexes (miroirs inox, barre de relevage, dévidoirs, etc.) seront prévus.

Les équipements seront accessibles aux personnes handicapées.

Les équipements seront à économie d'eau (réservoirs WC double chasse, robinetterie avec limiteur de débit, robinets mitigeurs ...) : chasse d'eau dual-flush 3/6L, douches < 10L/min, robinets (3L/min) et chasses d'eau urinoirs (0.5L/chasse) temporisés.

Pour les locaux spécifiques :

- Les WC suspendus seront prohibés sauf si demandé dans les fiches espaces. La galerie technique devra se trouver derrière les sanitaires.
- Les douches seront équipées d'une pomme de douche fixe.
- Les mitigeurs de douches seront avec butée limiteur de température et de débit (10 L/minute) à déclenchement infrarouge à pile eau mitigée avec purge automatique.
- Dans le local ménage, un vidoir avec grille, avec EF / ECS seront mis en place.

### m. Doublage – Cloison – Faux-plafond

#### Cloisonnement

Toute solution technique est acceptable sous réserve de :

- Permettre des modifications faciles de la distribution des locaux ;
- Satisfaire au règlement de sécurité (degré CF ou PF) ;
- **Présenter une bonne résistance aux chocs et aux frottements ;**
- Permettre la fixation d'équipement et matériel ;
- Être insensible à l'humidité en partie basse (y compris par capillarité lors du nettoyage des sols, notamment dans les locaux humides) ;
- Absorber sans fissuration ni détérioration les déformations du gros œuvre ;
- Répondre à la réglementation acoustique (attention portée sur le traitement des ponts phoniques).

**Les cloisons devront permettre une isolation phonique entre les salles de cours et les circulations ainsi qu'entre deux salles de cours avec un affaiblissement acoustique minimum de -47dB.**

#### Faux-plafond

Tous les types de matériaux sont acceptés sous réserve qu'ils répondent aux exigences réglementaires diverses et aux facilités de maintenance et d'entretien (fibres, plâtre, métal perforé ou plein, etc.) :

- Plafonds adaptés dans les locaux humides (matériaux hydrofuges et facilement lessivables) ;
- Plafonds lessivables lorsque la réglementation l'exige (hygiène, etc.).
- Plafonds démontables lorsque le plénum contient des installations techniques devant être accessibles.
- Prévoir des dalles 60x60, de type minéral avec absorption phonique. **La dimension standard permet de faciliter l'entretien et la gestion du bâtiment par la suite.**

Le faux-plafond devra participer à l'affaiblissement acoustique et répondre aux exigences de la réglementation acoustique en vigueur.

Il devra permettre la fixation du matériel et de la signalétique.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### n. Isolation

#### Isolation

Le choix des complexes isolants sera prévu pour obtenir une enveloppe passive autant que possible et respectera les valeurs suivantes, conformément à l'audit énergétique :

- $R_{\text{toit}} \geq 6 \text{m}^2\text{K/W}$
- $R_{\text{murs}} \geq 3,7 \text{m}^2\text{K/W}$
- $R_{\text{sol}} \geq 3 \text{m}^2\text{K/W}$

La mise en œuvre d'un matériau de type biosourcé permettra, au-delà de sa faible empreinte environnementale, de conserver un confort estival satisfaisant grâce à un bien meilleur déphasage que pour des isolants conventionnels. De plus, ce type de matériau est peu sensible aux nuisibles.

Pour tous les travaux d'isolation, la protection des matériaux (notamment biosourcés) en phase travaux sera assurée par la MOE avec le budget et le phasage associés.

Les travaux devront être réalisés en respectant les conditions suivantes :

- Evacuation de l'isolation existante lorsqu'il y en a, idéalement dans une filière de recyclage ;
- Mise en place d'un frein-vapeur sur la paroi existante, côté « chaud » ;
- Mise en place d'un isolant biosourcé en rouleaux ou panneaux, type fibre de bois, ouate de cellulose ou laine de chanvre ou de bois avec la résistance thermique minimale requise ;
- Il sera apporté un soin particulier lors de la mise en place de l'isolant. En effet, ce dernier devra être réparti uniformément sur l'ensemble de la surface, y compris dans les espaces les plus difficilement accessibles ;
- L'isolant mis en œuvre devra bénéficier d'une certification ACERMI, CSTBât ou équivalente ;

L'isolation des murs extérieurs nécessitera l'emploi d'un pare-pluie et d'un frein-vapeur si nécessaire. Ce choix sera validé par une étude hygrothermique par la MOE.

# VI. Spécifications techniques

## 3. Dispositions techniques générales

### o. Revêtements

#### Généralités

Les revêtements seront non allergéniques, et bénéficiant de labels environnementaux (NF Environnement) : teneur réduite en COV et formaldéhyde, pigment naturel.... Les couleurs seront faciles à entretenir et en cohérence avec le mobilier envisagé. Le choix des coloris de peintures se fera en lien avec la maîtrise d'ouvrage sur proposition du maître d'œuvre.

Les revêtements seront faciles d'entretien, résistants au choc et à l'usure.

Le choix des revêtements s'établira également selon les performances acoustiques attendues selon les locaux.

#### Revêtement de sol

Un sol devra répondre au minimum aux recommandations du cahier 3509 de novembre 2004 du CSTB ,pour l'ensemble du bâtiment. Les locaux sont considérés enseignements supérieurs et hospitaliers, en conséquence, il faudra prendre le cas le plus défavorable.

Seront à éviter, hors demande spécifique indiquée dans les fiches espaces :

- Les revêtements de sols nécessitant des matériels ou produits spécifiques pour l'entretien courant ;
- Les revêtements de sols textiles sauf exigence spécifique et garanties de facilités d'entretien ;
- Les disparités de revêtements de sol (privilégier l'homogénéité dans les épaisseurs, exigences en termes de maintenance, etc.).

Dans les locaux de stockage, les plateformes et locaux techniques, prévoir des sols industriels : béton surfacé (quartz, corindon, sols coulés, etc.).

Des tapis de sol conformes aux règles d'accessibilité PMR seront mis en place à chaque entrée.

Dans les pièces humides (sanitaire et local ménage), le carrelage sera prévu avec un complexe d'étanchéité sous carrelage lorsque les pièces sont situées au-dessus d'autres locaux. Il est également possible de mettre en œuvre un revêtement type PVC si celui-ci répond aux exigences de durabilité et facilite l'entretien.

La mise en place de plinthes arrondies sera privilégiée dans ces espaces et dans les circulations afin de faciliter le nettoyage régulier.

#### Revêtement de mur

Une attention particulière sera accordée aux choix des couleurs qui contribuent à la création d'ambiance, au confort, à l'éclairage des locaux. Les circulations devront ainsi être accueillantes et lumineuses.

Dans les locaux sanitaires et ménage, il sera prévu un revêtement de faïence toute hauteur ainsi qu'un complexe d'étanchéité. Dans les locaux techniques, les murs et plafonds seront entièrement peints. Les autres locaux auront une toile de verre peinte.

Dans les circulations et salles, les revêtements seront résistants aux chocs comme aux frottements courants et seront traités de façon à être protégés des salissures.

# VI. Spécifications techniques

## 4. Démarche environnementale

Il n'est pas souhaité la labellisation de la faculté des sciences. Néanmoins le projet s'inscrit dans les démarches suivantes :

### a. Démarche Bâtiment Biosourcé

Le maître d'ouvrage souhaite que la construction intègre des matériaux de construction biosourcés ou/et géosourcés. Notamment pour l'isolation de l'enveloppe du bâtiment qui devra utiliser des matériaux biosourcés. Pour les autres éléments de construction, le concepteur devra privilégier l'emploi de matériaux biosourcés dans la mesure où l'enveloppe financière prévisionnelle est respectée.

Le label réglementaire d'état Bâtiment Biosourcé permet de mettre en lumière la qualité environnementale des bâtiments neufs (ou partie neuve) qui intègre une part significative de matériaux biosourcés dans leur construction : par exemple le bois, le chanvre, la paille, la laine de mouton ou les plumes. Une part de matériaux biosourcés de 18kg/m<sup>2</sup> de SDP permet d'atteindre le niveau 1 du label, une part de 24kg/m<sup>2</sup> de SDP permet d'atteindre le niveau 2 du label. Tous les bois utilisés auront un label certifiant qu'ils proviennent d'une exploitation gérée durablement.

**Lors de la consultation, les concepteurs devront préciser les matériaux biosourcés ou/et géosourcés employés.**

### b. Démarche HQE - Profil Environnemental

Le maître d'ouvrage ne souhaite pas une labélisation du projet, mais le concepteur devra respecter les objectifs définis suivant la démarche HQE.

La démarche Haute Qualité Environnementale favorise les constructions et rénovations saines et confortables maîtrisant leur impact sur leur environnement extérieur.

### c. Récupération des eaux de pluie

L'eau étant une ressource naturelle précieuse, la récupération d'eau de pluie pourrait être envisagée sur ce site pour arroser les espaces verts l'été. Le temps de retour actualisé de cette mesure sera calculé. Cette récupération évite également les surcharges des collecteurs pluviaux.

L'eau de pluie serait collectée depuis une des toitures. Avant d'entrer dans le réservoir de stockage l'eau sera filtrée. Les particules les plus grosses seront ainsi séparées et évacuées. L'eau ainsi filtrée entrera dans la cuve de stockage, aérienne ou enterrée. L'eau de pluie sera ensuite pompée via une crépine d'aspiration flottante qui va toujours prendre l'eau sous la surface et au-dessus du fond de la cuve. De cette façon la qualité de l'eau sera largement suffisante pour les applications désirées. Pour dimensionner la citerne de stockage, une évaluation des besoins devra être effectuée ainsi qu'une estimation du volume d'eau de pluie pouvant être récupéré. Ces éléments permettront d'estimer un volume de stockage en prévoyant si possible un à deux mois d'autonomie.

### d. Végétalisation

Une maximisation de surface de toiture utile est souhaitée. Les surfaces dont les équipements en place le permettent peuvent être utilisées pour des installations de solaire thermique, de végétalisation et de production d'électricité. Il est néanmoins demandé d'éviter une solution mixte PV-végétalisation par toiture afin de maîtriser les coûts d'exploitation.

Le complexe isolant choisi limitera la maintenance et le nombre de visites de contrôle.

# Etudes énergétiques compilées



## Faculté des sciences Audit v1 – Bâtiments A à H Audit v2 – Bâtiments A à D 2 boulevard de Lavoisier 49000 ANGERS

 <p><b>ACADÉMIE DE NANTES</b> <i>Liberté Égalité Fraternité</i></p>	<p><b>Maître d'ouvrage :</b> <b>Rectorat de l'académie de Nantes</b> 4 chemin de la Houssinière 44300 NANTES</p>	<p>Sébastien L'Hullier 02.51.86.30.73 sebastien.l-hullier@ac-nantes.fr</p>
 <p><b>université angers</b></p>	<p><b>Maître d'ouvrage :</b> <b>Faculté des sciences d'Angers</b> 2 boulevard de Lavoisier 49000 ANGERS</p>	<p>Philippe Leriche 02.41.73.53.54 Philippe.leriche@univ-angers.fr</p>
 	<p><b>Bureau d'études thermique :</b> <b>Effilios</b> 38 passage du Belvédère 86000 POITIERS</p>	<p>Flavien Martineau Marina Rigaut 05.49.03.22.86 flavien.martineau@effilios.fr marina.rigaut@effilios.fr</p>
 <p><b>ASCISTE INGENIERIE GRAND OUEST</b></p>	<p><b>Programmist : Asciste Ingénierie Grand Ouest</b> 83 rue Blaise Pascal 37000 TOURS</p>	<p>Emilie Magro 02.47.20.68.78 emilie.magro@ascistego.fr</p>

Lien vers opérations standardisées d'économies d'énergie :  
<https://www.ecologique-solaire.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-denergie#e5>

# SOMMAIRE

<b><u>I.</u></b>	<b><u>INTRODUCTION</u></b>	<b><u>3</u></b>
I.1	PREAMBULE	3
I.2	PRESENTATION DU SITE	7
I.3	CONTEXTE REGLEMENTAIRE	12
<b><u>II.</u></b>	<b><u>DESCRIPTION ET ANALYSE DU SITE</u></b>	<b><u>15</u></b>
II.1	PRINCIPE GENERAL D'EVALUATION	15
II.2	ANALYSE DU BATI	15
II.3	ANALYSE DES INSTALLATIONS TECHNIQUES	20
II.4	SYNTHESE DE L'EXISTANT	48
<b><u>III.</u></b>	<b><u>BILAN ENERGETIQUE</u></b>	<b><u>50</u></b>
III.1	BILAN DES CONSOMMATIONS REELLES	50
III.2	MODELISATION DES CONSOMMATIONS THEORIQUES	57
III.3	SYNTHESE DES INDICATEURS DE CONSOMMATION	65
<b><u>IV.</u></b>	<b><u>ÉTAT INITIAL DE L'ETUDE</u></b>	<b><u>66</u></b>
IV.1	DEFINITION DE L'ETAT INITIAL	66
<b><u>V.</u></b>	<b><u>PRECONISATIONS D' ACTIONS CORRECTIVES ET D' INVESTISSEMENT</u></b>	<b><u>68</u></b>
V.1	GENERALITES	68
V.2	RECOURS AUX ENERGIES RENOUVELABLES	72
V.3	HIERARCHISATION DES PRECONISATIONS	73
V.4	PRECONISATIONS DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES	74
V.5	PRECONISATIONS SUR LE BATI	77
V.6	PRECONISATIONS SUR LES INSTALLATIONS TECHNIQUES	90
V.7	SYNTHESE DES PRECONISATIONS	102
<b><u>VI.</u></b>	<b><u>PROGRAMME D'AMELIORATION ET SCENARIOS</u></b>	<b><u>106</u></b>
VI.1	SCENARIOS DE TRAVAUX DETAILLES	106
VI.2	SYNTHESE DES SCENARIOS ET AIDES MOBILISABLES	114
<b><u>VII.</u></b>	<b><u>PERSPECTIVE TRAVAUX</u></b>	<b><u>118</u></b>
<b><u>VIII.</u></b>	<b><u>CONCLUSION</u></b>	<b><u>119</u></b>
	<b><u>ANNEXES</u></b>	<b><u>120</u></b>

# I. INTRODUCTION

## I.1 PREAMBULE

### Contexte :

Dans le cadre du CPER 2022-2027, le rectorat de l'académie de Nantes et la faculté des sciences d'Angers ont décidé, en groupement, de lancer un marché public dans le but de faire réaliser un audit énergétique sur les bâtiments A à H de la faculté des sciences afin de déclencher un processus de financement FEDER de travaux de rénovation énergétique, couplés le cas échéant à d'autres travaux (liés par exemple à l'évolution des usages, à la mise en accessibilité ou à la mise en valeur de la faculté).

Suite à la remise de cet audit, la rectrice de la région académique Pays de Loire et de l'académie de Nantes a admis les prestations d'élaboration du préprogramme fourni par l'AMO Asciste et Effilios. Le périmètre choisi par la MOA pour l'élaboration du programme concerne les bâtiments A, A', B, B', C, C' et D de la Faculté des Sciences. Les résultats des scénarios de travaux mis à jour suivant ce périmètre sont présentés en fin de ce rapport, après un état des lieux général incluant les bâtiments concernés.

### Objectif de l'audit :

La finalité d'un audit énergétique est de réaliser un inventaire détaillé du site dans son état actuel et d'indiquer les éléments d'améliorations possibles afin de :

- Réduire les consommations d'énergies fossiles et les dépenses économiques associées (stabilisation des factures énergétiques dans les années à venir).
- Réduire les émissions de gaz à effet de serre et limiter l'impact sur l'environnement.
- Améliorer le confort des occupants en toute saison (surchauffe, parois froides, qualité d'air...).
- Favoriser et étudier la substitution des énergies renouvelables aux énergies fossiles (biomasse, solaire photovoltaïque et thermique etc.).
- Pérenniser et entretenir les bâtiments existants (isolation, ventilation etc.).
- Proposer et comparer différentes solutions en termes de coûts d'investissements, temps de retour et coûts d'exploitations.

Dès lors, la qualité des analyses formulées par l'auditeur et la pertinence des préconisations émises par ce dernier dépendent directement de la qualité d'accompagnement des différents acteurs du projet (degré des informations fournies, implication dans la démarche etc.). Par conséquent, l'auditeur ne serait être tenu pour responsable concernant l'existence d'imprécisions ou d'omissions dans ces descriptifs, analyses et préconisations.

### Synthèse des attentes du maître d'ouvrage :

Les échanges ayant eu lieu lors de la réunion de lancement du **12 février 2023** ont mis en évidence la volonté du maître d'ouvrage de réduire les consommations et dépenses d'énergie, ainsi que d'améliorer le confort des occupants. Le projet de rénovation étant financé pour partie par le fonds européen de développement régional (FEDER) de la région Pays de la Loire, les travaux d'amélioration énergétique préconisés doivent répondre au niveau d'exigence sur les performances énergétiques et environnementales correspondant soit un gain minimal de 50% sur la performance énergétique globale du site ou une consommation théorique maximale de 110 kWh/m<sup>2</sup>shon/an.

## **Documents fournis/manquants :**

Les documents ayant servi de base à cette étude sont les suivants :

- Données énergétiques 2019, 2020 et 2021 globales pour les bâtiments A à H
- Plans des bâtiments.

Les documents manquants pour réaliser l'étude sont les suivants :

- Données énergétiques par bâtiment (pas de données disponibles).

## **Visite et instrumentalisation du site :**

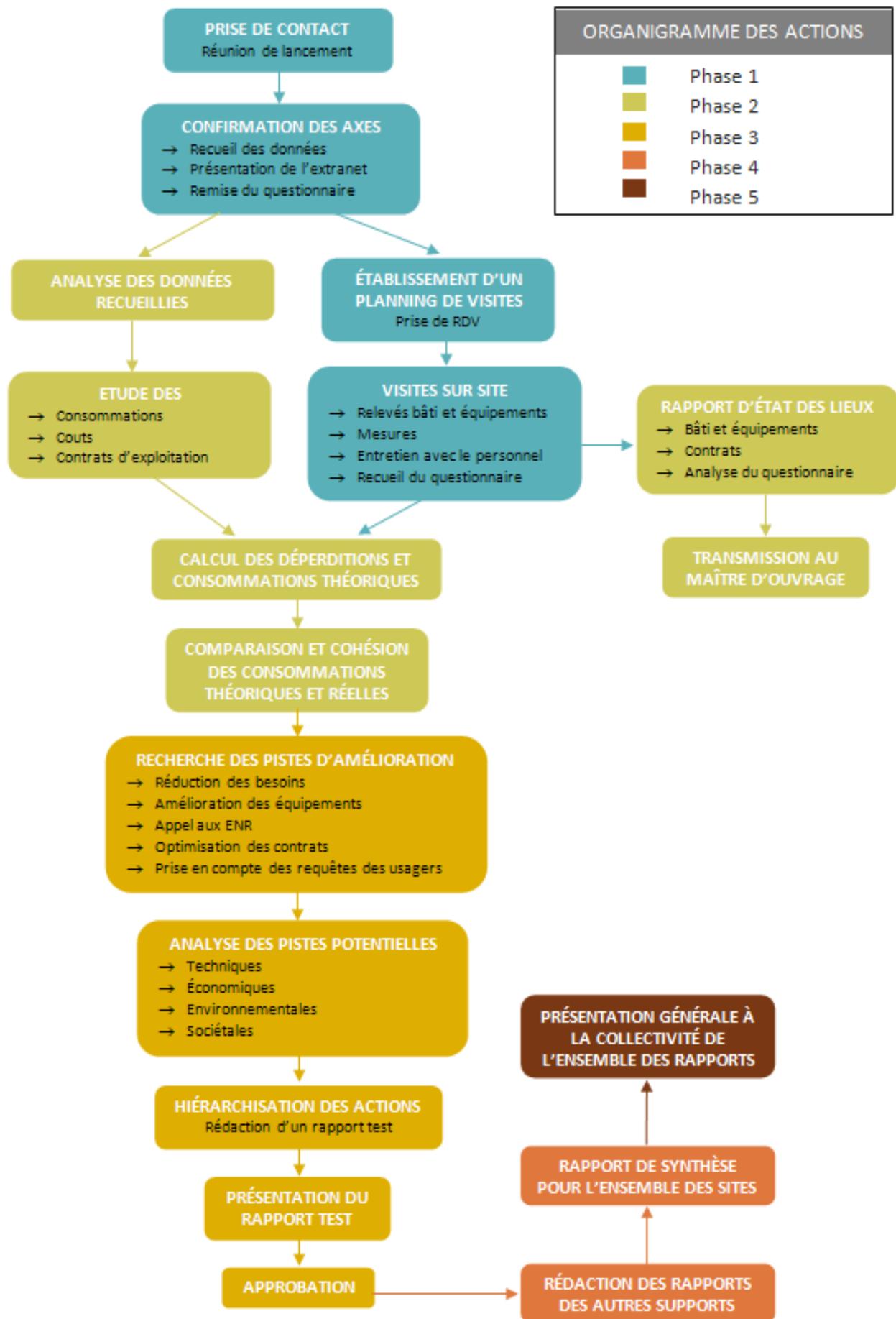
Deux visites de la faculté ont permis un examen visuel de l'état du bâti et des équipements. Ces visites ont été réalisées les **9 et 15 février 2023**.

Lors de la visite, les matériels utilisés pour effectuer les différents types de relevés sont les suivants :

- Appareil photo numérique
- Mètre laser
- Vitromètre

Lorsque les plans n'étaient pas disponibles nous avons effectué des mesures (dimensions du bâti, dimension des fenêtres, hauteur sous plafond, etc...) sur les différents sites à l'aide des appareils cités plus haut. Néanmoins des imprécisions restent possibles en fonction de la complexité du bâtiment.

Un audit énergétique s'articule autour des étapes telles que décrites dans l'organigramme suivant :



## **PRESENTATION DU BUREAU D'ETUDE ET DE SES QUALIFICATIONS**

**La société Efflios (Acte) est née sous l'impulsion de son fondateur Franck Jusiak, en 2000.**



Novateur, Efflios est l'un des tout premiers à intégrer l'impact des actions sur les émissions de gaz à effet de serre dans ses études.

Nous mettons à disposition un véritable savoir-faire dans les domaines de l'énergie. Notre approche multiple à travers l'ingénierie, le confort, les textes réglementaires et notre maîtrise de ces nouveaux enjeux nous permettent de vous apporter des services sur mesure.

Une solide réputation a été acquise au fil des années dans les domaines de l'énergie et des

équipements techniques, tant auprès du secteur public que privé.

Fort d'un effectif permanent de 9 personnes spécialisées, nous intervenons dans le cadre de nos compétences techniques sur les dossiers de bâtiments neufs et de réhabilitation d'installations.

### **EFFLIOS est qualifié OPQIBI sous le numéro 10-04-2182**

Qualifications attribuées à ce jour :

- 0104 AMO en exploitation et maintenance
- 1312 Etude d'installations courantes de chauffage et de VMC
- 1331 Etude thermique réglementaire « maison individuelle » - RGE
- 1332 Etude thermique réglementaire « bâtiment collectif d'habitation et/ou tertiaire – RGE
- 1905 Audit énergétique des bâtiments (tertiaires et/ou habitations collectives)
- 1911 Audit énergétique « maison individuelle »
- 2010 Etudes d'installations de production utilisant l'énergie solaire thermique – RGE
- 2014 Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie solaire thermique.

Qualifications probatoires :

- 1333 Etude ACV bâtiments neufs (référentiel E+C-) – RGE
- 1910 Accompagnement au commissionnement des installations techniques du bâtiment

Qualification en cours d'instruction :

- 2013 Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie géothermique

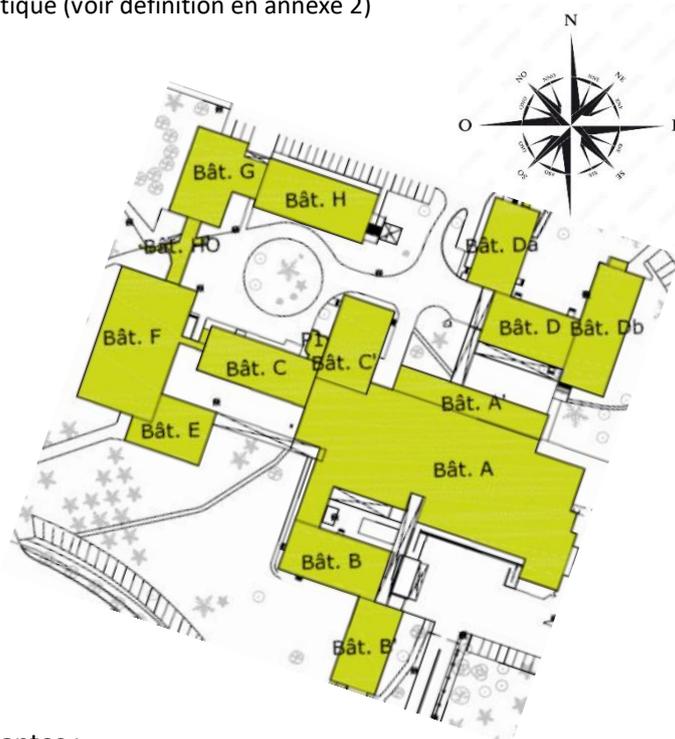
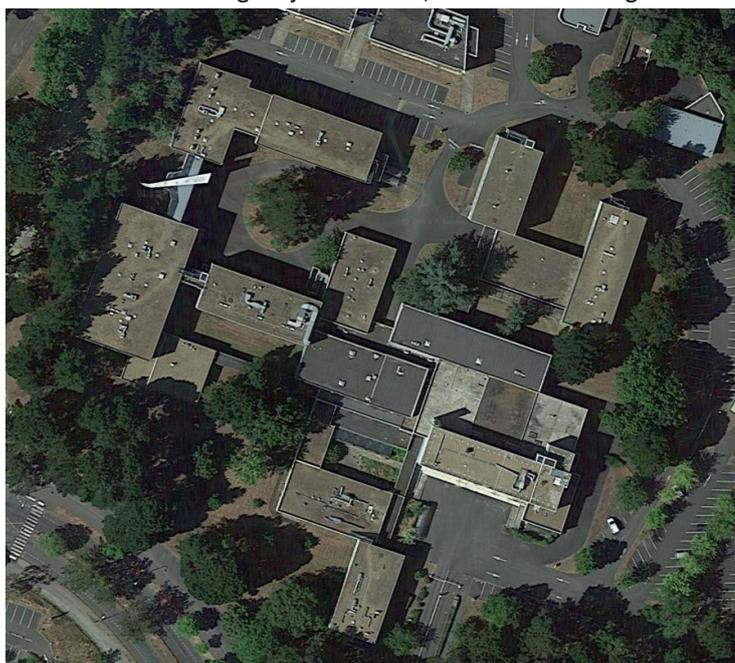
## I.2 PRESENTATION DU SITE

### I.2.1 Généralités

La faculté des sciences est située dans le campus de Belle-Beille à l'ouest d'Angers à la limite de la commune de Beaucouzé.

- Zone climatique : H2B
- Température extérieure de base : -7°C
- DJU\* moyens saison de chauffe entre 2019 et 2021 pour la station Cholet : 2031.

\*degrés-jours unifiés, caractérisant la rigueur climatique (voir définition en annexe 2)



Les caractéristiques des bâtiments du site sont les suivantes :

Bâtiment	Construction	Surface SHON (m <sup>2</sup> )	Surface chauffée (m <sup>2</sup> )	Volume chauffé (m <sup>3</sup> )	Nombre de niveaux	
<b>A</b>	1970'	3396	3087	9221	3 ( Rdc, R+1, R+2)	
<b>A'</b>	1990'	1056	960	2792	3 (SS, Rdc, R+1 )	
<b>B</b>	1970'	401	365	1095	1 ( Rdc)	
<b>B'</b>		636	578	1716	3 (SS, Rdc, R+1 )	
<b>C</b>		364	331	990	1 ( Rdc)	
<b>C'</b>		1190	1082	3027	3 ( Rdc, R+1, R+2)	
<b>D</b>		365	331	1008	1 ( Rdc)	
<b>Da</b>		1306	1187	2851	4 (SS, Rdc, R+1, R+2)	
<b>Db</b>		1341	1219	3413	3 (SS, Rdc, R+1 )	
<b>E</b>		348	316	945	1 ( Rdc)	
<b>F</b>		1994	2879	2617	7275	4 (SS, Rdc, R+1, R+2)
<b>G</b>			1753	1594	4582	4 (SS, Rdc, R+1, R+2)
<b>H</b>	1357		1234	3695	3 ( Rdc, R+1, R+2)	
<b>H0</b>	278		253	733	4 (SS, Rdc, R+1, R+2)	
<b>Tous</b>	-	<b>16670</b>	<b>15154</b>	<b>43345</b>	-	

## I.2.2 Vie du site

L'utilisation des locaux est la suivante :

Bâtiment	Usage	Capacité d'accueil / nombre d'occupants	Utilisation des locaux
A	Enseignement	868	Lundi-vendredi : 7h30-20h
A'		326	
B		82	
B'		44	
C		80	
C'		-	
D		-	
Da		143	
Db		-	
E		40	
F		157	
G		280	
H		219	
H0		-	
<b>Tous</b>	<b>Enseignement</b>	<b>2239</b>	<b>Lundi-vendredi : 7h30-20h</b>

D'après les témoignages recueillis sur place, le confort n'est pas satisfaisant dans la majorité des locaux. Les bâtiments étant actuellement faiblement isolés, les locaux orientés nord sont difficiles à chauffer l'hiver et ceux orientés sud sont sujets à des surchauffes l'été, malgré les stores extérieurs et rideaux intérieurs parfois présents.

## I.2.3 Photos du site

Vues extérieures			
			
Façades sud-ouest B' et A			Façades nord-ouest G, H0 et F
			
Façades nord-est Da, H et G			Façade sud-ouest Db

## Vues intérieures



Amphithéâtre – Bâtiment A



Salle de TP – Bâtiment B



Animalerie – Bâtiment G



Salle de TP informatique – Bâtiment H

### I.2.4 Synthèse des travaux

Les travaux réalisés ou à venir sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

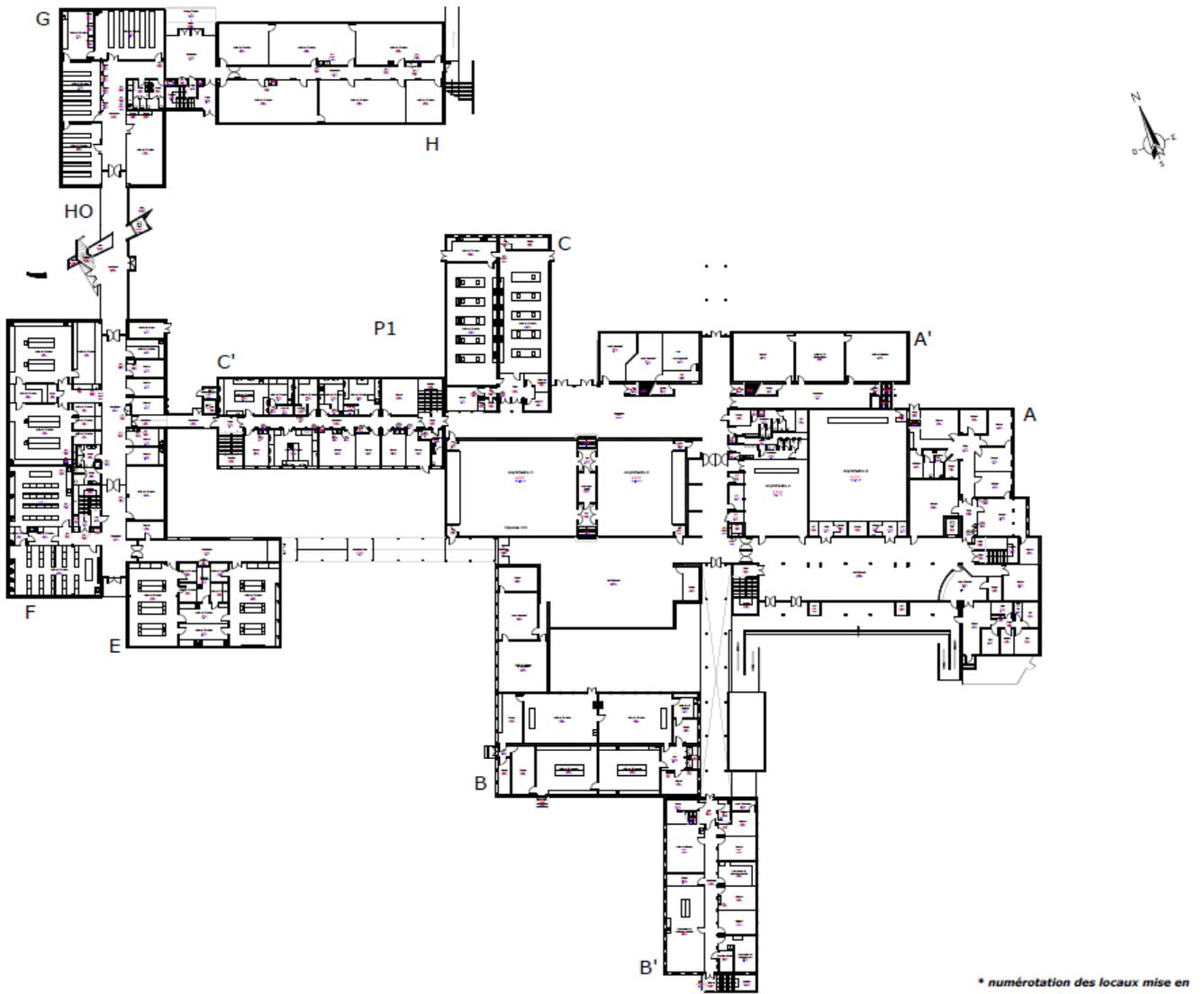
Type de travaux	Nature des travaux	Année / période
Réalisés	Raccordement au réseau de chaleur biomasse	2017
	Réfection de la toiture terrasse et du R+2 du bâtiment A	2018-2019
	Remplacement des menuiseries du bâtiment C par du double-vitrage	-
	Remplacement des trois CTA de la sous station du bâtiment A	03/2023
En cours	Installation de compteurs de calories sur les départs de chauffages et installation de compteurs d'énergie sur les équipements de ventilation	11/2023
En projet	Installation d'une GTC sur les bâtiments A-H	10/2024

### 1.2.5 Plan des locaux

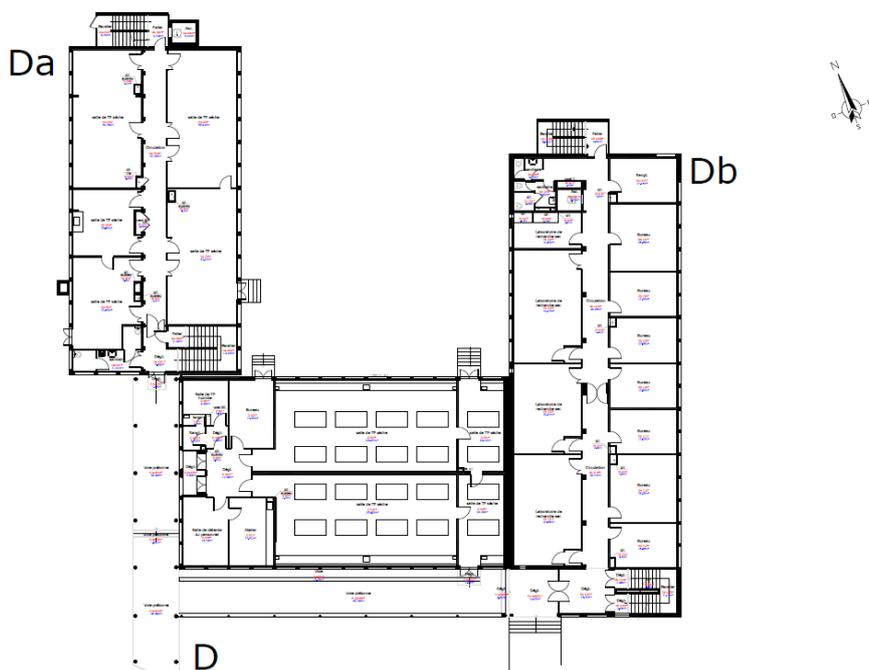
Plan d'intervention relevé sur site – Bâtiments A à H sauf D, Da et Db :



Plan de masse transmis – RdC Bâtiments A à H sauf D, Da et Db :



Plan de masse transmis – RDC Bâtiments D, Da et Db :



## I.3 CONTEXTE REGLEMENTAIRE

### I.3.1 Réglementation thermique dans l'existant

Toute action de rénovation réalisée sur des bâtiments tertiaires et résidentiels existants est soumise à la Réglementation thermique dans l'Existant (RT existant), avec des contraintes précises à respecter.

Deux types de réglementation existent selon la nature des travaux envisagés et du bâtiment concerné :

- la rénovation dite « globale » pour les bâtiments construits après 1948, dont la SHON (Surface Hors Œuvre Nette) rénovée est supérieure à 1000m<sup>2</sup> et dont le coût des travaux de rénovation « thermique » est supérieur à 25% de la valeur hors foncier du bâtiment, ce qui correspond à 416,25 €HT/m<sup>2</sup> pour les locaux résidentiels et 355 €HT/m<sup>2</sup> pour les locaux non résidentiels (valeurs au 1<sup>er</sup> janvier 2021).
- la réglementation dite « par éléments » dans tous les autres cas de rénovation.

Ces deux types de réglementation se traduisent par les contraintes suivantes :

- pour la rénovation dite « globale » :
  - o le respect d'un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové, à justifier par un calcul réglementaire.
  - o la réalisation d'une étude de faisabilité des approvisionnements en énergie préalablement au dépôt de la demande de permis de construire.
- Pour la réglementation dite « par éléments » :
  - o le respect d'une performance minimale en cas d'installation ou de remplacement d'un élément (pose d'une isolation ou d'une fenêtre, changement de chaudière).

Les critères de performance sont précisés dans l'arrêté du 3 mai 2007 correspondant.

En complément de ces réglementations, la loi relative à la transition énergétique vers la croissance verte a créé une obligation de réaliser des travaux d'isolation en cas de travaux importants de réfection de toiture, ravalement de façade ou aménagement d'une pièce en vue de la rendre habitable.

A noter que ces réglementations sont susceptibles d'être contrôlées au titre de l'article L.152-4 du Code de la Construction.

Ainsi en cas de travaux la réglementation s'appliquera de la façon suivante sur le site :

Bâtiment	SHON <1000m <sup>2</sup>	SHON ≥1000m <sup>2</sup>	Année de construction < 1948	Année de construction ≥ 1948	RT «élément par élément» *	RT «globale» *
<b>A, A', C', Db, F, G et H</b>		X		X		X
<b>B, B', C, D, Da, E et H0</b>	X			X	X	

Les bâtiments de la ligne 1 datant d'après 1948 et étant d'une surface supérieure à 1000m<sup>2</sup>, la réglementation appliquée en cas de rénovation sera la réglementation globale si le montant des travaux dépasse 25% de la valeur à neuf du bâtiment (voir descriptif ci-dessus).

Les bâtiments de la ligne 2 ayant une surface inférieure à 1000m<sup>2</sup>, la réglementation appliquée en cas de rénovation sera par éléments sauf si deux bâtiments sont adjacents sans joints de dilatation.

### I.3.2 Dispositif « Eco énergie tertiaire »

Le dispositif « éco énergie tertiaire » vise une réduction globale des consommations d'énergie finale de l'ensemble du parc tertiaire de 40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050, par rapport à 2010.

Sont concernés tous les bâtiments ou parties de bâtiments à usage tertiaire dont la surface de plancher est supérieure à 1000m<sup>2</sup>, quelle que soit leur date de mise en service, à l'exception des constructions provisoires, lieux de culte et bâtiments de sécurité intérieure. Les nouvelles constructions seront ainsi assujetties dès leur première année d'exploitation. D'autre part les bâtiments bénéficiant d'extensions verront leur objectif revu en fonction des caractéristiques des locaux ajoutés.

Le dispositif peut s'appliquer de deux façons distinctes :

- Par les objectifs en valeur relative cités plus haut (40% en 2030, 50% en 2040 et 60% en 2050) sur la base d'une année de référence libre de choix entre 2010 et 2019 ou à défaut 2020. Il ne s'agit pas nécessairement mais d'une année civile mais de 12 mois consécutifs d'exploitation.
- Par un objectif en valeur absolue, défini en fonction de l'usage et de la zone géographique.



Dans tous les cas les objectifs peuvent être modulés en fonction de plusieurs critères :

- Contraintes techniques, architecturales ou patrimoniales, à justifier par un dossier technique
- Disproportion des coûts des actions d'amélioration énergétique vis-à-vis des gains associés
- Changement du volume d'activité, caractérisé par un facteur d'intensité d'usage à renseigner

**Les bâtiments A à H de la faculté des sciences d'Angers seront ainsi soumis au dispositif et devront donc respecter un des objectifs ci-dessus.** Le périmètre d'application sera à préciser en fonction du cadastre et du comptage énergétique.

La première échéance consiste à réaliser la saisie des données de référence d'ici au 31 décembre 2023 sur la plateforme OPERAT, comme visible sur la frise présentée plus haut (un décalage d'un an a été autorisé).

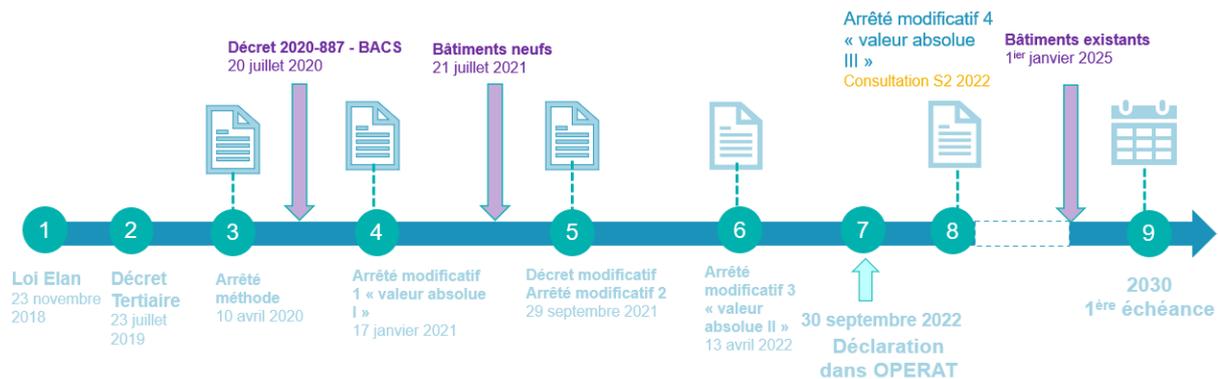
### I.3.3 Dispositif « BACS »

Le décret BACS ou « Building Automation & Control Systems » du 20 juillet 2020 détermine les moyens permettant d'atteindre les objectifs de réduction de consommation fixés par le décret tertiaire.

Cette norme impose de mettre en place un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments, d'ici le 1er janvier 2025. Elle concerne tous les bâtiments tertiaires non résidentiels, pour lesquels le système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non à un système de ventilation, a une puissance nominale supérieure à 290 kW.

Un décret modificatif qui va paraître courant 2023 vise à assujettir tout bâtiment tertiaire possédant un équipement de climatisation ou de chauffage d'une puissance nominale supérieure à 70 kW, combiné ou non avec un système de ventilation, à cette obligation. Les bâtiments existants concernés devront s'équiper de systèmes d'automatisation et de contrôle d'ici le 1<sup>er</sup> Janvier 2027.

De plus, dès lors qu'un équipement technique du bâtiment fera l'objet d'un renouvellement total ou partiel, il devra être relié à ce système.



Le décret prévoit toutefois une exemption si le propriétaire présente une étude démontrant que l'installation d'un tel système, ou sa connexion avec les systèmes techniques du site devant être raccordés, n'est pas réalisable avec un temps de retour sur investissement inférieur à 10 ans, déduction faite des aides financières publiques.

**Le site de la faculté des sciences devrait ainsi être soumis au dispositif et devra donc être équipé d'un système d'automatisation et de contrôle des bâtiments d'ici le 1<sup>er</sup> janvier 2025.**

Ce type de système sera donc préconisé dans les scénarios de travaux de cet audit.

## II. DESCRIPTION ET ANALYSE DU SITE

### II.1 PRINCIPE GENERAL D'ÉVALUATION

Chacun des éléments relevés lors de l'état des lieux fait l'objet d'une évaluation portant à la fois sur l'état de l'élément et sur son efficacité énergétique. Cette évaluation a été réalisée à la fois sur les différents composants du bâti (parois et menuiseries), ainsi qu'aux équipements techniques.

Etat	Evaluation	Efficacité	Evaluation
Hors service / vétuste		Performance médiocre	
Vieillissant / dégradé		Faible performance	
État moyen		Performance moyenne	
Bon état		Bonne performance	
Etat neuf / récent		Très bonne performance	

### II.2 ANALYSE DU BATI

#### II.2.1 Analyse de l'enveloppe thermique

#### Critères d'évaluation de l'efficacité de l'enveloppe thermique (cas particulier).

La note d'efficacité des composants du bâti est directement liée à l'écart entre la performance des composants et les valeurs garde-fous de la réglementation thermique dans l'existant :

Barème iconographique		
	Condition	Evaluation
Permet de situer la performance thermique de chaque <b>paroi</b> composant le/les bâtiments par rapport au niveau réglementaire minimal défini dans la RT Existant.	Si $U^* > U_{\text{réf RT existant}}^{**} + 10\%$	
	Si $U > U_{\text{réf RT existant}}$ jusqu'à 10% de $U_{\text{réf RT existant}}$	
	Si $U \leq U_{\text{réf RT existant}}$	

\*U : Coefficient de transmission thermique d'une paroi. Il caractérise la quantité de chaleur passant au travers d'un mètre carré de paroi. Plus le U de la paroi est faible, plus la paroi est thermiquement performante. Il s'exprime en  $W/(m^2.K.)$ .

\*\*U<sub>réf RT existant</sub> : dans le cadre du Grenelle de l'environnement visant la performance énergétique des bâtiments existants, une réglementation thermique dans l'existant a été établie. Cette dernière définit les coefficients de transmission thermique maximaux à respecter. Il s'exprime en  $(W/m^2.K.)$ .

Description des composants du bâti			
Parois	Composition	Etat global	Niveau d'isolation
Murs	Bâtiments A, A', B, B', C, C', D et Da : murs béton 30 cm non isolés ou très faiblement isolés d'après visite		U=2,12
	Bâtiment A R+2 : béton 30cm + isolation intérieure laine de verre 9cm d'après DOE et visite		U=0,47
	Bâtiment G sous-sol : béton 15cm + isolation intérieure 10cm d'après DOE et visite		U=0,46
	Bâtiments Db, E, F, G, H et H0 : béton 32cm ou 35cm avec isolation intégrée 8cm polystyrène d'après DOE		U=0,54
	Bâtiment Db sous-sol : béton 32cm partiellement enterré avec isolation intégrée 8cm polystyrène d'après DOE		U=0,41
	<i>Evaluation globale des murs</i>		
Planchers bas	Bâtiments A, A', B' et D : plancher béton sur vide sanitaire isolé en sous-face avec 2cm de polystyrène floqué		U=0,65
	Bâtiments A, C et D : plancher béton sur vide sanitaire ou local non chauffé, non isolé		U=0,84
	Bâtiments E, F et H : plancher béton sur vide sanitaire ou local non chauffé isolé avec 10cm de laine de verre		U=0,33
	Bâtiments A', B, C, C', Da, Db et G : plancher béton non isolé sur terre-plein		U=0,61
	<i>Evaluation globale des planchers bas</i>		
Planchers hauts / toitures	Bâtiments A', Db, E, F, G et H : isolation 6cm en bac acier d'après DOE. Pas d'isolation en faux-plafond		U=0,83
	Bâtiments A, B, B', C, C' : isolation 15cm laine de verre faux-plafond		U=0,28
	Bâtiments D, Da : pas d'isolation en toiture, faux plafond		U=1,44
	<i>Evaluation globale des planchers hauts / toitures</i>		
Menuiseries	Bâtiment A sous-sol et RdC, B, B', C et D : aluminium sans rupteur de pont thermique + simple vitrage		Uw=5,60
	Bâtiment A RdC et R+1, C' RdC, Da, Db, E, F, G, H : double vitrage aluminium sans rupteur avec lame d'air 6mm		Uw=3,30
	Bâtiment A RdC et R+1, C' RdC, Da, Db, E, F, G, H : double vitrage aluminium sans rupteur avec lame d'air 10mm		Uw=2,60
	Bâtiment A' R+1 et R+2 et C : double vitrage aluminium avec rupteur avec lame d'argon 14 et 16mm		Uw=1,50
	Bâtiment D RdC : bois simple vitrage		Uw=4,50
	Bâtiments A', Db, F, G et H : éclairage zénithal polycarbonate		Uw=4,20
	<i>Evaluation globale des menuiseries</i>		

Remarque : les coefficients présentés peuvent varier entre deux parois dont l'isolation est similaire, car l'ancienneté et l'état de l'isolant sont pris en compte dans le choix du coefficient retenu.

## Aperçu parois et menuiseries



Mur ITI 9cm laine de verre – Bat A R+2



Mur non isolé – Bat B



Plancher bas isolé 10cm laine de verre – Bat H



Plancher bas béton isolé 2cm polystyrène – Bat A



Plancher haut isolé 15cm laine de verre – Bat A R+2



Faux-plafond non isolé – Bat D



Menuiserie aluminium double vitrage – Bat C



Menuiserie aluminium simple vitrage – Bat B

## II.2.2 Analyse du comportement Thermo-hydrigue des murs extérieurs

Afin de déterminer le comportement des murs extérieurs en termes de transition de vapeur d'eau (et risques éventuels de condensation au sein de la paroi), il a été procédé à une analyse via le logiciel Wufi. Celui-ci permet de caractériser le transfert de la vapeur d'eau à l'intérieur de différentes parois. Cette technique est utilisée pour déceler les pathologies liées au bâti.

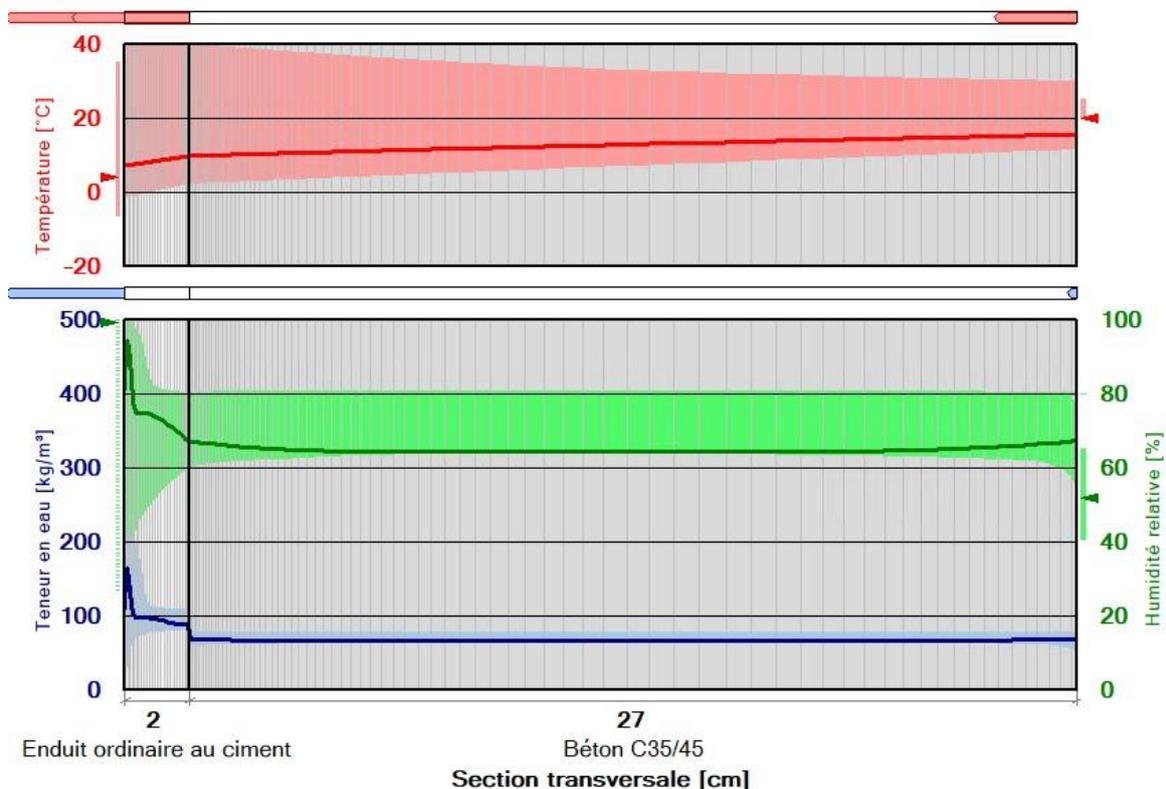
De nos jours, cette méthode est la plus rapide et la plus efficace. En effet, contrairement à la méthode de GLASER qui est considérée comme statique, Wufi permet une simulation dynamique, c'est-à-dire sur une période de temps définie.

### APPLICATION DE WUFI

Ce test de condensation est utilisé dans un cas d'une rénovation pour vérifier si la solution préconisée est saine et envisageable. Dans le cas contraire, le logiciel nous permettra d'étudier de nouvelles solutions mieux adaptées. Pour cela le logiciel nous permet de visualiser à la fois la teneur en eau, l'humidité relative, la température et la conductivité.

Pour ce faire, le mur extérieur orienté Ouest (le plus défavorable) du bâtiment B' a été saisi puis simulé sur une période de 5 ans, afin d'analyser l'apport et le maintien de la teneur en eau. Nous avons également tenu compte des apports importants en vapeur d'eau lors de l'occupation des locaux.

Les résultats issus de la simulation dynamique sont reportés ci-dessous. Le premier montre l'évolution de la température à travers le mur, et le second le taux d'humidité au sein du mur.



Ainsi en l'absence d'isolation côté intérieur les risques de condensation sont très limités, et la teneur en eau est négligeable à l'intérieur du mur.

Cet état des lieux des murs extérieurs servira de point de départ pour les simulations ultérieures, afin de valider l'amélioration et surtout éviter les dégradations du comportement hydrique des murs (et donc des risques de condensations, moisissures, détérioration de la qualité de l'air, ...).

## II.2.3 Caractéristiques bioclimatiques

En plus de l'analyse des caractéristiques de l'enveloppe thermique (présence d'isolation, qualité des menuiseries...), il est également important et nécessaire de s'attacher à définir l'aspect bioclimatique des bâtiments étudiés. Cette caractérisation se fait à partir de la définition du facteur de compacité :

Facteur de compacité					
Définition					
Le facteur de compacité est le rapport entre la surface de parois extérieures ( $S_p$ ) et la surface chauffée ( $S_{cha}$ ) du bâtiment tel que :					
<i>Facteur de compacité (C) = Surface de parois extérieures (<math>S_p</math>) / Surface chauffée (<math>S_{cha}</math>)</i>					
Ce facteur définit donc la compacité du bâtiment. Plus le facteur C est faible, plus le bâtiment est compact, limitant par conséquent les pertes énergétiques par les diverses parois.					
Ordre de grandeur du facteur de compacité $S_p/S_{cha}$ en fonction de la forme du bâtiment*					
Maison - RdC C = 3,3	Maison - RdC C = 3,3	Maison - RdC C = 3,3	Maison - RdC C = 3,3	Maison - RdC C = 3	Maison - RdC C = 3
Maison - RdC - C = 3,3					
Maison R+1 C = 2,6	2 Maisons accolées R+1 C = 2,3	Maison mitoyenne R+1 C = 2		Maisons en bande R+1 C = 2	
Immeuble 2 T3 par niveau R+1 C = 2	Immeuble 2 T3 par niveau R+9 C = 1,2	Immeuble 4 T3 par niveau R+1 C = 1,8	Immeuble 4 T3 par niveau R+9 C = 1	Immeuble 6 T3 par niveau R+1 C = 1,8	Immeuble 6 T3 par niveau R+9 C = 1
* source : <a href="http://www.passivact.com">http://www.passivact.com</a>					

Ainsi nous obtenons les résultats suivants :

Bâtiment	Facteur de compacité (C)	Compacité du bâtiment
Da, Db, F, G, H et H0	1	Maximale
A', B' et C'	1,5	Elevée
A	2	Moyenne
B, C, D et E	2,5	Faible

La compacité de la majorité des bâtiments est élevée ce qui limite les déperditions de l'enveloppe par rapport à la surface utile. Seule la compacité des bâtiments B, C, D et E reste limitée du fait de l'absence d'étage, qui renforce la proportion de surface de plancher et de toiture par rapport à la surface utile.

## II.3 ANALYSE DES INSTALLATIONS TECHNIQUES

### II.3.1 Analyse de la ventilation

Systèmes de ventilation			
Zone desservie	Equipement	Etat	Efficacité
Bâtiment A A'			
<b>Amphi D</b>	CTA SOFICA type Soficlim 4000m <sup>3</sup> /h (1990) moteurs 2,7kW Caisson de mélange (fonctionnement en air neuf hygiénique + recyclage) Batterie chaude V3V SCS Magnetic		
<b>Amphi E</b>	CTA SOFICA type Soficlim 5500m <sup>3</sup> /h (1990) moteurs 4,2kW Caisson de mélange (fonctionnement en air neuf hygiénique + recyclage) Batterie chaude V3V SCS Magnetic		
<b>Amphi A</b>	Ventilateur reprise VIM – 0,37kW CTA VIM KDDM20 – 0,75kW (1968) fonctionnement en air neuf hygiénique + recyclage) Batterie chaude V3V Siemens 1700m <sup>3</sup> /h estimés En cours de remplacement		
<b>Amphi B</b>	Ventilateur reprise VIM – 1,1kW CTA VIM KDDM56 – 2,2kW (1968) fonctionnement en air neuf hygiénique + recyclage Batterie chaude V3V Siemens 4900m <sup>3</sup> /h estimés En cours de remplacement		
<b>Hall</b>	CTA VIM 4500m <sup>3</sup> /h estimés Batterie chaude V3V Siemens Caisson de mélange (fonctionnement en air neuf hygiénique + recyclage) En cours de remplacement		
<b>Logement</b>	Ventilation Simple flux Caisson Atlantic AIRVENT M625 – 120W		
<b>Scolarité RDC</b>	Ventilation simple flux Tourelle ABB VIM – 250W		
<b>WC RDC</b>	Ventilation simple flux Tourelle France air Simoun		
<b>RDC</b>	Ventilation simple flux Caisson ALDES VEC 180 B – 40W Caisson ALDES Mini VEC 160 – 40W		
<b>Salle de réunion R+1</b>	CTA CIAT (non vu)		

<b>R+2 – service médical</b>	Ventilation double flux à récupération d'énergie CTA SYSTEMAIR TopVex SR06 – 1700m3/h (2019) Efficacité échangeur 85% Moteurs 2 x 1000W Ventilation salle d'attente et prévention collective sur sonde CO2		
<b>Bâtiment A'</b>	Ventilation simple flux Caisson ALDES VEC 271 B – 40W		

**Aperçu systèmes de ventilation**



Ventilateur soufflage CTA amphithéâtre A



CTA amphithéâtre D



Caisson VMC toiture R+1 bâtiment A



CTA double flux R+2

<b>Systemes de ventilation</b>			
<b>Zone desservie</b>	<b>Equipement</b>	<b>Etat</b>	<b>Efficacite</b>
<b>Bâtiment B B'</b>			
<b>Sous-sol</b>	VMC Simple flux Ventilateur de conduit ALDES K125 – 76W		
<b>Salles de TP B002 -B 003</b>	Ventilation double flux sans récupération de chaleur 2 tourelles d'extraction par salle (800m3/h) TUVACO EMMOS H032-4TV -0.25kW 2 sorbonnes – 2 tourelles TUVACO 0,37kW CTA pour insufflation TUVACO CCV 22 2800m3/h avec batterie chaude Diffusion par gaine perforée		
<b>Salles de TP B005 -B 006</b>	Ventilation double flux CTA DF TUVACO 2400m3/h avec batterie chaude Diffusion par gaine perforée		
<b>Bureau rangement bat B</b>	Ventilation simple flux Extracteur TUVACO CESA 2-350 300m3/h -78W		
<b>Salle de TP B'007</b>	Ventilation double flux sans récupération de chaleur Extracteur TUVACO CESAMEA 4-6/20 800m3/h -92W 2 sorbonnes – 2 tourelles TUVACO 0,37kW CTA pour insufflation TUVACO CCV 20 0,75kW 800m3/h avec batterie chaude Diffusion par gaine perforée		
<b>Salles de TP B'107- B'108</b>	Ventilation double flux sans récupération de chaleur 2 tourelles d'extraction par salle (800m3/h) TUVACO EMMOS H032-4TV CTA pour insufflation TUVACO CCV 20 1,2kW 1600m3/h avec batterie chaude Diffusion par gaine perforée		
<b>Rangement RDC bat B</b>	Extracteur fenêtre		
<b>Autres salles bat B'</b>	Ventilation simple flux Extracteur TUVACO CESA – 70W		
<b>Réserve produits chimiques</b>	Ventilation naturelle Ventilations haute et basse		
<b>Aperçu systemes de ventilation</b>			



*Gaine perforée pour diffusion salles TP*



*Grille d'extraction sous tourelle*



*Extracteur sous-sol*



*CTA salles B'107/108*



*Toiture Bâtiment B*

Systèmes de ventilation			
Zone desservie	Equipement	Etat	Efficacité
Bâtiment C C'			
Bureau Bat C	VMC Simple flux Extracteur fenêtre sur interrupteur		
Salles de TP	Ventilation double flux sans récupération de chaleur Extracteur tourelles + sorbonnes CTA/ ventilo-convecteur pour insufflation avec batterie chaude (en faux-plafond non visité)		
Bureaux Bat C'	Ventilation simple flux Entrées d'air dans les menuiseries		
Laboratoires Bureaux avec paillasse	Ventilation double flux sans récupération de chaleur Extracteur ALDES TVEC3 B1 4000W CTA HYDRONIC sur variateur Batterie chaude + batterie électrique		
Réserve produits chimiques	Ventilation naturelle Ventilations haute et basse		
Aperçu systèmes de ventilation			
			
Ventilation salle de TP Bat C		Toiture Bâtiment C'	

Systèmes de ventilation			
Zone desservie	Equipement	Etat	Efficacité
Bâtiment D Da DB			
<b>Salle TP bat D</b>	Ventilation double flux sans récupération de chaleur Tourelle en toiture CTA en faux plafond avec batterie chaude		
<b>Bâtiment Db</b>	Ventilation simple flux Entrées d'air dans les menuiseries Caisson d'extraction CAIROX BFSA 315 – 147 W Caisson France VMC 355 (1986)		
<b>Bâtiment Da</b>	Ventilation simple flux Entrées d'air dans les menuiseries 2 Tourelles en toiture ABB VIM MUB71B14-4 0,37kW		
<b>Locaux techniques sous-sol Da</b>	Extracteurs muraux sur thermostat Extraction vers vide sanitaire		
<b>Aperçu systèmes de ventilation</b>			
			
Unité traitement d'air salle TP D		Tourelle toiture Da	

Systèmes de ventilation			
Zone desservie	Equipement	Etat	Efficacité
Bâtiment E F			
Salle TP bat E	Ventilation simple flux Entrées d'air dans les menuiseries Sorbonne		
Sanitaires Bat E	Ventilation simple flux		
Bâtiment F bureaux	Ventilation simple flux Entrées d'air dans les menuiseries Caisson d'extraction FRANCE VMC CMV 250 (1995)		
Bâtiment F Salle TP	Ventilation simple flux Entrées d'air dans les menuiseries Sorbonnes – tourelles d'extraction 0,75kW Caisson d'extraction FRANCE VMC CMV 250 (1995)		
Bâtiment F laboratoires	Ventilation double flux décentralisée CTA air neuf WOLF5760m3/h – 2,2 KW Batterie chaude 67,3 kW avec V3V Caisson extraction ALDES Inovec 10000 microWatt 2,2 kW		
		Extracteur	Extracteur
Locaux techniques sous-sol	Ventilation simple flux Caisson France VMC Extracteur mural		

Aperçu systèmes de ventilation	
	
Entrée d'air bat F	Bouche d'extraction Batiment F
	
CTA laboratoire bat F	Tourelle sorbonnes bat F

Systèmes de ventilation			
Zone desservie	Equipement	Etat	Efficacité
Bâtiment G H			
Sous-sol	VMC Simple flux Caisson Aldes EasyVEC 700STD (Blattes) – 152W Caisson ALDES VEC 240 0,18kW		
Bureaux Bat H	Ventilation simple flux Entrées d'air dans les menuiseries Caisson ALDES VEC 382 C 1,8kW		
Salle de TP Bat G	Ventilation simple flux Entrées d'air dans les menuiseries Caisson ALDES VEC 382 C 1,8kW		
<b>Evaluation globale de la ventilation</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'ensemble des locaux est ventilé de manière mécanique. Ainsi le renouvellement d'air hygiénique est globalement assuré.</li> <li>• Les installations sont majoritairement de type simple flux.</li> <li>• Pour les locaux avec de forts débits de ventilation (amphithéâtres /salles de TP/ laboratoires), l'introduction d'air neuf est faite de manière mécanique, via des CTA de soufflage. Celle-ci sont équipées de batteries à eau chaude, ce qui permet de réchauffer l'air neuf en hiver. Ce type de ventilation permet de maintenir une bonne qualité de l'air intérieur mais peut entraîner des dérives énergétiques non négligeable. La mise en place d'une CTA double flux permettrait de garder une bonne qualité de l'air intérieur tout en optimisant les dépenses énergétiques.</li> <li>• Deux centrale double-flux à récupération de calorie sont installées sur le site.</li> <li>• Les caissons sont majoritairement anciens (années 1990 pour la plupart) et sont donc énergivore. Leur remplacement par des moteurs à commutation électronique est à prévoir.</li> <li>• Beaucoup de manchettes des différents caissons sont trouées.</li> </ul>			
<b>Aperçu systèmes de ventilation</b>			
			
Entrée d'air bat G		Toiture bat G H	

### II.3.2 Chauffage /Rafrachissement

Le site est raccordé, depuis 2017, au réseau de chaleur urbain (biomasse et gaz) du quartier de Belle Beille via une sous-station située dans le bâtiment A. Cette sous-station dessert l'ensemble des bâtiments du présent rapport.

Les différents équipements techniques sont présentés sur les pages suivantes.

PRODUCTION DE CHALEUR – Sous-station principale			
Elément	Descriptif	Etat	Efficacité
Echangeur	Échangeur à plaques - 1400kW		
Chaudières (secours)	2 chaudières basse températures ATLANTIC GUILLOT – LRP 14 – 580kW Brûleur Cuenod		
Chaudière logements	Chaudière individuelle SAUNIER DUVAL THERMIS 223 (2007)		
<b>Evaluation globale de la production de chaleur</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La puissance installée semble cohérente bien qu'un peu surélevée vis-à-vis de la surface chauffée et des caractéristiques de l'enveloppe.</li> <li>• Les échangeurs ainsi que le réseau sont calorifugés.</li> </ul>			
Aperçu systèmes de production			
			
Echangeur RCU		Vue des chaudières	

<b>DISTRIBUTION DE CHALEUR (sous-station principale- Bâtiment A)</b>			
<b>Circuit</b>	<b>Elément</b>	<b>Etat</b>	<b>Efficacité</b>
<b>Vers sous-stations F &amp; D</b>	Circuit constant – pompe double à vitesse variable SALMSON Priux Master D80-90 - 1550W max		
<b>Constant</b>	Circuit constant – 2 circulateurs Double Vitesse variable KSB Flowserve- 1,5kW Simple vitesse fixe KSB Etabloc GN50		
<b>Générale (Plintherme)</b>	Circuit régulé - 3 circulateurs simples à vitesse fixe KSB EB 32 – 1,32kW		
<b>Administration</b>	Circuit régulé – 2 pompes simples à vitesse fixe Grundfos UPS 25-40 180 - 45W		
<b>TD 41-46 Bat A 2<sup>ème</sup> étage</b>	Circuit régulé - circulateur simple à vitesse fixe SALMSON EXC 1042-T3 -210W		
<b>Bat A réseau sud</b>	Circuit régulé - pompe simple à vitesse variable SALMSON Priux master32-55 - 120 W max		
<b>Etage bat A</b>	Circuit régulé - pompe simple à vitesse variable SALMSON Priux master32-55 - 120 W max		
<b>Amphi</b>	Circuit constant- circulateur simple à vitesse fixe GRUNDFOS – MG71A – 250 W		
<b>TD 31-35</b>	Circuit régulé - circulateur simple à vitesse fixe SALMSON EXC 1042-T3 -210W		
<b>Bat B B'</b>	Circuit régulé - pompe double à vitesse variable SALMSON SIRIUX D 40-80 - 470W max		
<b>TD 11-12 Bat C</b>	Circuit régulé - circulateur simple à vitesse fixe SALMSON CXL50-32-T3 – 115W		
<b>Evaluation globale de la distribution de chaleur</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distribution est relativement ancienne mais en état.</li> <li>• Les circulateurs sont globalement peu efficaces car à vitesse constante. Le débit de chaque réseau est donc constant quelle que soit la demande réelle en chauffage, ce qui entraîne des surconsommations à la fois sur la production de chaleur mais également au niveau des circulateurs.</li> <li>• quelques circulateurs sont à vitesse variable, ce qui doit permettre d'adapter le débit en fonction de la demande, et donc de limiter à la fois les consommations de chauffage mais aussi les consommations électriques des pompes</li> <li>• Le découpage des réseaux est cohérent vis-à-vis des installations desservies.</li> <li>• Les réseaux sont calorifugés mais quelques portions sont manquantes et vieillissantes sur</li> </ul>			

## Aperçu systèmes de distribution



Vue d'ensemble de la distribution



Départ

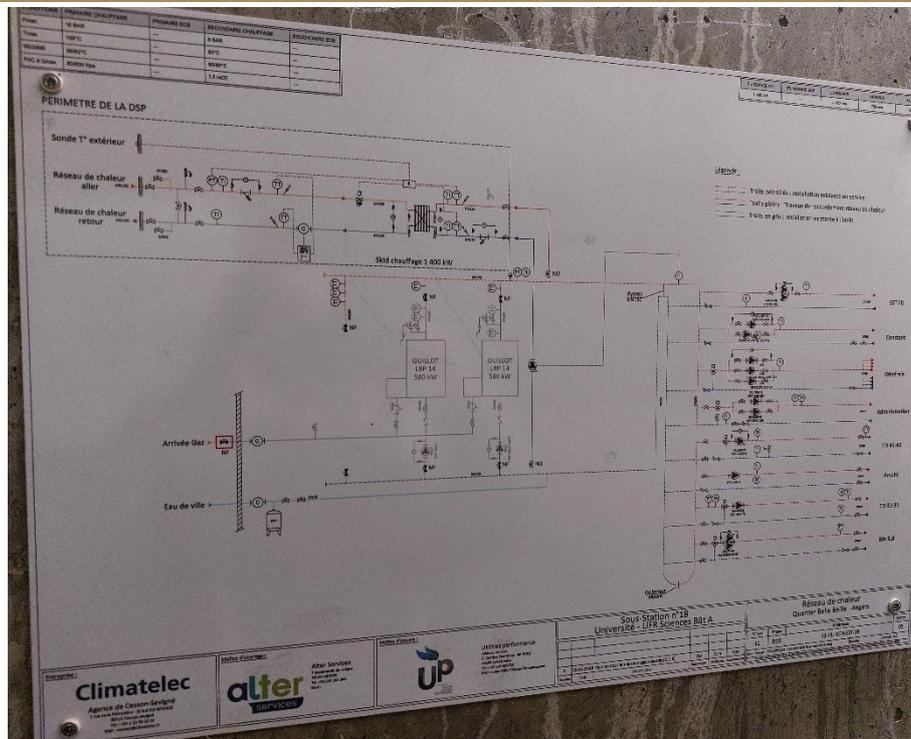


Schéma de principe des installations en chaufferie

## Éléments de sécurité

Points à revoir	Points satisfaisants
<ul style="list-style-type: none"> <li>× Absence de disconnecteur BA</li> <li>× Le schéma de principe n'est pas à jour</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ventilations haute et basse</li> <li>✓ Coupure gaz extérieure</li> <li>✓ Barre antipanique</li> <li>✓ Parois coupe-feu</li> </ul>

Un certain nombre d'éléments sont manquants vis-à-vis de la réglementation correspondant à la puissance installée en chaufferie. Ces éléments devront être mis en place dans les meilleurs délais.

## DISTRIBUTION DE CHALEUR (sous-station Bâtiment D)

Circuit	Élément	Etat	Efficacité
Nord est	Circuit régulé - circulateur double à vitesse fixe GRUNDFOS UPD 40-50 F250 – 175 W		
Sud-ouest	Circuit régulé - circulateur double à vitesse fixe GRUNDFOS UPD 32-80 F220 – 270 W		
<b>Evaluation globale de la distribution de chaleur</b>			

- La distribution est relativement ancienne mais en état.
- Les circulateurs sont peu efficaces car à vitesse constante. Le débit de chaque réseau est donc constant quelle que soit la demande réelle en chauffage, ce qui entraîne des surconsommations à la fois sur la production de chaleur mais également au niveau des circulateurs.
- Les réseaux sont calorifugés

### Aperçu systèmes de distribution



Vue d'ensemble de la distribution



Vue détaillée d'un circulateur

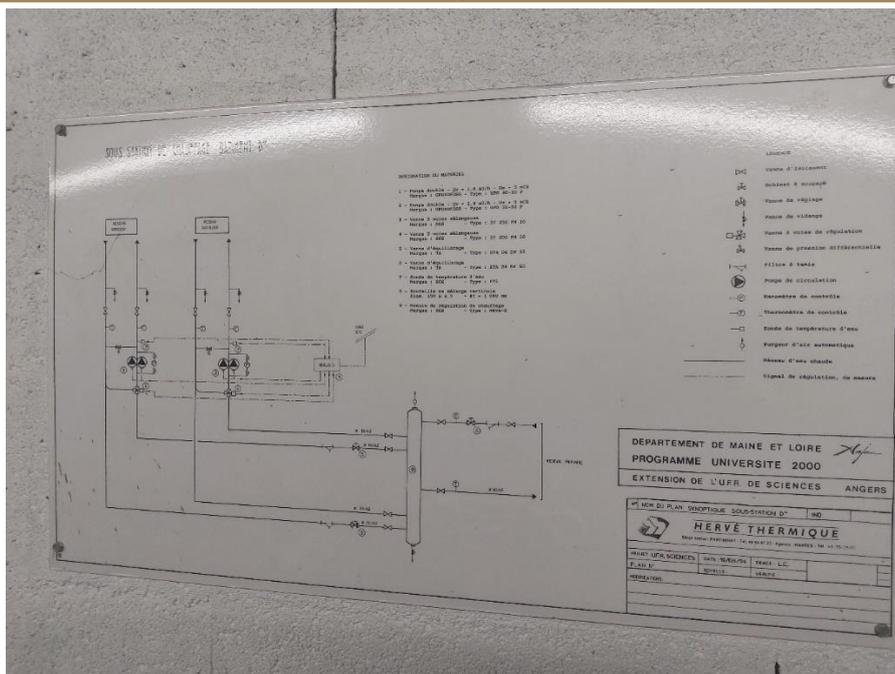


Schéma de principe des installations en chaufferie

DISTRIBUTION DE CHALEUR (sous-station Bâtiment F)			
Circuit	Elément	Etat	Efficacité
Nord est	Circuit régulé - circulateur double à vitesse fixe GRUNDFOS UPC 50-120 – 940 W		
Sud-ouest	Circuit régulé - circulateur double à vitesse fixe GRUNDFOS UPS 40-120 – 540 W		
CTA	Circuit constant - circulateur double à vitesse variable GRUNDFOS MAGNA 1D 32-60		
CTA Bat C'	Circuit constant - circulateur double à vitesse fixe GRUNDFOS UPS 40-120 – 540 W		
<b>Evaluation globale de la distribution de chaleur</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La distribution est relativement ancienne mais en état.</li> <li>• Les circulateurs sont peu efficaces car à vitesse constante. Le débit de chaque réseau est donc constant quelle que soit la demande réelle en chauffage, ce qui entraîne des surconsommations à la fois sur la production de chaleur mais également au niveau des circulateurs.</li> <li>• Les réseaux sont calorifugés</li> </ul>			
Aperçu systèmes de distribution			
			
Vue d'ensemble de la distribution		Vue détaillée d'un circulateur	

EMISSION DE CHALEUR			
Zone desservie	Elément	Etat	Efficacité
Bâtiment A A'			
Logement de fonction	Radiateur à eau – robinet simple réglage		
Laboratoire recherches	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
Amphithéâtres	Via centrales de traitement d'air avec batterie chaude (en cours de remplacement pour A et B) Amphi A )		
Hall	Via centrale de traitement d'air (en cours de remplacement)		
Cafeteria	Radiateur en plinthe - robinet simple réglage		
Salles TD Administration scolarité	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
Salle de repos R+1	Convecteur électrique		
Service médical	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
<b>Aperçu systèmes d'émission</b>			
			
Radiateur avec robinet thermostatique		Bouche de soufflage – amphitéâtre	
			
Radiateur plinthe cafeteria			

EMISSION DE CHALEUR			
Zone desservie	Élément	Etat	Efficacité
Bâtiment B B'			
Ensemble des salles	Panneaux rayonnants à eau chaude en plafond Régulation pièce par pièce Thermostat d'ambiance agissant sur une vanne 2 voies motorisée		
Bâtiment C C'			
Salles TP bat C	Radiateur à eau – robinet simple réglage		
Bat C' bureaux	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
Bat C' salles TP	Panneaux rayonnants eau chaude plafond		
Bâtiment D Da Db			
Salles TP bat D	Radiateur à eau – en plinthe		
Bureaux Db Salles TP DB Atelier sous-sol	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
Douche sous-sol Da	Convecteur électrique		
<b>Aperçu systèmes d'émission</b>			
			
Panneaux rayonnant en plafond Bat B		Radiateur robinet simple réglage Bat C	
			
Panneaux rayonnant en plafond Bat C'			

EMISSION DE CHALEUR			
Zone desservie	Elément	Etat	Efficacité
Bâtiment E F			
Bat E – Salles TP	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
Bat F bureaux	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
Bat F salles TP	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
Bâtiment G H			
Bureaux	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
Salles de TP	Radiateur à eau – robinet thermostatique		
<b>Evaluation globale de l'émission de chaleur</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les émetteurs sont en adéquation avec les locaux à traiter.</li> <li>• La majorité des locaux est chauffée par des radiateurs à eau, équipés de robinets thermostatiques pour la plupart.</li> <li>• Les salles de TP des bâtiments B et C sont équipées de panneaux rayonnants eau chaude en plafond, ce type d'émetteur doit permettre d'apporter un confort satisfaisant dans les locaux.</li> </ul>			
<b>Aperçu systèmes d'émission</b>			
			
Radiateur tête thermostatique Bat E			

PRODUCTION / EMISSION DE FROID			
Zone desservie	Élément	Etat	Efficacité
<b>Bâtiment B B'</b>			
<b>Laboratoire B'</b>	Climatisation monosplit MISTUBISHI ELECTRIC SUZ-KA 50 VA6		
<b>Batiment C C'</b>			
<b>Salle serveurs C</b>	Clim monosplit TOSHIBA (R32)		
<b>Local insectes</b>	Clim monosplit DAIKIN RXS 35J2 5(R410A)		
<b>Labo sec R+2</b>	Clim monosplit TRANE (R22) X6		
<b>Batiment D Da Db</b>			
<b>Laboratoires recherche Db</b>	Clim monosplit DAIKIN RZQ71D3VB (R410A) - 2010 TOSHIBA RAS 18 J2AVG E – 5kW (R32) (X2) DAIKIN RXS 50 L2 V1B 5kW (R410A) – 2017 DAIKIN RXS 60L2 F1B 6kW (R410A) – 2009 DAIKIN RXS 71 L2 V1B 7,1kW (R410A) – 2014 DAIKIN RXS 60L2 L2V1B 6kW (R410A) – 2014		
<b>Batiment F</b>			
<b>Salle F211+212 (info)</b>	Clim multisplit DAIKIN 4MXS80- 8kW – 2013 (R410A)		
<b>Salle F102</b>	Clim monosplit MISTUBISHI ELECTRIC SUZ-KA 25 VA6 (R410A) - 2019		
<b>Salle F225</b>	Clim monosplit MISTUBISHI ELECTRIC SUZ-KA 25 VA6 (R410A) - 2018		
<b>Batiment G H</b>			
<b>Local autocom G S10</b>	Climatisation monosplit DAIKIN RZQ140B9W1 B- 2011 (R410A)		
<b>G107</b>	Climatisation monosplit DAIKIN RZQ140B9W1 B- 2011 (R410A)		
<b>GS 08</b>	Climatisation multisplit (Twin) DAIKIN RYP200B8W1 – 2009 (R407C)		
<b>H102</b>	Climatisation monosplit X2 DAIKIN RR71B2W1B – 2012 (R410A)		
<b>Evaluation globale de la production de froid</b>			

- Les climatisations sont de type monosplit ce qui multiplie les équipements à maintenir
- Il a été relevé des climatisations fonctionnant au R22. Ce gaz frigorigène est maintenant interdit. Ces installations sont donc à remplacer.

### Aperçu systèmes d'émission



Unité climatisation Bat B'



Clim TRANE Bat C'



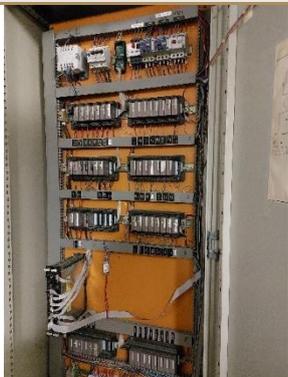
Console climatisation Db



Unités extérieures toiture Db



Unité intérieure bâtiment F

REGULATION				
Emplacement	Elément	Description	Etat	Efficacité
Chaufferie	Régulateur circuit	Régulation Landis & Staefa Système AS 1000		
Sous- station D	Régulateur circuit	Régulation Landis & Staefa Système AS 1000		
Sous- station F	Régulateur circuit	Régulation Landis & Staefa Système AS 1000		
Bâtiment B B'	Ventilation	Régulation REGIN		
<b>Evaluation globale de la régulation</b>				
<b>Consignes de température / loi d'eau</b>		21/18°C Lois d'eau fonction des circuits et façades		
<b>Horaires de confort</b>		Lundi : 4h-18h Mardi vendredi : : 6h-18h		
<ul style="list-style-type: none"> <li>Le site est équipé d'une GTB datant des années 1990. Cette dernière est obsolète et les pièces détachées ne sont plus fabriquées. De plus, elle est non communicante.</li> <li>Le paramétrage des régulateurs semble cohérent.</li> </ul>				
Aperçu systèmes de régulation				
				
Régulation en sous-station principale		Terminal de lecture et paramétrage		
				
Thermostat d'ambiance réfectoire				

## II.3.1 Eau chaude sanitaire

EAU CHAUDE SANITAIRE			
Zone desservie	Elément	Etat	Efficacité
<b>Bâtiment A A'</b>			
logement	Chauffe-eau électrique horizontal Atlantic – 150L - 1650W		
scolarité	Ballon électrique petite capacité		
Laboratoire sous-sol	Ballon électrique 50L 900W		
administration	Ballon électrique 50L 900W		
Coin cuisine SDR R+1	Ballon électrique 15L 2000W		
R+2	Ballon électrique 15L 2000W		
<b>Bâtiment B B'</b>			
Salles de TP	Ballon électrique 30L 2000W (X5)		
<b>Bâtiment C</b>			
Salles de TP	Ballon électrique 100L 1200W		
<b>Bâtiment C'</b>			
RDC	Ballon électrique 150L 1800W		
Salle de TP	Ballon électrique 50L 1200W		
Labo R+2	Ballon électrique 100L 1200W		
Labo R+2	Ballon électrique 50L 1200W		
<b>Bâtiment D Da Db</b>			
Salle TP D	Ballon électrique 15L 2000W		
Salle pause Db	Ballon électrique 15L 2000W		
Sanitaires Da	Ballon électrique 15L 2000W x2		
Sanitaire sous-sol Da	Ballon électrique 30L 2000W		
Atelier Da	Ballon électrique		
<b>Bâtiment E F</b>			
Sous-sol F	Ballon électrique 200L 2400W		
<b>Evaluation globale de l'ECS</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'eau chaude du bâtiment est produite par différents chauffe-eaux électriques répartis dans les locaux qui répond bien aux besoins du bâtiment.</li> <li>• Le besoin cumulé est trop faible pour envisager une production centralisée.</li> </ul>			

**Aperçu systèmes d'ECS**



**Ballon électrique en logement Bat A**



**Ballon électrique en salle TP bat B**



**Ballon électrique en salle TP bat C'**



**Ballon sous-station F**

### II.3.2 Analyse des puisages d'eau

Les consommations d'eau représentent parfois un poste important de dépenses.

D'une manière générale les robinets mélangeurs entraînent des consommations d'eau (froide/chaude) plus importantes que les robinets mitigeurs.

Concernant les sanitaires le tableau suivant représente le classement des différents systèmes de chasse d'eau en fonction de la quantité d'eau consommée par chasse :

Systemes de chasse d'eau	Quantité d'eau/chasse
WC chasse d'eau à compression (Trombe)	9-12 L
WC simple chasse (Ancien)	12 L
WC simple chasse (Récent)	6 L
WC chasse temporisée	6 L
WC double chasse	2-6 L

Points d'eau			
Zones / pièces	Type de point d'eau	Etat	Efficacité
Sanitaires	WC temporisés ou double chasse		
	WC simple chasse		
	Robinetts d'eau froide temporisés		
	Robinetts mélangeurs		
Salle de pause	Evier avec robinet mitigeur		
TP	Robinet mélangeurs		
	Robinet eau froide		
<b>Evaluation globale des points d'eau</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>Les points d'eau du bâtiment sont globalement peu consommateurs. Une attention particulière devra être apportée au choix des systèmes lors de leur remplacement.</li> </ul>			

### II.3.3 Analyse de l'éclairage

L'éclairage est un poste important de consommation électrique, qu'il est nécessaire de ne pas négliger. En effet il s'agit tout autant d'un gisement d'économie d'énergie qu'une source de dérive énergétique.

Une note est attribuée à chaque système. Elle traduit à la fois la qualité et l'efficacité de l'éclairage.

Systèmes d'éclairage				
Zones / pièces	Type d'éclairage	Pilotage	Etat	Efficacité
Bâtiment A A'				
Sous-sol	Tubes T8	Interrupteurs		
Hall accueil	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations Cafétéria	pavés LED	Détection de présence		
Sanitaires	Lampes fluocompactes	Détecteurs de présence		
Scolarité	Tubes T8, quelques T5	Interrupteur		
Administration R+1	Tubes T8	Interrupteurs		
Amphis A, B	Tubes T8	Interrupteurs		
Amphis D, E	Lampes fluocompactes	Interrupteurs		
Logement	Lampes fluocompactes	Interrupteurs		
Locaux associatifs	Tubes T5	Interrupteurs		
R+2 – service médical	pavés LED	Gradateurs		
Bâtiment B B'				
TP / Laboratoires	Tubes T5	Interrupteurs		
Bureaux	Tubes T5	Interrupteurs		
Rangement	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations	Lampes fluocompactes	Détecteurs		

Systèmes d'éclairage				
Zones / pièces	Type d'éclairage	Pilotage	Etat	Efficacité
Bâtiment C				
TP / Laboratoires	Tubes T5	Interrupteurs		
Bureaux	Tubes T5	Interrupteurs		
Rangement	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations	Lampes fluocompactes	Détecteurs		
Bâtiment C'				
TP / Laboratoires	Tubes T8	Interrupteurs		
Bureaux	Tubes T8	Interrupteurs		
Rangement	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations	Lampes fluocompactes	Interrupteurs		
Bâtiment D				
TP	Tubes T8	Interrupteurs		
Bâtiment Da				
TP	Tubes T8	Interrupteurs		
Bureaux	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations Sanitaires	LED	Détecteurs		
Ateliers	LED			
Bâtiment Db				
Laboratoires de recherche	Tubes T8	Interrupteurs		
SAS labo	LED	Interrupteurs		
Bureaux	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations Sanitaires	LED	Détecteurs		

Systèmes d'éclairage				
Zones / pièces	Type d'éclairage	Pilotage	Etat	Efficacité
Bâtiment E				
Salles de TP	LED	Interrupteurs		
Salles de TP	Tubes T58	Interrupteurs		
Rangement	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations	Lampes fluocompactes	Simple allumage		
Bâtiment F				
Salles de TP RDC	LED	Interrupteurs		
Salles de TP Labo	Tubes T8	Interrupteurs		
Bureaux RDC R+1	LED	Gradateurs		
Bureaux R+2	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations	Lampes fluocompactes	Interrupteurs		
Locaux techniques sous-sol	Tubes T8	Interrupteurs		
Bâtiment G H				
TP	Tubes T8	Interrupteurs		
Bureaux	Tubes T8	Interrupteurs		
Circulations	Fluo	Interrupteurs		
circulation	halogènes	Interrupteurs		
Sanitaires	LED	détection		
<b>Evaluation globale de l'éclairage</b>				

- L'éclairage est majoritairement assuré par des luminaires fluorescents ancienne génération. Cet éclairage est aujourd'hui devenu peu performant compte tenu des nouvelles technologies LED, et sera par ailleurs interdit à la commercialisation en septembre 2023.
- Le remplacement de l'éclairage par des LED est en cours. Celui-ci est réalisé au fil de l'eau.
- Lors de l'installation de luminaires LED, les pièces sont équipées de gradateurs.

#### Aperçu systèmes d'éclairage



Tube T8 – Hall accueil Bat A



Eclairage fluorescent T5 Bat A



Tube T5 – Bat B



Tube T8 – Bat B



Tube T8 – Bat C'



Pavé LED – Bat E

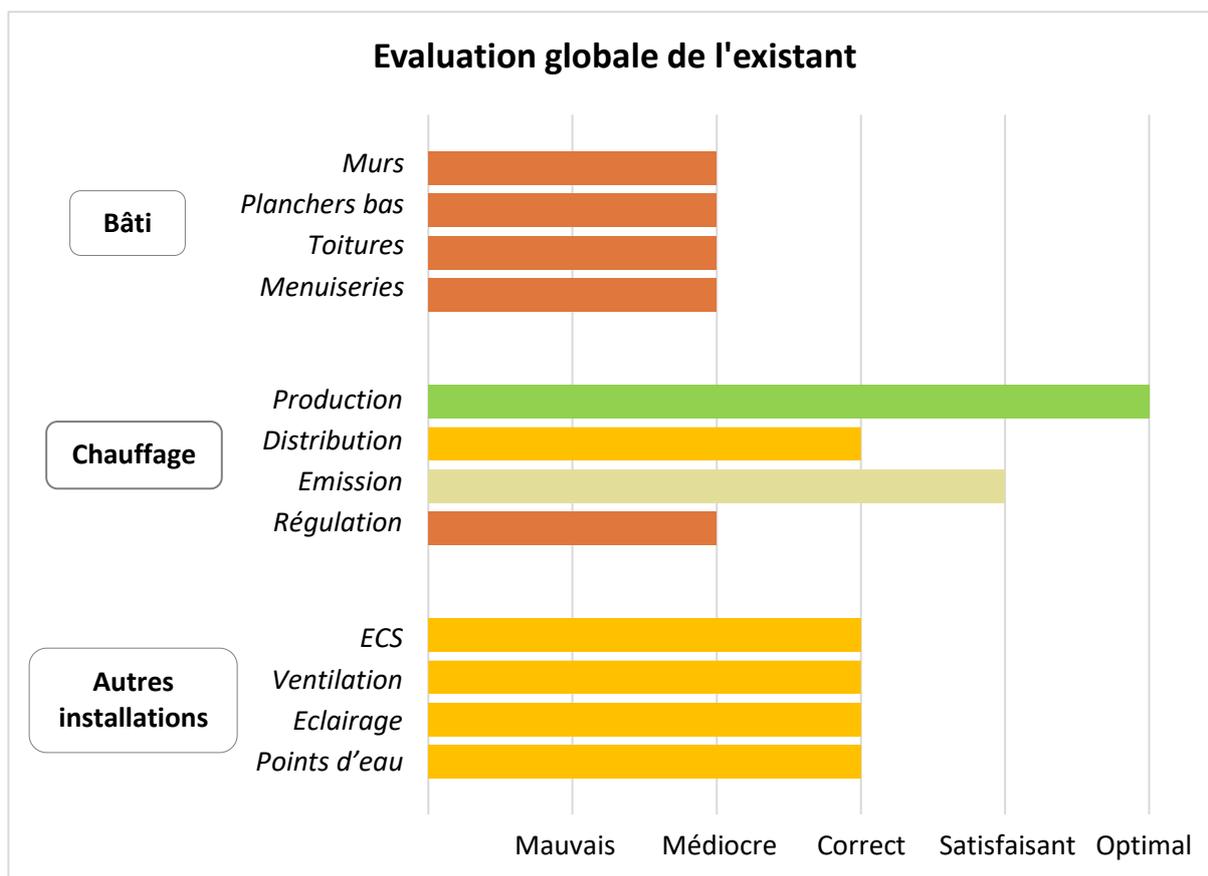
### II.3.4 Analyse de la maintenance

<b>Synthèse des prestations de maintenance</b>			
Type de contrat	P1 - fourniture d'énergie	P2 - entretien courant	P3 – gros renouvellement
Souscription	Oui	Oui	Oui
Prestataire	ALTER SERVICES	IDEX	IDEX
Périmètre	-	Fac des Sciences	Fac des Sciences -
Montant annuel	-	Non connu	Non connu
<p>La maintenance est réalisée par la société IDEX dans le cadre d'un marché P2- type PFI (forfait et intéressement) et P3 (Gros entretien renouvellement) ,.dans le cadre d'un marché sur l'ensemble des site de l'université.</p> <p>Les installations semblent correctement entretenues.</p> <p>Les raccordements aux caissons (manchettes) sont néanmoins à revoir.</p>			
<b>Adéquation globale de la maintenance vis-à-vis des installations</b>			

## II.4 SYNTHÈSE DE L'EXISTANT

### II.4.1 Evaluation globale

L'évaluation ci-dessous porte à la fois sur l'état des équipements ou des éléments du bâti, et sur leur efficacité énergétique respective.



On remarque la forte nécessité de rénover le bâti et d'en améliorer la performance, il s'agit clairement du point faible des bâtiments A à H de la faculté des sciences d'Angers. L'isolation des murs actuellement non isolés, des planchers bas et haut et le remplacement des menuiseries peu performantes diminueront grandement les déperditions du site. La reprise de la régulation et la rénovation et le renforcement de la distribution, ventilation et de l'éclairage devront y être associés. Les autres installations sont pour l'heure satisfaisantes même si des travaux sont nécessaires par endroits.

## II.4.2 Points positifs et négatifs

### Points négatifs constatés



#### **BATI :**

- Majorité de murs extérieurs non isolés
- Toitures et planchers bas faiblement isolés
- Beaucoup de menuiseries anciennes et peu performantes

#### **VENTILATION :**

- Caissons d'extraction/ tourelles pour la majorité anciens (1995)
- Peu de récupération de chaleur sur l'air extrait (simple flux)

#### **CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE :**

- Pompes à débit fixe
- Il subsiste des radiateurs en plinthe
- Régulation (TA ou V2V) des panneaux rayonnants défaillante par endroit
- La régulation bien que robuste est obsolète et non communicante

#### **ECLAIRAGE :**

- Eclairage énergivore (tubes T8)

#### **POINTS DE PUISAGE D'EAU :**

- Encore quelques mélangeurs

### Points positifs constatés



#### **BATI :**

- Aucun.

#### **VENTILATION :**

- Systèmes de ventilation nombreux, renouvellement d'air correct
- Quelques CTA double-flux avec récupération d'énergie

#### **CHAUFFAGE ET EAU CHAUDE SANITAIRE :**

- Raccordement au RCU biomasse (utilisation d'une énergie renouvelable)
- Installations correctement entretenues
- Les radiateurs sont en partie équipés de robinets thermostatiques
- Chauffage par panneaux rayonnants en plafond dans les salles de TP
- Production décentralisée globalement adaptée aux faibles besoins

#### **ECLAIRAGE :**

- Remplacement des éclairages énergivores par des LED et tubes T5
- Quelques détecteurs de présences dans les circulations

#### **POINTS DE PUISAGE D'EAU :**

- Majorité de points de puisage économes en eau (WC à « double commande », mitigeur...).

## III. BILAN ENERGETIQUE

### III.1 BILAN DES CONSOMMATIONS REELLES

#### III.1.1 Plan de comptage

Les points de livraison présents sur site sont les suivants :

Énergie	Type de comptage	N°EDL/PDL	Fournisseur	Tarif	Adéquation du tarif
Électricité	Compteur commun Faculté des Sciences	021539004390	ENI	Offre PRO Tarif HTA Longue utilisation	✓
Réseau de chaleur Belle-Beille	Compteur individuel Sous-station bâtiment A	Non connu	Alter services	Contrat 2016- 2029	✓
Eau	Compteur d'eau froide commun Faculté des Sciences	18BI042744	Angers Loire Métropole	-	✓

En l'absence de points de comptage propres à chaque bâtiment, il n'est pas possible de connaître les consommations par bâtiment.

Le détail des consommations et dépenses pour chaque énergie et pour l'ensemble du site est présenté sur les pages suivantes.

### III.1.2 Bilan par énergie (site complet)

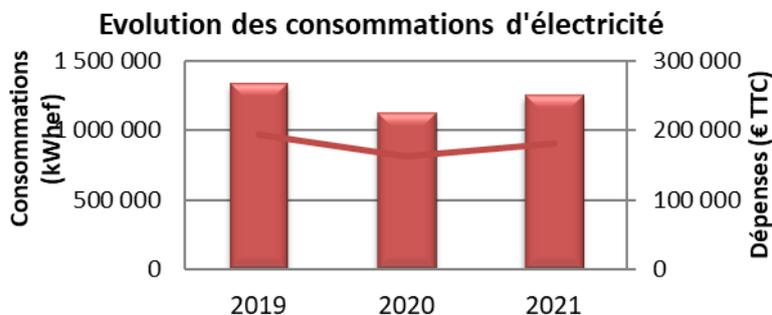
#### ÉLECTRICITE

Le tableau ci-dessous recense les usages auxquels cette énergie est dédiée :

Chauffage	Climatisation	Eau chaude sanitaire	Éclairage	Auxiliaires	Ventilation	Autres
	X	X	X	X	X	X

Nous avons établi le tableau suivant à partir des données de consommation pour l'ensemble du site transmises, ainsi que du coût unitaire de l'électricité pour le site étudié en décembre 2022 :

	2019	2020	2021	Moyenne
<b>Consommation en kWh EF</b>	1 331 318	1 122 986	1 251 882	<b>1 235 400</b>
<i>Evolution %</i>	-	-16%	+11%	-
<b>Coût en € TTC</b>	193 076	162 863	181 556	<b>179 160</b>
<i>Evolution %</i>	-	-16%	+11%	-
<b>€ TTC / MWh<sub>ef</sub></b>	145,0	145,0	145,0	<b>145,0</b>
<i>Evolution %</i>	-	-	-	-



On constate des consommations d'électricité en légère baisse sur la période 2019-2021 avec une baisse notable en 2020 probablement due à la fermeture des locaux lors de la pandémie du Covid.

En l'absence de facture il n'est pas possible de commenter l'évolution des coûts de l'énergie et du coût unitaire sur la période étudiée.

## COMBUSTIBLE (RESEAU DE CHALEUR)

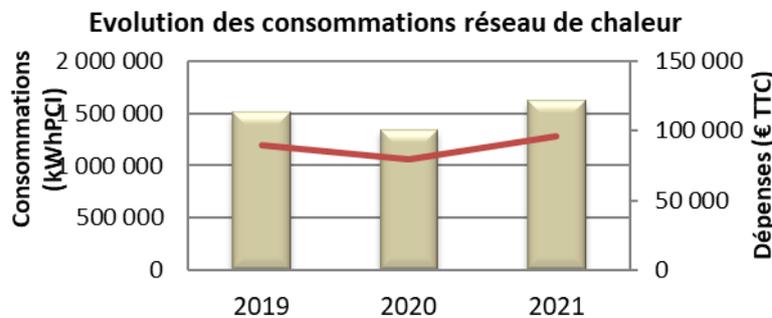
Le tableau ci-dessous recense les usages auxquels cette énergie est dédiée :

Chauffage	Eau chaude sanitaire	Cuisson	Autres
X			

Nous avons établi le tableau suivant à partir des données de consommation pour l'ensemble du site transmises, ainsi que du coût unitaire de l'énergie pour le site étudié en décembre 2022 :

	2019	2020	2021	Moyenne
<b>Consommation en kWh PCI</b>	1 510 000	1 332 000	1 612 000	<b>1 484 670</b>
<b>Evolution %</b>	-	-12%	+21%	-
<b>Indicateur kWh PCI / DJU*</b>	745	728	721	<b>730</b>
<b>Evolution %</b>	-	-2%	-1%	-
<b>Coût en € TTC</b>	89 899	79 301	95 971	<b>88 390</b>
<b>Evolution %</b>	-	-12%	+21%	-
<b>€ TTC / MWh PCI</b>	59,5	59,5	59,5	<b>59,5</b>
<b>Evolution %</b>	-	-	-	-

\*Degrés-Jours Unifiés (définition en annexe 2). Un nombre élevé de DJU correspond à une année froide.



On constate des consommations de combustible en légère hausse sur la période 2019-2021 avec une baisse notable en 2020 probablement due en partie à la fermeture des locaux lors de la pandémie du Covid.

L'indicateur présenté sous les consommations permet de s'affranchir de l'impact des conditions climatiques sur ces dernières, en les rapportant aux DJU (ou degrés-jours unifiés) qui caractérisent la rigueur climatique, un nombre de DJU élevé correspondant à une année particulièrement froide. L'évolution des kWh/DJU est éloignée de celle des consommations brutes, ce qui signifie que la rigueur climatique a probablement eu un fort impact sur les consommations. Les variations constatées peuvent également être liées au pilotage des installations.

En l'absence de facture il n'est pas possible de commenter l'évolution des coûts de l'énergie et du coût unitaire sur la période étudiée.

## EAU

Le tableau ci-dessous recense les usages auxquels cette énergie est dédiée :

Chauffage	Climatisation	Eau chaude sanitaire	Eau froide sanitaire	Autres
X	X	X	X	

Nous avons établi le tableau suivant à partir des données de consommation pour l'ensemble du site transmises, ainsi que du coût unitaire de l'eau pour le site étudié en décembre 2022 :

Eau	2019	2020	2021	Moyenne
<b>Consommation en m<sup>3</sup></b>	5 924	2 962	4 253	<b>4 380</b>
<b>Evolution %</b>	-	-50%	+44%	-
<b>Coût en € TTC</b>	21 212	10 606	15 228	<b>15 680</b>
<b>Evolution %</b>	-	-50%	+44%	-
<b>€ TTC /m3</b>	3,6	3,6	3,6	<b>3,6</b>
<b>Evolution %</b>	-	-	-	-



Les consommations d'eau sont en baisse sur la période 2019-2021, à l'exception logique de 2020 due à la fermeture d'une partie des locaux lors de la pandémie de Covid.

Le volume moyen de consommation hors fermeture, d'environ 5000 m<sup>3</sup> par an, semble faible puisque le ratio moyen constaté dans l'enseignement supérieur est de 5 mètres cubes par élève et par an, soit le double du cas présent. Ceci peut s'expliquer en partie par des installations récentes et économes (robinets mitigeurs, WC double chasse ou temporisés). Néanmoins, ce volume semble faible au vu du nombre d'élèves et d'une part résultante d'équipements non économes.

En l'absence de facture il n'est pas possible de commenter l'évolution des coûts de l'eau et du coût unitaire sur la période étudiée.

### III.1.3 Bilan toutes énergies (site complet)

#### **INTRODUCTION**

Est présenté dans ce chapitre un récapitulatif des consommations, dépenses et émissions de GES pour chaque énergie. Il s'agit d'une synthèse des données détaillées présentées sur les pages précédentes.

Attention, la surface utilisée pour le calcul des différents ratios est la surface totale du site.

#### **BILAN ENERGETIQUE**

Le type d'énergie exprimé ici est l'énergie primaire. **Elle est la mesure utilisée pour exprimer et comparer des énergies de sources différentes.** En effet, il est difficile -et énergétiquement faux- de comparer des kWh d'origine électrique et des kWh d'origine fossile (gaz, fioul, réseau urbain) :

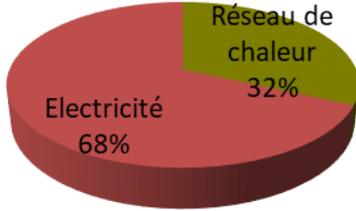
- 1 kWh PCI d'origine fossile = 1 kWhep
- 1 kWh électrique = 2,58 kWhep
- 1 kWh bois = 0,6 kWhep

#### ***Définition de l'Observatoire de l'Énergie :***

*L'énergie primaire* est la première forme de l'énergie directement disponible dans la nature (bois, charbon, gaz naturel, pétrole, vent, rayonnement solaire, énergie hydraulique, géothermique...). Elle n'est pas toujours directement utilisable et fait donc souvent l'objet de transformations (raffinage du pétrole pour avoir de l'essence ou du gazole ; combustion du charbon pour produire de l'électricité dans une centrale thermique, etc.).

*L'énergie secondaire* est obtenue par la transformation d'une énergie primaire au moyen d'un système de conversion : par exemple, une centrale thermique produit de l'électricité (énergie secondaire) à partir de charbon (énergie primaire).

Le bilan des consommations énergétiques du site est le suivant :

	kWh PCI ou kWh élec	kWh EP	Répartition consommation kWh EP (en %)	kWh EP/ m <sup>2</sup> SHON
<b>Réseau de chaleur</b>	1 484 665	1 484 665		89
<b>Electricité</b>	1 235 395	3 187 320		191
<b>TOTAL</b>	<b>2 720 060</b>	<b>4 671 985</b>		<b>280</b>

## BILAN ECONOMIQUE

Le bilan des dépenses correspondantes aux consommations est le suivant :

	€ TTC	Répartition (en %)	€ TTC/ m <sup>2</sup> SHON
Réseau de chaleur	88 390		5,3
Electricité	179 165		10,7
Eau	15 680		0,9
<b>TOTAL</b>	<b>283 235</b>		<b>17,0</b>

## BILAN ENVIRONNEMENTAL

### Équivalence CO<sub>2</sub> :

On peut estimer les émissions de gaz à effet de serre du site en se basant sur les consommations par énergie. Le taux d'émission CO<sub>2</sub> du réseau de chaleur Belle-Beille a été pris à 80gCO<sub>2</sub>/kWh d'après les données transmises. A l'aide de coefficients de conversion on obtient les données suivantes :

	Téq CO <sub>2</sub>	Répartition (en %)	Kgéq CO <sub>2</sub> / m <sup>2</sup> SHON
Réseau de chaleur	117,3		7,0
Electricité	79,1		4,7
<b>TOTAL</b>	<b>196,4</b>		<b>11,8</b>

A titre de comparaison, on estime qu'un arbre de type feuillu âgé de 30 ans capte environ 65kgéq CO<sub>2</sub> par an dans l'atmosphère. Ainsi on peut estimer que **3 021 arbres seraient nécessaires pour compenser les émissions de gaz à effet de serre du site.**

## Équivalence déchets radioactifs :

La fourniture d'électricité par une centrale nucléaire implique une production de déchets radioactifs. En 2019, un kWh d'électricité fourni par une centrale d'EDF a induit :

- 12,32 mg/kWh de déchets radioactifs à vie courte
- 1 mg/kWh de déchets radioactifs à vie longue

Ainsi on peut estimer que le site rejette en moyenne 16 455 g de déchets radioactifs par an.

Les déchets radioactifs à vie courte, sont les déchets dont la période de décroissance radioactive n'excède pas 30 ans. Ils proviennent principalement des opérations de maintenance et d'entretien des centrales. Les déchets radioactifs à vie longue sont des déchets fortement radioactifs. Ils sont constitués des parties du combustible nucléaire non réutilisable après usage (produit de fission).

## ÉTIQUETTES CARACTERISTIQUES

Nous avons établi les étiquettes suivantes à partir des consommations présentées précédemment :

Etiquette énergie (kWhEP/m <sup>2</sup> SHON.an)		Etiquette climat (kgéq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> SHON.an)		Etiquette déchets radioactifs (mg/m <sup>2</sup> SHON.an)	
Consommation estimée :	280	Emission de GES estimée :	12	Production de déchets estimée :	987
<i>Bâtiment économe</i>  <i>Bâtiment énergivore</i>		<i>Faible émission de GES</i>  <i>Forte émission de GES</i>		<i>Faible production de déchets</i>  <i>Forte production de déchets</i>	

Les émissions de gaz à effet de serre sont logiquement faibles du fait du raccordement à un réseau de chaleur alimenté à 75% par de l'énergie renouvelable (biomasse), ceci ne signifie pas pour autant que le bâtiment est performant (d'où la classe énergétique plus élevée). D'autre part la quantité de déchets radioactifs liée à l'énergie consommée est conséquente, notamment à cause de l'éclairage, de la ventilation et des équipements de recherche énergivores en électricité.

Attention, ces étiquettes n'ont pas valeur de diagnostic de performance énergétique (DPE). Il s'agit uniquement d'estimations réalisées afin de situer le site audité par rapport à d'autres sites similaires.

## III.2 MODELISATION DES CONSOMMATIONS THEORIQUES

### III.2.1 Bilan Thermique

Le bilan thermique du site a été établi en vue d'une part, de vérifier que la puissance de la production de chaleur installée est correctement dimensionnée, et d'autre part afin de calculer la consommation de chauffage théorique du site.

Pour ce faire, le calcul a été réalisé avec le logiciel Perrenoud module U02Win selon la norme EN 12831, en s'appuyant sur les hypothèses suivantes :

<b>Département</b>	<b>Maine-et-Loire (49)</b>
<b>Zone climatique</b>	H2B
<b>Bordure de mer</b>	Zone intérieure
<b>Altitude moyenne du lieu</b>	44 m
<b>Température extérieure de base</b>	-7 °C

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant :

Bâtiment	Surface SHON (m <sup>2</sup> )	Surface chauffée (m <sup>2</sup> )	Température intérieure de référence (en °C)	Dépense totale (W)	Ratio de dépenses surfacique (W/m <sup>2</sup> )	Ubât* (W/m <sup>2</sup> .K)	Ubât ref** (W/m <sup>2</sup> .K)
<b>A</b>	3396	3087	19	226 468	73	1,23	0,51
<b>A'</b>	1056	960	19	60 363	63	1,53	0,66
<b>B</b>	401	365	19	33 077	91	1,19	0,52
<b>B'</b>	636	578	19	57 748	100	1,80	0,65
<b>C</b>	364	331	19	25 847	78	0,98	0,50
<b>C'</b>	1190	1082	19	68 953	64	1,43	0,68
<b>D</b>	365	331	19	42 953	130	1,70	0,49
<b>Da</b>	1306	1187	19	66 830	56	1,58	0,80
<b>Db</b>	1341	1219	19	55 714	46	1,10	0,72
<b>E</b>	348	316	19	23 046	73	0,78	0,52
<b>F</b>	2879	2617	19	105 931	40	1,08	0,71
<b>G</b>	1753	1594	19	71 725	45	1,02	0,68
<b>H</b>	1357	1234	19	64 272	52	1,04	0,72
<b>H0</b>	278	253	19	15 753	62	2,06	1,17
<b>TOTAL</b>	<b>16670</b>	<b>15154</b>	<b>19</b>	<b>918 680</b>	<b>60,6</b>	-	-

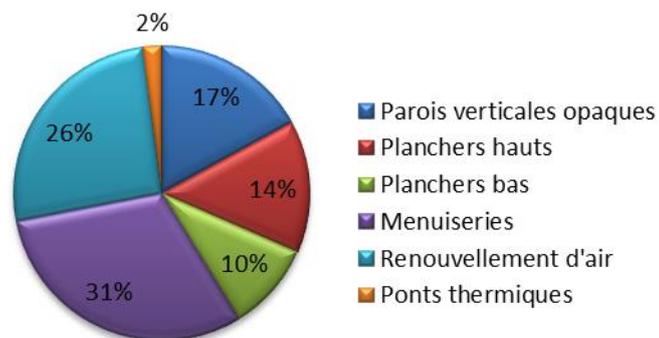
\*Ubât : Coefficient caractérisant les dépenses thermiques de l'enveloppe du bâtiment. Plus sa valeur est faible, plus le bâtiment est thermiquement performant.

\*\*Ubât ref : Coefficient moyen de référence de dépense par les parois et les baies du bâtiment. Permet de situer la dépense par transmission à travers l'enveloppe par rapport à une valeur de référence calculée en fonction des caractéristiques thermiques de référence de l'enveloppe.

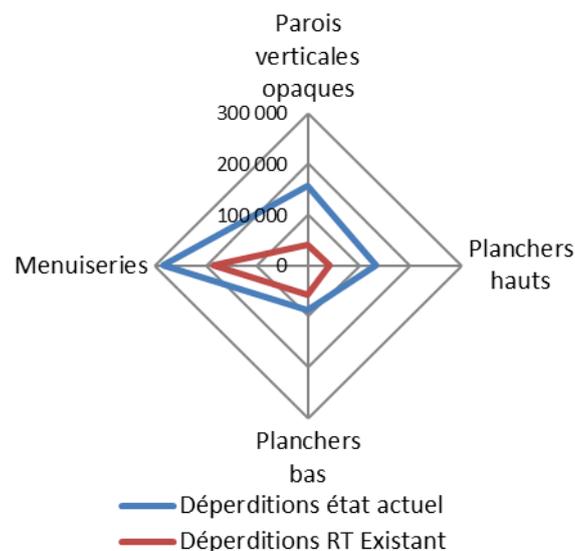
Les différents tableaux ci-dessous détaillent les déperditions de **l'ensemble du site** par poste et les comparent aux valeurs de la RT existant :

Type de parois	Déperditions état existant en W	Déperditions RT existant en W	Écart en %
Parois verticales opaques	156 317	41 641	-275%
Planchers hauts	133 388	41 790	-219%
Planchers bas	89 153	57 139	-56%
Menuiseries	282 082	183 817	-53%
<b>Total parois</b>	<b>660 940</b>	<b>324 388</b>	<b>-104%</b>
Renouvellement d'air	238 881		
Ponts thermiques	18 859		
<b>Total tous postes</b>	<b>918 680</b>		

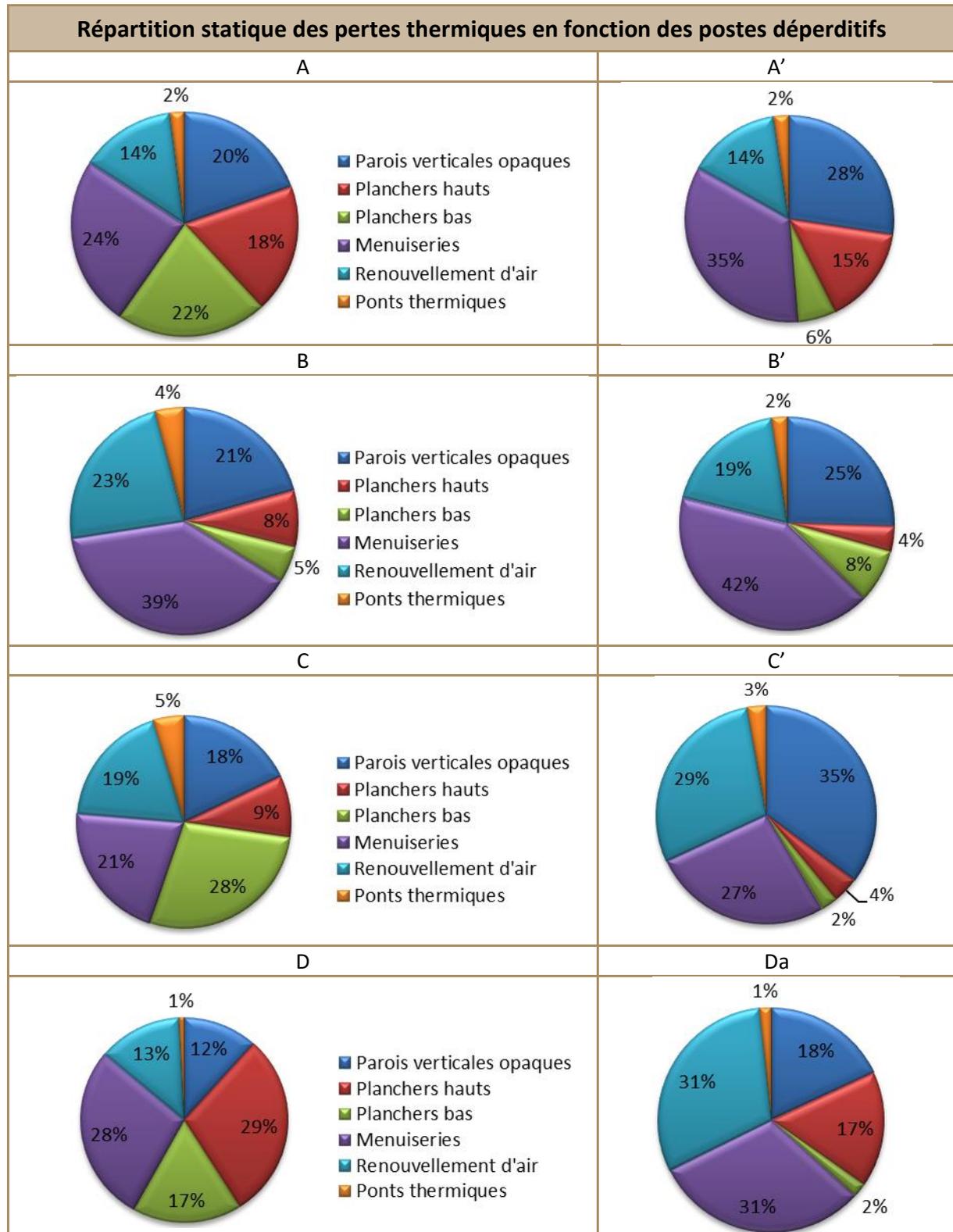
### Répartition statique des pertes thermiques en fonction des postes déperditifs

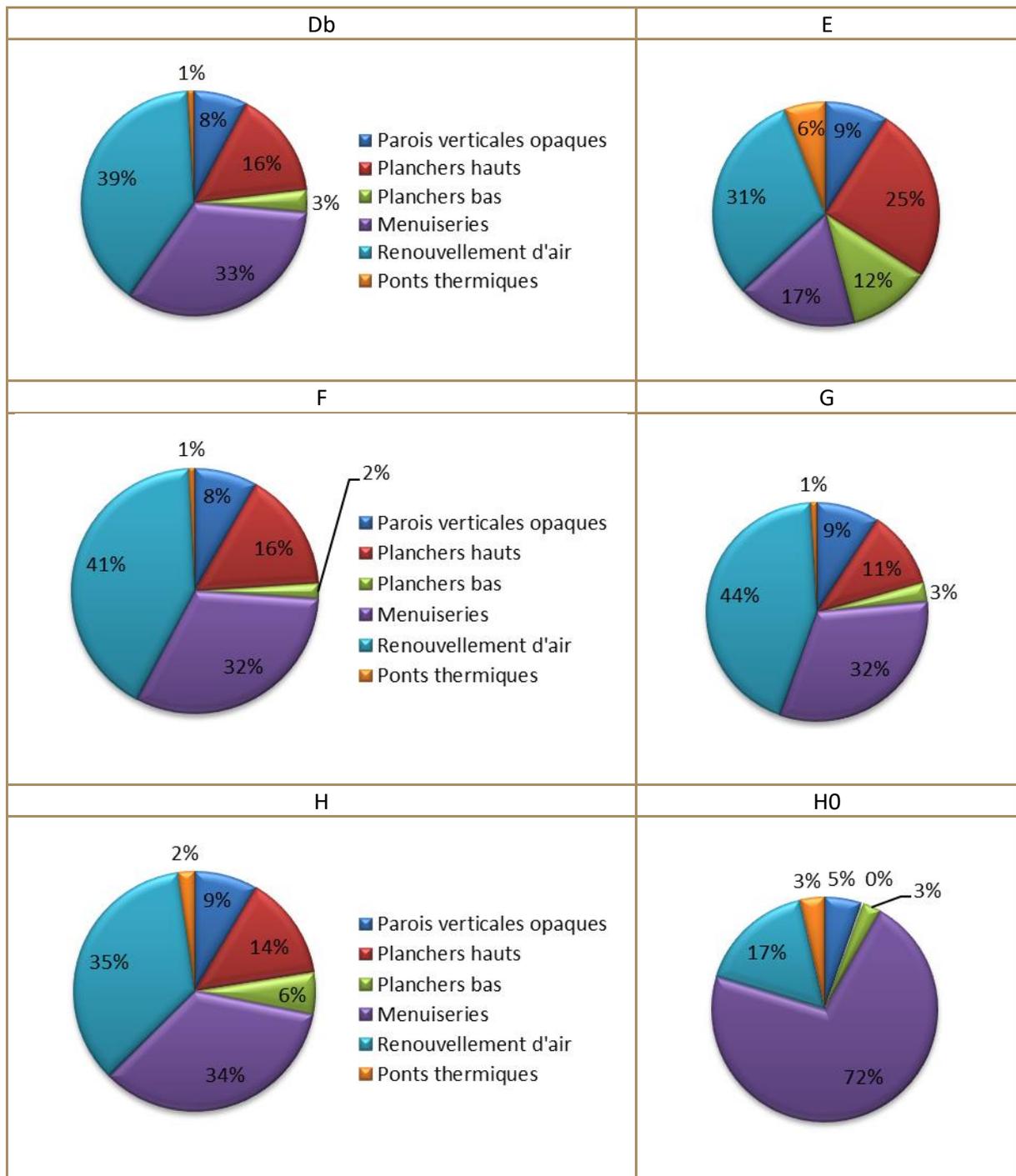


### Comparatif des déperditions état existant/RT existant

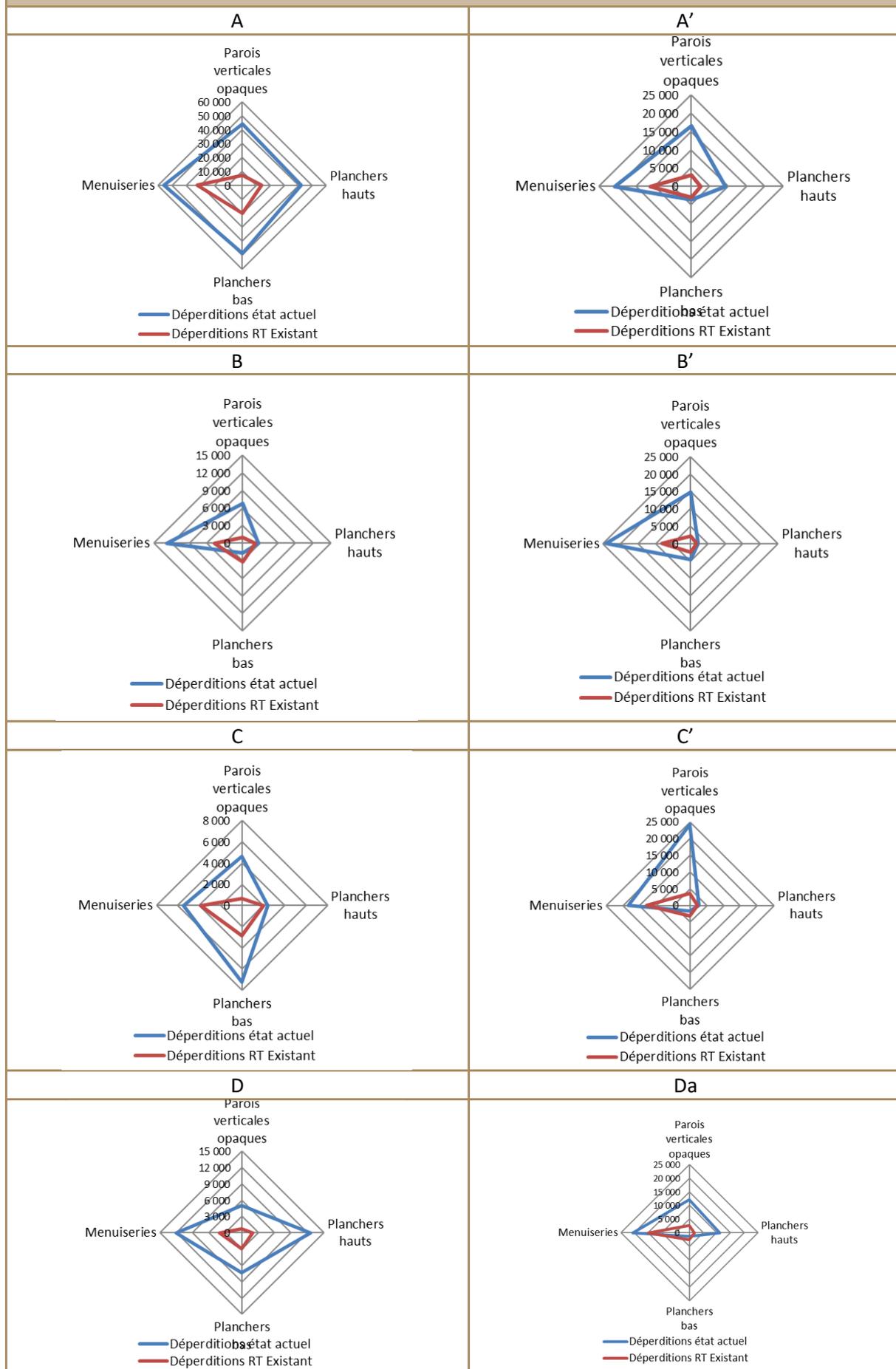


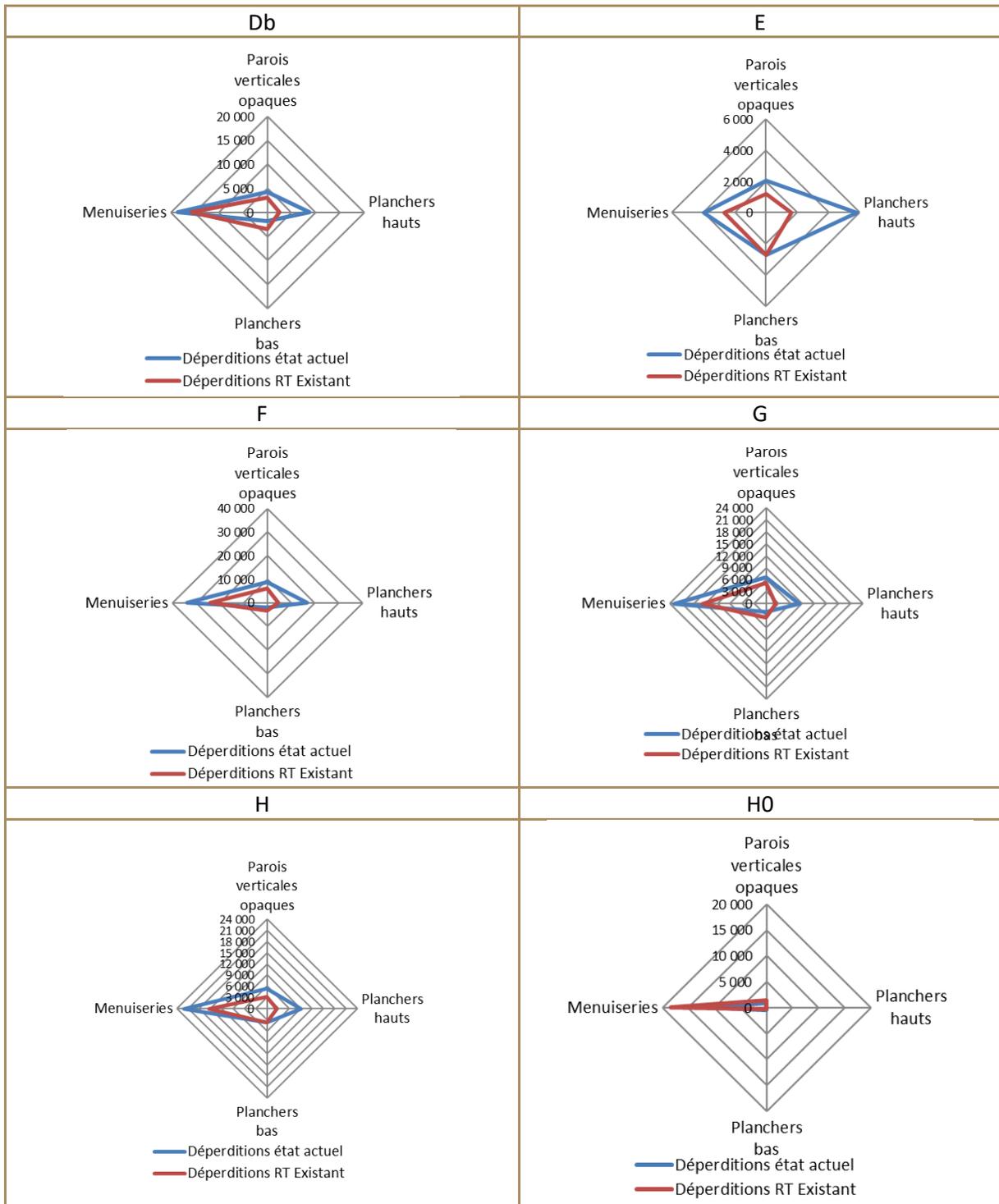
Les différents tableaux ci-dessous détaillent les déperditions **bâtiment par bâtiment** par poste et les comparent aux valeurs de la RT existant :





## Comparatif des déperditions état existant/RT existant





### III.2.2 Consommation théorique de chauffage

Suite au calcul des déperditions, il est possible d'établir la consommation théorique de chauffage du site étudié. Les hypothèses suivantes ont été posées :

- DJU décennaux (2010 à 2019) : 2130 (49)
- DJU moyens saison de chauffe entre 2019 et 2021 : 2053 (49)
- Les consignes de températures retenues par zone sont les suivantes :

Zone desservie	Consigne Confort (°C)	Consigne réduit (°C)
Tous les bâtiments (A-H)	21°C	19°C

Le tableau suivant représente les résultats en termes de consommation théorique de chauffage du site calculé avec le logiciel BAO SED :

Zone desservie	Déperditions Totales (kW)	Energie de chauffage	Consommation théorique (KWh PCI)
A-H	918,680	Réseau de chaleur	1 425 493

### III.2.3 Recollement des consommations de chauffage

Afin de vérifier qu'il n'y ait pas de dérive énergétique importante sur le site étudié, il est nécessaire de comparer la consommation énergétique théorique estimée (calculée avec le logiciel BAO SED) à la consommation réelle obtenue à partir des factures fournies.

<b>Consommation réelle de chauffage, moyennée sur la période étudiée</b>	1 484 665	kWh PCI/an
<b>Consommation théorique de chauffage, basée sur la modélisation</b>	1 425 493	kWh PCI/an
<b>Écart</b>	-4,15	%

**Remarque** : La différence entre les consommations théorique et réelle de chauffage est inférieure à 10% (marge d'erreur moyenne tolérée), on peut donc valider les hypothèses qui ont été prises.

L'écart subsistant peut s'expliquer par les raisons suivantes :

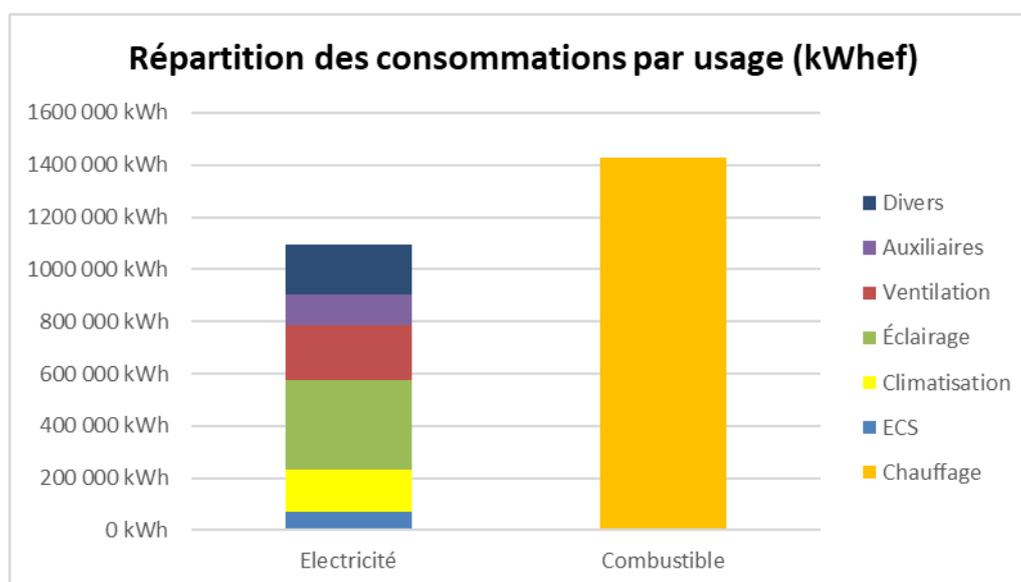
- Les incertitudes liées au comportement des usagers, difficilement quantifiables.
- Les apports externes et internes sont théoriques, il est bien évidemment difficile de recréer les conditions exactes d'utilisation d'un bâtiment.
- Les hypothèses faites sur la constitution de l'enveloppe thermique du ou des bâtiments.
- L'utilisation réelle qui est faite du site, notamment en termes de taux d'occupation.

### III.2.4 Consommations théoriques tous usages

La répartition des consommations théoriques par usage est réalisée à partir du logiciel BAO SED.

Usages	Consommations d'électricité (kWh/an)	Consommation de combustible (kWh/an)
Chauffage	0	1 425 493
ECS	68 747	0
Climatisation	163 551	0
Éclairage	344 269	0
Ventilation	208 488	0
Auxiliaires	117 309	0
Divers	190 444	0
<b>Total par énergie</b>	<b>1 092 808</b>	<b>1 425 493</b>
<b>Total toutes énergies</b>	<b>2 518 301</b>	

Le graphique ci-dessous reprend les consommations pour chaque usage, issues de la modélisation.



On constate ainsi que la majeure partie des consommations est liée au chauffage. Les autres postes importants de consommation sont l'éclairage, la ventilation et la bureautique. Il s'agit donc des postes représentant le plus d'enjeu sur le site.

### III.3 SYNTHÈSE DES INDICATEURS DE CONSOMMATION

Le tableau ci-dessous résume la situation du site en matière de déperditions, de consommations énergétiques, coûts et émissions de GES pour les énergies utilisées sur le site. Il s'agit-là des valeurs réelles et non de celles issues de la modélisation (à l'exception des déperditions).

Les données liées aux consommations sont issues du bilan toutes énergies présenté plus haut.

<b>Surface SHON :</b>		<b>16 670</b>
<b>Indicateurs généraux</b>		<i>/ m<sup>2</sup> SHON</i>
Déperditions (W)	918 680	55
<b>Consommations énergétiques et émissions associées</b>		<i>/ m<sup>2</sup> SHON</i>
Consommations de combustible (kWh PCI)	1 484 665	89
Consommations d'électricité (kWh <sub>ef</sub> )	1 235 395	74
Emissions de GES (kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> )	196 354	12
Eau (m <sup>3</sup> )	4 380	0,3
<b>Dépenses énergétiques</b>		<i>/ m<sup>2</sup> SHON</i>
Combustible (€TTC)	88 390	5,3
Electricité (€TTC)	179 165	10,7
Eau (€TTC)	15 680	0,9

## IV. ÉTAT INITIAL DE L'ETUDE

### IV.1 DEFINITION DE L'ETAT INITIAL

#### IV.1.1 Calcul théorique

La modélisation présentée sur les pages précédentes permet de connaître les volumes annuels moyens des consommations d'énergie primaire et finale, ainsi que des émissions de gaz à effet de serre. Nous appliquons ensuite un coût unitaire propre à chaque énergie pour pouvoir évaluer la dépense annuelle correspondant à la consommation d'énergie finale issue de la modélisation.

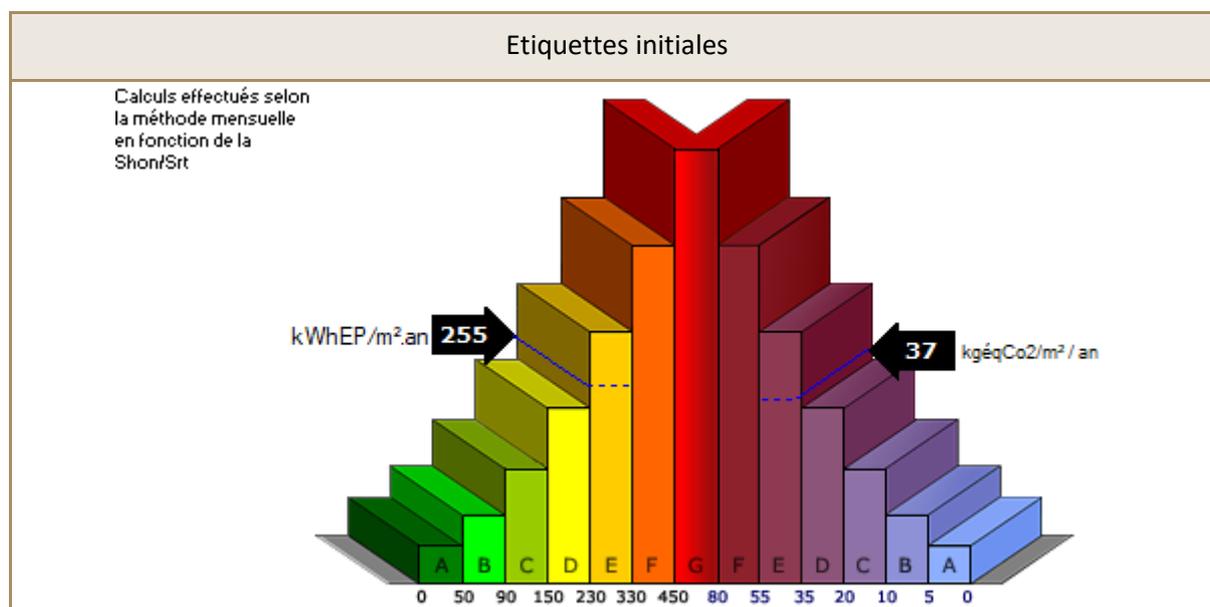
Ainsi l'état initial de l'ensemble du site est le suivant :

Energie	Consommation énergie finale (kWh EF/an)	Consommation énergie primaire (kWh EP/an)	Dépense (€ TTC/an)	Emission GES (TéqCO <sub>2</sub> /an)
Réseau de chaleur	1 425 493	1 425 493	84 867 €	112,6
Electricité divers	1 092 808	2 819 445	158 486 €	69,9
<b>TOTAL</b>	<b>2 518 301</b>	<b>4 244 938</b>	<b>243 353 €</b>	<b>182,6</b>

Les préconisations et scénarios de travaux présentés plus loin seront basés sur ces valeurs. Les coûts unitaires utilisés pour obtenir les dépenses sont les suivants (coûts basés sur les factures de décembre 2022 et coûts actuels généralement constatés) :

- Electricité : 14,5c€/kWh
- Réseau de chaleur : 6c€/kWh

Enfin l'étiquette ci-dessous, issue du logiciel BAO, permet de situer la performance de l'ensemble du site en termes de consommations d'énergie primaire et d'émissions de gaz à effet de serre :



## IV.1.2 Calcul réglementaire

Les usages réglementaires pris en compte dans la réglementation thermique dans l'existant sont :

- Chauffage
- ECS
- Refroidissement
- Eclairage
- Auxiliaires de chauffage et ventilation

Le tableau suivant présente l'ensemble des consommations d'énergie primaire des bâtiments selon le cadre défini par la RT Rénovation avec le moteur de calcul TH-C-E Ex :

Bâtiment	Ubât initial (W/m <sup>2</sup> K)	Ubât réf (W/m <sup>2</sup> K)	Cep initial (kWh EP/m <sup>2</sup> SHON)	Cep réf (kWh EP/m <sup>2</sup> SHON)
<b>A</b>	1,23	0,51	126	48
<b>A'</b>	1,53	0,66	123	44
<b>B</b>	1,19	0,52	140	51
<b>B'</b>	1,80	0,65	131	49
<b>C</b>	0,98	0,50	139	52
<b>C'</b>	1,43	0,68	108	39
<b>D</b>	1,70	0,49	175	50
<b>Da</b>	1,58	0,80	90	36
<b>Db</b>	1,10	0,72	81	36
<b>E</b>	0,78	0,52	107	58
<b>F</b>	1,08	0,71	78	39
<b>G</b>	1,02	0,68	94	41
<b>H</b>	1,04	0,72	91	39
<b>H0</b>	2,06	1,17	111	49

**Les travaux proposés dans les scénarios devront engendrer un gain de 50% ou une consommation inférieure à 110 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>shon/an sur le Cep projet par rapport au Cep initial.**

L'écart constaté entre les résultats du calcul réglementaire et ceux du calcul théorique s'explique principalement par l'utilisation de scénarios conventionnels dans le calcul réglementaire, concernant les heures de fonctionnement des équipements ou les heures d'occupation du site. A cela s'ajoute la non prise en compte des consommations liées aux usages divers (informatique, cuisine etc...).

## V. PRECONISATIONS D' ACTIONS CORRECTIVES ET D' INVESTISSEMENT

### V.1 GENERALITES

La présente étude a pour objectif de proposer les actions les plus pertinentes en termes de faisabilité technique, économique, d'opportunité d'énergies présentes, et de contexte (vocation du bâtiment).

**Ainsi, les actions d'amélioration qui ont été jugées moins pertinentes que celles détaillées dans la suite du rapport, ne seront pas présentées.**

Pour chaque préconisation, il est calculé plusieurs indicateurs (financiers, environnementaux, énergétiques...) afin de guider le Maître d'ouvrage dans sa prise de décision. L'incertitude sur le chiffrage de l'investissement des actions ainsi que sur les différents gains est de 10 à 20 %.

Ces indicateurs sont définis ci-dessous :

**Valorisation MWh Cumac** : Toute personne physique ou morale (association, collectivité, entreprise...) qui réalisera des économies d'énergie se verra délivrer un certain nombre de certificats en fonction des kWh économisés et pourra les revendre à ses fournisseurs d'énergie. Les CEE sont comptabilisées en kWh CUMAC d'énergie finale économisée. L'abréviation CUMAC provient de la contraction de « cumulé » et « actualisés » car le kWh est ramené à la durée de vie du produit et actualisé au marché.

Le tarif de rachat des CEE retenu dans le présent audit est de 8€/MWh Cumac, ce qui correspond au cours actuel des certificats.

Attention les MWh Cumac et leur valorisation en euros sont donnés ici à titre indicatif, ils devront faire l'objet d'une vérification avant la réalisation des travaux.

**Temps de retour Brut/Actualisé** : Le temps de retour Brut (TRB) est obtenu en divisant l'investissement par le gain économique annuel de l'action. Il ne prend pas en compte le coût d'exploitation, l'inflation sur le coût des énergies, la durée de vie de l'équipement... Dans le contexte économique actuel, si le coût initial revêt une importance pour l'investisseur, les charges (ou réductions de charges) à venir doivent être prises en compte sur l'ensemble de la durée de vie des équipements. En effet, dans la mesure où l'entretien d'un bâtiment, le chauffage, l'eau chaude sanitaire etc. représentent des coûts de fonctionnement inévitables et non rentables, il s'agit de traduire la totalité des dépenses effectuées au titre de ces services sur leur durée de vie.

Le temps de retour Actualisé (TRA) est calculé en prenant en compte :

- L'inflation du coût des énergies, différenciée par énergie, issue du cahier des charges type de l'ADEME
- L'évolution des coûts de maintenance, en fonction du matériel proposé.
- Les coûts liés au renouvellement du matériel.

**Impact environnemental** : Les actions visant à réduire les consommations d'énergie n'ont pas seulement un impact financier, mais également un impact environnemental. Ainsi, pour chacune des solutions proposées, les rejets en T<sub>éq</sub> CO<sub>2</sub> sont indiqués. Le **scope 1** représente les émissions directes, et le **scope 2** représente les émissions indirectes associées à la consommation d'électricité, de froid et de chaleur (voir tableau ci-dessous).

Catégories d'émissions	Postes
<b>SCOPE 1</b> <b>Emissions directes de GES</b>	Emissions directes des sources fixes de combustion
	Emissions directes des sources mobiles à moteur thermique
	Emissions directes des procédés hors énergie
	Emissions directes fugitives
	Emissions issues de la biomasse (sols et forêts)
<b>SCOPE 2</b> <b>Emissions indirectes associées à l'énergie</b>	Emissions indirectes liées à la consommation d'électricité
	Emissions indirectes liées à la consommation de vapeur, chaleur ou froid

**Economie globale sur 30 ans** : L'économie globale d'une solution permet de quantifier l'impact de cette dernière en termes d'économies financières sur une période de référence donnée (30 ans dans le cadre de cette étude). L'économie globale permet de résonner au-delà du simple investissement en tenant compte notamment de divers paramètres tels que : l'actualisation du prix de l'énergie, l'inflation des coûts annuels, les coûts de renouvellement du matériel, le surcoût de maintenance etc.

## PHASAGE DES TRAVAUX

Suite à un audit énergétique, il est important de bien hiérarchiser les différents types de travaux pouvant être entrepris dans le temps ainsi que les impacts qu'auront ces derniers sur les plans énergétique, économique et environnemental.

Dès lors, **les premiers travaux à réaliser sont les travaux concernant l'enveloppe thermique du/des bâtiments**. En effet, bien que ces derniers soient souvent peu rentables financièrement, ils présentent les avantages suivants :

- Ils sont généralement mis en place pour une trentaine d'année.
- Ils diminuent les besoins énergétiques d'un bâtiment, notamment ceux de chauffage.
- De par la diminution des besoins énergétiques d'un bâtiment, ils induisent une baisse notable des coûts d'investissements des actions portant sur les installations techniques.
- Ils contribuent à la pérennité du bâti dans le temps et participent de manière notable à l'amélioration du confort des occupants.

Lorsque les travaux concernant l'enveloppe thermique d'un bâtiment sont réalisés, il est alors possible de travailler sur les installations techniques (changement de générateur, mise en œuvre de systèmes valorisant les énergies gratuites...).

Les travaux relatifs à la gestion de l'énergie dans un bâtiment audité peuvent, de manière générale, être réalisés à court ou moyen terme. En effet, l'investissement nécessaire à ces derniers est souvent peu élevé et, par conséquent, le temps de retour s'en retrouve réduit.

Dans le cadre d'une démarche globale et cohérente en faveur de la maîtrise de l'énergie, il ne faut pas hésiter à **se faire assister par un bureau d'études spécialisé (BET structure, fluides etc.) dans la réalisation de missions d'AMO (Assistance à Maîtrise d'Ouvrage) et/ou de MO (Maîtrise d'Œuvre)**.

## **CONDITIONS DE CHIFFRAGE DES PROPOSITIONS DE TRAVAUX**

Le travail effectué dans le cadre de ce contrat est une mission d'audit, ce n'est pas une étude de conception. Elle a pour objectif d'aider les décisionnaires dans leur choix, mais elle n'entre pas dans le cadre d'une mission d'ingénierie, d'une mission de définition ou de dimensionnement. Les solutions proposées ci-après ne sont pas exhaustives et doivent être considérées comme une aide à la décision.

Aucun document ou dire dans le cadre de cette mission ne peut servir de base à la réalisation de travaux quelconques. Le concepteur et l'entreprise réalisatrice de l'ouvrage sont seuls décisionnaires et responsables des actions à entreprendre.

A ce titre, les coûts d'investissements proposés dans ce document sont destinés à situer l'importance des travaux, mais ils ne peuvent être considérés comme des coûts d'objectif. Ils ne comprennent pas :

- Les honoraires liés aux missions de maîtrise d'œuvre, de contrôle technique, SPS, OPC nécessaires à la réalisation de ces travaux.
- Les subventions ou participations éventuelles de tiers,
- Etc.

De la même manière, les bilans d'exploitation prévisionnels réalisés sont donnés à titre indicatif et ne peuvent être contractuels.

Enfin les économies présentées sont chiffrées avec les derniers tarifs constatés pour chaque énergie.  
**Tous les prix sont indiqués en € TTC (TVA à 20%).**

## V.2 RECOURS AUX ENERGIES RENOUVELABLES

Afin de limiter les consommations d'énergies fossiles (gaz naturel, fioul domestique, électricité etc.), il est impératif d'étudier les possibilités de recours à des systèmes valorisant les énergies renouvelables.

L'opportunité de mise en place ou d'extension d'un réseau de chaleur est également étudiée, car ce type d'installation a beaucoup d'avantages : mutualisation de la production de chaleur et des coûts associés (énergétique et maintenance), valorisation de sources d'énergies renouvelables, limitation de l'emprise foncière des locaux techniques...

Solution technique	Recours envisageable		Justification
	Oui	Non	
<b>Solaire photovoltaïque</b>		X	○ Les systèmes photovoltaïques ne sont pas éligibles au fonds FEDER.
<b>Solaire Thermique</b>		X	○ Besoin ECS trop faible.
<b>Bois énergie</b>	X		○ Le site est déjà raccordé au réseau de chaleur d'Angers Belle-Beille alimenté à 75% par de la biomasse.
<b>Pompe à chaleur géothermique</b>	X		
<b>Réseau de chaleur</b>	X		

## V.3 HIERARCHISATION DES PRECONISATIONS

Les préconisations émises dans le présent rapport seront classées selon la manière suivante :

- **Préconisations sur la gestion des ressources naturelles :**
  - ✓ Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers
  - ✓ Gestion des équipements de puisage d'eau
  
- **Préconisations sur le bâti :**
  - ✓ Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H
  - ✓ Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D
  - ✓ Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments
  - ✓ Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B', D, F et H0
  - ✓ Remplacement des menuiseries double vitrage léger des bâtiments de tous les bâtiments
  - ✓ Mise en place de protections solaires extérieures
  - ✓ Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A
  
- **Préconisations sur les installations techniques :**
  - ✓ Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C, C', Db, F, G et H
  - ✓ Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments
  - ✓ Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D et F
  - ✓ Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D et Da
  - ✓ Remplacement des monosplits du bâtiment Db par un groupe froid
  - ✓ Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit
  - ✓ Mise en place d'une gestion technique centralisée

## V.4 PRECONISATIONS DE GESTION DES RESSOURCES NATURELLES

### Préconisation 1 : Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Non modifié

MISE EN ŒUVRE : Simple

#### Descriptif technique

L'objet global de cette préconisation est de mieux connaître les consommations du site et d'optimiser le pilotage des installations afin d'éviter au maximum les dérives. Plusieurs sujets connexes sont ainsi abordés : la sensibilisation des usagers aux économies d'énergie, le suivi des consommations d'énergie et la mise en place de sous-comptage.

#### - Sensibilisation des usagers :

« Avant de consommer autrement, il faut consommer moins » ou « Le kWh le moins cher c'est celui qu'on ne consomme pas » : une campagne de sensibilisation du personnel pourrait être menée par le biais d'une rencontre avec des professionnels. Cette opération pourrait permettre aux intéressés de se renseigner sur le réel impact de leur comportement sur les consommations d'énergie : portes ou fenêtres ouvertes, lumières allumées, etc. (cf. « Sensibilisation des usagers » en annexe 3).

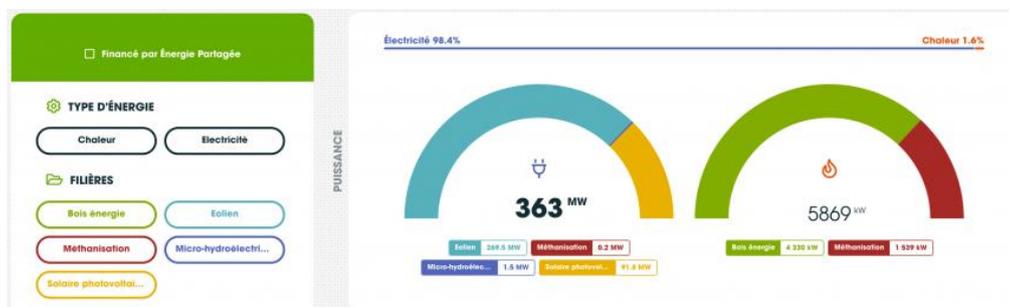
#### - Sous-comptage énergétique :

Le nombre de points de comptage étant limité vis-à-vis des installations présentes sur le site, nous proposons la mise en place des compteurs suivants :

- Un sous-compteur thermique sur chaque départ chauffage et sur la production d'ECS.
- Un sous-compteur d'électricité et d'eau froide sur l'arrivée propre à chaque bâtiment. Des sous-compteurs électriques par usage (ventilation, éclairage etc...) ne sont pas chiffrés ici, mais pourraient être envisagés si la commune souhaite connaître le détail de ses consommations.

#### - Suivi énergétique :

La mise en place d'un tableau de bord énergétique du site permettrait de mieux connaître les consommations du site et de prévenir d'éventuelles dérives de consommation. Cette opération n'a pas pour réelle vocation de faire des économies d'énergie (pas de modification du matériel, ni du bâti). Elle s'inscrit néanmoins dans un programme de gestion de l'énergie du bâtiment. Elle pourrait être réalisée en interne (utilisation d'un logiciel spécialisé ou simple tableur).



Exemple de suivi énergétique

**Préconisation 1 : Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers**

Avantages	Inconvénients	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Connaissance précise des consommations.</b></li> <li>✓ <b>Limitations des dérives énergétiques.</b></li> </ul>	- Incertitude sur les économies réalisables.	
Bilan détaillé de la préconisation		
Économie d'énergie finale	64 621	kWhEF/an
	2,6%	
Économie d'énergie primaire	99 154	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	4,8	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	5 716	€TTC/an
Investissement*	0	€TTC
Temps de retour brut	-	années
Temps de retour actualisé	-	années
Valorisation CEE	0	MWh Cumac
Valeur économique CEE	0	€

## Préconisation 2 : Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Non modifié

MISE EN ŒUVRE : Très simple

### Descriptif technique

Lors du remplacement des éléments de robinetterie on pourra prévoir la mise en place des organes suivants :

- Un réducteur de pression sur les réseaux de distribution d'eau à pression élevée (> 4 bars),
- Un aérateur régulé pour les points de puisage de type robinets qui n'en sont pas équipés.
- Un régulateur de débit pour les points de puisage de type douches ou un système de type douchette économe (système Venturi, compression/injection/éclatement, turbulence ou encore pulsation).
- Un mécanisme de chasse d'eau de type « double commande » ou de type temporisé pour les sanitaires qui n'en sont pas encore équipés.
- Un robinet mitigeur temporisé en lieu et place des robinets traditionnels.
- Un robinet temporisé ou optoélectronique en lieu des robinets situés dans les espaces collectifs (lave-main des sanitaires par exemple).

Voir fiche CEE BAT-EQ-133 (150 aérateurs mis en place).



Réducteur de pression

#### Avantages

- ✓ Réduction de la consommation d'eau.
- ✓ Limitation des risques de dérives.

#### Inconvénients

- Entretien nécessaire des aérateurs régulés (tartre, développement bactérien etc.)

### Bilan détaillé de la préconisation

Quantité	150	Appareils remplacés
Investissement	5 000	€TTC
Valorisation CEE	219	MWh Cumac
Valeur économique CEE	1 750	€

## V.5 PRECONISATIONS SUR LE BATI

### Préconisation 3 : Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Complexe

#### Descriptif technique

L'isolation en place intégrée à la toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H est limitée et les déperditions vers l'extérieur restent conséquentes. Il est donc recommandé l'ajout d'un isolant afin de limiter les besoins de chauffage. Le plénum au-dessus des faux-plafonds de ces bâtiments permettrait de renforcer l'isolation sans reprendre la couverture. En cas de réfection de l'éclairage ou de modification de la ventilation, l'isolation des faux-plafonds devra être effectuée en dernier afin de ne pas gêner les travaux.

La mise en œuvre d'un matériau de type biosourcé permettra, au-delà de sa faible empreinte environnementale, de conserver un confort estival satisfaisant grâce à un bien meilleur déphasage que pour des isolants conventionnels. De plus ce type de matériau est peu sensible aux nuisibles.

Les travaux devront être réalisés en respectant les conditions suivantes :

- Dépose et évacuation de l'isolation existante lorsqu'il y en a, idéalement dans une filière de recyclage.
- Mise en place d'un frein-vapeur sur le plafond existant, côté « chaud ».
- Mise en place d'un isolant biosourcé en rouleaux ou panneaux, type fibre de bois, ouate de cellulose ou laine de chanvre ou de bois, avec une résistance thermique minimale R de 6 m<sup>2</sup>.K/W (soit environ 24cm).
- Il sera apporté un soin particulier lors de la mise en place de l'isolant. En effet, ce dernier devra être réparti uniformément sur l'ensemble de la surface, y compris dans les espaces les plus difficilement accessibles.
- L'isolant mis en œuvre devra bénéficier d'une certification ACERMI, CSTBât ou équivalente.

**NOTA** : Avant la mise en place de l'isolant, il devra être vérifié que les faux-plafonds existants sont apte à recevoir le poids du nouvel isolant.

Voir fiche CEE BAT-EN-101 (surface concernée : 5 135m<sup>2</sup>).



Principe d'une isolation de toiture par panneaux

<b>Préconisation 3 : Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H</b>		
<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Réduction de la consommation énergétique.</b></li> <li>✓ <b>Réduction des émissions de GES.</b></li> <li>✓ <b>Préservation du bâti.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rentabilité moyenne (hors subventions éventuelles) liée à la présence d'une isolation partielle à l'heure actuelle.</li> </ul>	
<b>Bilan détaillé de la préconisation</b>		
Économie d'énergie finale	267 425	kWhEF/an
	10,6%	
Économie d'énergie primaire	268 490	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	21,1	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	15 979	€TTC/an
Investissement*	565 000	€TTC
Temps de retour brut	>30	années
Temps de retour actualisé	24	années
Valorisation CEE	6470	MWh Cumac
Valeur économique CEE	51 760	€

\* Le surcoût d'un isolant biosourcé représente généralement 5 à 20% du montant total des travaux.

**Préconisation 4 : Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D**

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Simple

**Descriptif technique**

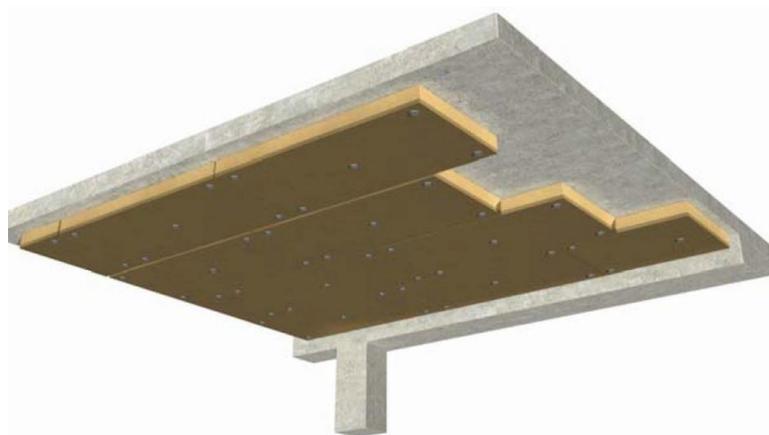
Les planchers bas des bâtiments A, A', B', C et D donnant sur des vide-sanitaires ou des locaux non chauffés sont actuellement peu ou pas isolés et les déperditions engendrées sont conséquentes. Il est donc recommandé l'ajout d'un isolant en sous-face afin de limiter les besoins de chauffage et d'améliorer le confort.

La mise en œuvre d'un matériau de type biosourcé permettra, au-delà de sa faible empreinte environnementale, de conserver un confort estival satisfaisant grâce à un bien meilleur déphasage que pour des isolants conventionnels. De plus ce type de matériau est peu sensible aux nuisibles.

Les travaux devront être réalisés en respectant les conditions suivantes :

- Dépose et évacuation de l'isolation existante lorsqu'il y en a, idéalement dans une filière de recyclage.
- Dépose et repose des installations dans l'emprise des travaux.
- Mise en place d'un frein-vapeur sur le plancher existant, côté « chaud ».
- Mise en place d'un isolant biosourcé en panneaux, type ouate de cellulose, laine de chanvre ou de bois, avec une résistance thermique minimale R de 3 m<sup>2</sup>.K/W (soit environ 12cm).
- Il sera apporté un soin particulier lors de la mise en place de l'isolant. En effet, ce dernier devra être réparti uniformément sur l'ensemble de la surface, y compris dans les espaces les plus difficilement accessibles.
- L'isolant mis en œuvre devra bénéficier d'une certification ACERMI, CSTBât ou équivalente.

Voir fiche CEE BAT-EN-103 (surface concernée : 3 349 m<sup>2</sup>).



Isolation en sous face de plancher bas

**Préconisation 4 : Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Réduction de la consommation énergétique.</li> <li>✓ Réduction des émissions de GES.</li> <li>✓ Amélioration du confort des usagers.</li> <li>✓ Préservation du bâti.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Conditions techniques de pose pouvant être difficiles (présence de réseaux de chauffage...).</li> </ul>

**Bilan détaillé de la préconisation**

Économie d'énergie finale	132 336	kWhEF/an
	5,3%	
Économie d'énergie primaire	132 551	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	10,5	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	7 890	€TTC/an
Investissement	320 000	€TTC
Temps de retour brut	>30	années
Temps de retour actualisé	27	années
Valorisation CEE	8439	MWh Cumac
Valeur économique CEE	67 510	€

\* Le surcoût d'un isolant biosourcé représente généralement 5 à 20% du montant total des travaux.

## Préconisation 5 : Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Complexe

### Descriptif technique

Les murs extérieurs des bâtiments A à H de la faculté des sciences ne disposent que d'une isolation limitée datant de la construction. Il est proposé dans cette préconisation de mettre en place une isolation extérieure pour ces parois, car la typologie des bâtiments s'y prête particulièrement, et les ponts thermiques seront ainsi traités. Les travaux de ravalement permettront également un embellissement et une harmonisation de l'aspect extérieur de ces bâtiments.

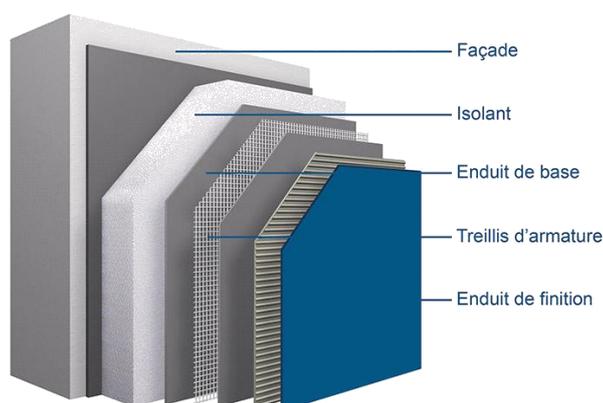
La mise en œuvre d'un matériau de type biosourcé permettra, au-delà de sa faible empreinte environnementale, de conserver un confort estival satisfaisant grâce à un bien meilleur déphasage que pour des isolants conventionnels. De plus ce type de matériau est peu sensible aux nuisibles.

L'isolation des murs par l'extérieur devra se faire en respectant les conditions suivantes :

- Nettoyage des murs avant mise en place du complexe isolant.
- Mise en place d'un pare-pluie et d'un frein-vapeur si nécessaire (selon étude hygrométrique)
- Mise en place d'un isolant biosourcé en panneaux, type fibre de bois ou de chanvre ou ouate de cellulose, avec une résistance thermique minimale R de 3,7 m<sup>2</sup>.K/W (soit environ 14cm).
- Mise en place d'un nouvel enduit en finition (ou bardage avec surcoût).
- Une attention particulière devra être apportée aux travaux de finition afin de traiter au mieux les ponts thermiques courants (angles sortants, rentrants etc.).
- L'isolant mis en œuvre devra bénéficier d'une certification ACERMI ou CSTBât.

Les travaux devront être réalisés par des professionnels et devront être conformes aux prescriptions des fabricants et aux règles de l'art (respect des DTU et des cahiers CSTB).

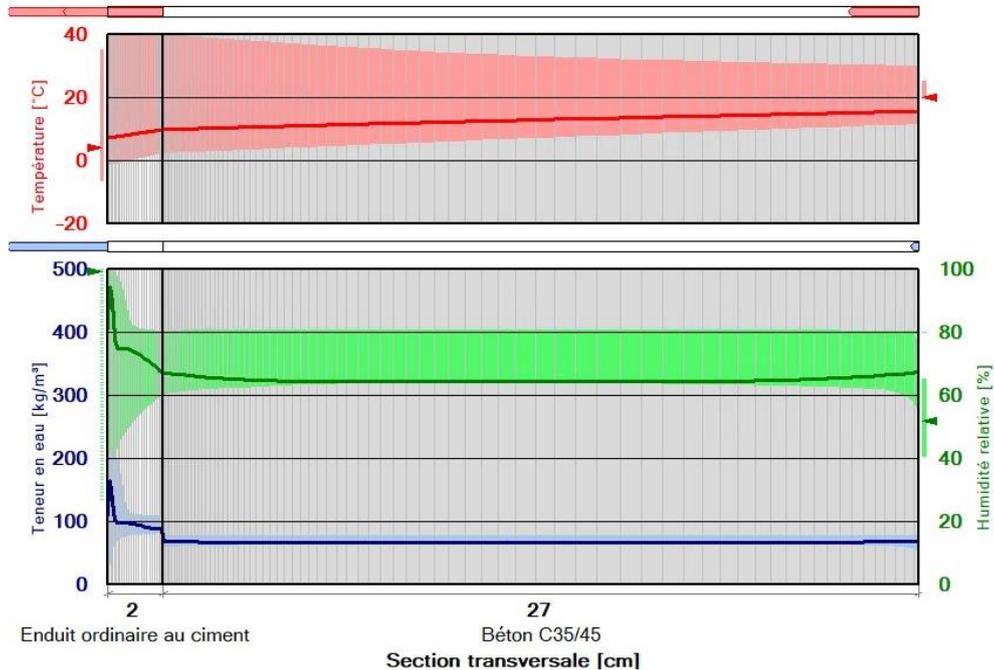
Voir fiche CEE BAT-EN-102 (surface concernée : 5 125m<sup>2</sup>).



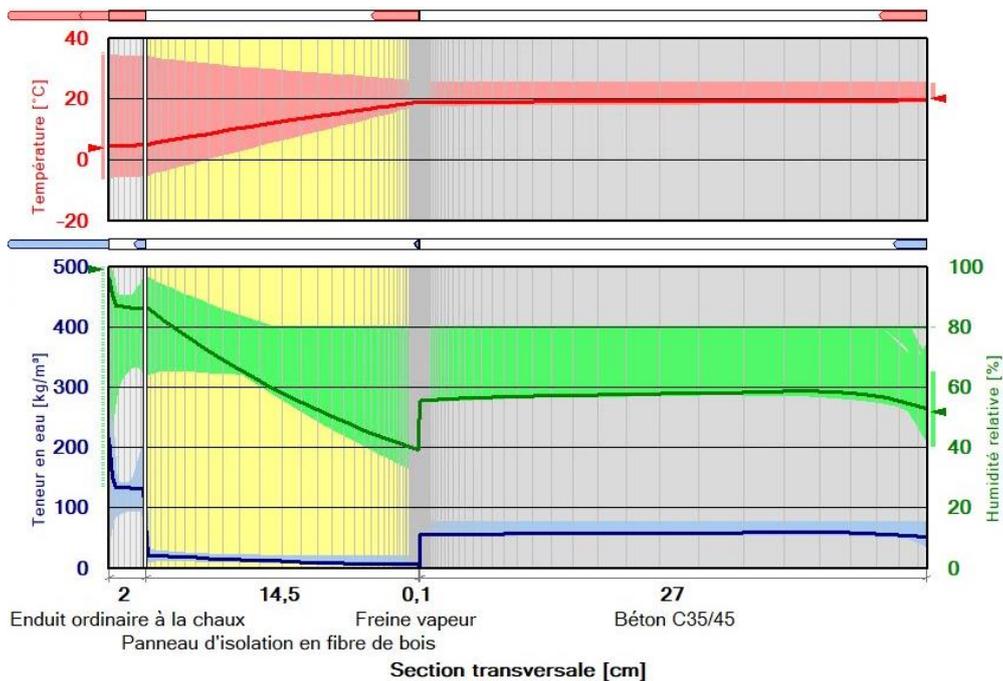
Principe d'une isolation par l'extérieur

## Préconisation 5 : Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments

Pour rappel, le comportement du mur avant travaux est le suivant :



Suite aux travaux de réfection de la paroi, le comportement hydrique devient le suivant :



Il apparaît que la mise en œuvre de l'isolation extérieure conduit à une réduction de l'hygrométrie intrinsèque du gros œuvre, et donc des risques potentiels de dégradations. De même, les variations de températures sont de moindre amplitude, conduisant à un confort accru pour les usagers.

Il conviendra tout de même, avant toute mise en œuvre d'une isolation par l'extérieur des murs, de procéder à une analyse fine des possibilités de réduction des risques de dégradations liés à cette action (type d'isolant mis en œuvre, utilisation d'une membrane frein-vapeur...).

**Préconisation 5 : Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Réduction de la consommation énergétique.</li> <li>✓ Réduction des émissions de GES.</li> <li>✓ Amélioration de l'étanchéité à l'air.</li> <li>✓ Préservation du bâti et durée de vie longue.</li> <li>✓ Revalorisation des façades.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opération lourde et coûteuse.</li> <li>- Nuisances occasionnées lors des travaux (bruits, poussières etc.).</li> </ul>

**Bilan détaillé de la préconisation**

Économie d'énergie finale	352 397	kWhEF/an
	14,0%	
Économie d'énergie primaire	353 748	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	27,8	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	21 053	€TTC/an
Investissement*	1 590 000	€TTC
Temps de retour brut	>30	années
Temps de retour actualisé	>30	années
Valorisation CEE	11993	MWh Cumac
Valeur économique CEE	95 940	€

\* Le surcoût d'un isolant biosourcé représente généralement 5 à 20% du montant total des travaux.

**Préconisation 6 : Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B', D, F et H0**

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Complexe

**Descriptif technique**

En remplacement des menuiseries les moins performantes des bâtiments A, A', B, B', D, F et H0, équipées de simple vitrage aluminium ou bois, il sera mis en place des menuiseries de type 4/16/4 peu émissif à **rupture de ponts thermiques complète** si aluminium et avec Vitrage à Isolation Renforcée (VIR), étanchéité à l'air renforcée (classe A4), remplissage argon et intercalaire Warm Edge.

Le coefficient surfacique de transmission de la menuiserie  $U_w$  sera  $\leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

Il sera apporté un soin particulier aux travaux de finition, notamment à l'étanchéité à l'air au niveau des jonctions avec les murs attenants.

Les ouvrants mis en œuvre devront bénéficier d'une certification ACOTHERM, CSTBât ou équivalente. Les travaux devront être réalisés par des professionnels et devront être conformes aux prescriptions des fabricants et aux règles de l'art (respect des DTU et des cahiers CSTB).

Voir fiche CEE BAT-EN-104 (surface concernée : 582m<sup>2</sup>).



Menuiserie avec double vitrage performant

**Préconisation 6 : Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B', D, F et H0**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Réduction de la consommation énergétique.</li> <li>✓ Réduction des émissions de GES.</li> <li>✓ Amélioration de l'étanchéité à l'air.</li> <li>✓ Amélioration du confort des usagers.</li> <li>✓ Préservation du bâti et durée de vie longue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opération lourde et coûteuse.</li> <li>- Nuisances occasionnées lors des travaux (bruits, poussières etc.).</li> </ul>

**Bilan détaillé de la préconisation**

Économie d'énergie finale	173 209	kWhEF/an
	6,9%	
Économie d'énergie primaire	173 759	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	13,7	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	10 342	€TTC/an
Investissement	455 000	€TTC
Temps de retour brut	>30	années
Temps de retour actualisé	28	années
Valorisation CEE	1571	MWh Cumac
Valeur économique CEE	12 570	€

## Préconisation 7 : Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments

PRIORITÉ : **Moyen terme**

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Complexe

### Descriptif technique

En remplacement des autres menuiseries peu performantes, équipées de double vitrage léger aluminium 4/6/4 ou 4/10/4 sans rupteurs de ponts thermiques, il sera mis en place des menuiseries de type 4/16/4 peu émissif à **rupture de ponts thermiques complète**, avec Vitrage à Isolation Renforcée (VIR), étanchéité à l'air renforcée (classe A4), remplissage argon et intercalaire Warm Edge.

Le coefficient surfacique de transmission de la menuiserie  $U_w$  sera  $\leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .

Il sera apporté un soin particulier aux travaux de finition, notamment à l'étanchéité à l'air au niveau des jonctions avec les murs attenants.

Les ouvrants mis en œuvre devront bénéficier d'une certification ACOTHERM, CSTBât ou équivalente. Les travaux devront être réalisés par des professionnels et devront être conformes aux prescriptions des fabricants et aux règles de l'art (respect des DTU et des cahiers CSTB).

Voir fiche CEE BAT-EN-104 (surface concernée : 2 896m<sup>2</sup>).



Menuiserie avec double vitrage performant

**Préconisation 7 : Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Réduction de la consommation énergétique.</li> <li>✓ Réduction des émissions de GES.</li> <li>✓ Amélioration de l'étanchéité à l'air.</li> <li>✓ Amélioration du confort des usagers.</li> <li>✓ Préservation du bâti et durée de vie longue.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opération lourde et coûteuse.</li> <li>- Nuisances occasionnées lors des travaux (bruits, poussières etc.).</li> </ul>

**Bilan détaillé de la préconisation**

Économie d'énergie finale	267 660	kWhEF/an
	10,6%	
Économie d'énergie primaire	269 115	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	21,1	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	16 014	€TTC/an
Investissement	2 260 000	€TTC
Temps de retour brut	>30	années
Temps de retour actualisé	>30	années
Valorisation CEE	7819	MWh Cumac
Valeur économique CEE	62 550	€

### Préconisation 8 : Mise en place de protections solaires extérieures

PRIORITÉ : **Moyen terme**

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Simple

#### Descriptif technique

La grande quantité de menuiseries exposées peut poser des problèmes de confort en période estivale, car les protections extérieures existantes sont dégradées ou les seules protections sont situées côté intérieur.

Afin d'éviter la mise en place d'un système de climatisation pour des besoins qui restent limités, il est possible de prévoir des protections extérieures type brise-soleil, afin de limiter les apports en été tout en les conservant en hiver grâce à l'orientation des lames.

A noter que l'on peut également améliorer le confort d'été en réalisant une surventilation nocturne, mais cette dernière entraîne des consommations électriques qui peuvent être importantes.

Une légère hausse des consommations est à prévoir car les apports solaires vont diminuer en hiver.



Exemple de façade avec brises-soleil

#### Avantages

- ✓ Limitation des surchauffes en été.
- ✓ Conservation des apports solaires en hiver.

#### Inconvénients

- Investissement relativement lourd.

### Préconisation 9 : Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A

PRIORITÉ : **Moyen terme**

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Simple

#### Descriptif technique

Seule une verrière avec des portes fenêtres sépare actuellement le hall du bâtiment A de l'extérieur, ce qui est source d'importantes déperditions thermiques lors des aller et venues des occupants du bâtiment.

La mise en place d'un sas d'entrée contribuerait à optimiser la consommation énergétique du bâtiment en limitant les déperditions de chaleur.

Le sas devra être équipé de portes automatiques étanches à l'air et à double vitrage performant. Sa taille sera dimensionnée en fonction du nombre d'occupants du bâtiment.



Entrée bâtiment A

#### Avantages

- ✓ **Limitation des déperditions thermiques.**
- ✓ **Gain de confort pour les occupants.**

#### Inconvénients

- Aucun.

## V.6 PRECONISATIONS SUR LES INSTALLATIONS TECHNIQUES

### Préconisation 10 : Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C, C', Db, F, G et H

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Amélioré

MISE EN ŒUVRE : Complexe

#### Descriptif technique

Le renouvellement d'air est l'un des points énergivores du site, ainsi, il est proposé l'amélioration des installations de ventilation avec l'installation de Ventilation double flux à récupération d'énergie (sous réserve de contraintes techniques - laboratoires/TP de chimie)

Le réseau d'extraction est déjà existant dans ces bâtiments. Le réseau de soufflage est également existant dans les bâtiments B, B', C et C'.

L'objet de cette préconisation est donc de mettre en place des bouches d'extraction et de soufflage dans l'ensemble des bâtiments, en fonction des besoins de chaque zone. Le positionnement des bouches dépendra de la future disposition des locaux ; une étude d'implantation sera nécessaire. Selon les contraintes techniques et débits 2 à 3 caissons seront nécessaires par bâtiment pour distribuer tous les locaux.

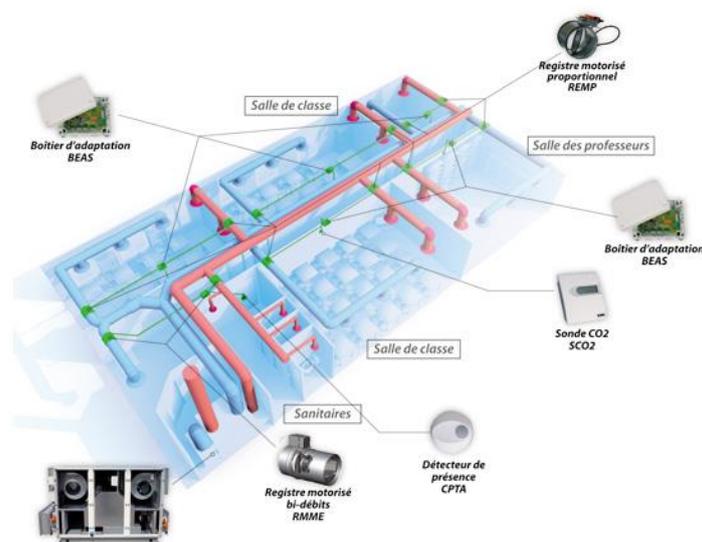
Chaque caisson sera de type double flux et disposera d'un échangeur de chaleur pour récupérer un maximum de calories sur l'air extrait. Cet échangeur sera de type à plaques pour éviter la recirculation de l'air vicié vers le soufflage (notamment dans les salles de TP).

Les ventilateurs répondront à l'ErP 2018 avec une faible consommation.

Les salles à forte occupation et ou à occupation intermittentes seront équipées de détecteur de présence ou de sondes CO2 afin de piloter le débit en fonction de l'occupation.

L'accès aux caissons devra être le plus simple possible afin de faciliter l'entretien des installations et notamment des filtres.

Voir fiche CEE BAT-TH-126 (surface considérée : ensemble du bâtiment soit 8 688m<sup>2</sup>).



Exemple de ventilation double flux pour bâtiment d'enseignement

**Préconisation 10 : Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C, C', Db, F, G et H**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Maintien de la pérennité du bâti.</b></li> <li>✓ <b>Amélioration notable de la qualité d'air.</b></li> <li>✓ <b>Amélioration du confort des usagers.</b></li> <li>✓ <b>Possibilité de surventilation nocturne.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en œuvre pouvant être difficile.</li> <li>- Nouvelles consommations électriques.</li> </ul>

**Bilan détaillé de la préconisation**

Économie d'énergie finale	157 163	kWhEF/an
	6,2%	
Économie d'énergie primaire	282 705	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	11,2	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	16 150	€TTC/an
Investissement	700 000	€TTC
Temps de retour brut	>30	années
Temps de retour actualisé hors aides	27	années
Valorisation CEE	7212	MWh Cumac
Valeur économique CEE	57 700	€

## Préconisation 11 : Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Non modifié

MISE EN ŒUVRE : Complexe

### Descriptif technique

Une partie des salles des bâtiments A à H a été équipée de systèmes d'éclairages performants. Néanmoins la majorité des éclairages reste consommateurs. Il serait donc souhaitable lors d'une réfection partielle ou complète de l'éclairage des locaux de mettre en place la technologie la plus pertinente du point de vue efficacité énergétique. Ainsi, il est proposé de privilégier les technologies suivantes :

- Luminaire équipé de ballast électronique (gain potentiel jusqu'à 25% / référence).
- Luminaire équipé de ballast électronique gradable avec gradateur manuel ou horloge avec programmation horaire (gain potentiel jusqu'à 35 % / référence).
- Luminaire équipé de ballast électronique gradable et détecteur crépusculaire OU détecteur de présence (gain potentiel jusqu'à 50 % / référence).
- Luminaire équipé de ballast électronique gradable et détecteur crépusculaire ET détecteur de présence (gain potentiel jusqu'à 70 % / référence).

Il sera donc préconisé l'installation de luminaires à LED.

Avantages :

- Consommation plus faible qu'un ballast normal.
- Durée de vie des lampes augmentée, maintenance moins régulière.
- Le facteur de puissance est amélioré.
- Absence de clignotement des lampes lorsqu'elles sont en fin de vie.
- Permet la mise en place de détecteurs de présence et de gradateur de luminosité.

Mise en œuvre :

- Les pièces à occupation discontinue (sanitaires, circulations) seront équipées avec des luminaires LED à détection de présence.
- Les pièces à occupation continue (salles de classes, bureaux) seront équipées avec des luminaires LED gradables, de type brochable, à ballast séparé, afin de résister aux allumages/extinctions fréquents.

Les travaux devront être conformes aux prescriptions de mise en place.

Voir fiche CEE BAT-EQ-127 (puissance installée : 30 000W).



Luminaire LED

### Préconisation 11 : Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Réduction de la consommation électrique de l'éclairage.</li> <li>✓ Amélioration du confort visuel des usagers.</li> <li>✓ Durée de vie des lampes augmentées.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opération coûteuse.</li> <li>- Nécessite d'intervenir dans chaque pièce.</li> <li>- Contraintes techniques de mise en œuvre pouvant être importantes.</li> </ul>

#### Bilan détaillé de la préconisation

Économie d'énergie finale	306 523	kWhEF/an
	12,2%	
Économie d'énergie primaire	790 829	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	19,6	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	44 454	€TTC/an
Investissement	295 000	€TTC
Temps de retour brut	7	années
Temps de retour actualisé	6	années
Valorisation CEE	720	MWh Cumac
Valeur économique CEE	5 760	€

**Préconisation 12 : Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D et F**

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Non modifié

MISE EN ŒUVRE : Simple

**Descriptif technique**

La majorité des circulateurs en chaufferie sont anciens et peu performants. Leur remplacement permettra à la fois de limiter les consommations électriques des moteurs et les consommations de combustible, car leur fonctionnement sera en permanence adapté au besoin réel à un instant « t ».

Le chiffrage porte donc sur le remplacement de 15 circulateurs fixes par des modèles à vitesse variable, dont le régime de fonctionnement devra être paramétré en fonction des émetteurs desservis.



Circulateur à vitesse variable

**Préconisation 12 : Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D et F**

Avantages	Inconvénients	
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Réduction de la consommation électrique des pompes.</li> <li>✓ Amélioration de l'équilibrage des réseaux.</li> <li>✓ Réduction de la consommation liée au chauffage.</li> </ul>	- Aucun en particulier.	
Bilan détaillé de la préconisation		
Économie d'énergie finale	68 819	kWhEF/an
	2,7%	
Économie d'énergie primaire	166 293	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	4,5	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	9 371	€TTC/an
Investissement	45 000	€TTC
Temps de retour brut	5	années
Temps de retour actualisé	5	années
Valorisation CEE	0	MWh Cumac
Valeur économique CEE	0	€

**Préconisation 13 : Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D et Da**

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Non modifié

MISE EN ŒUVRE : Simple

**Descriptif technique**

La majorité des émetteurs en place dans les bâtiments A à H sont performants. Néanmoins, une partie des radiateurs des bâtiments A, A', D et Da ne sont pas tous équipés de robinet thermostatique. Il n'y a donc pas de gestion terminale de l'émission du chauffage sur ces émetteurs, alors que les apports gratuits sont souvent importants. Il est préconisé de mettre en place des robinets thermostatiques inviolables et à blocage du réglage sur les radiateurs concernés.

La préconisation inclut la fourniture et la pose de 60 robinets thermostatiques inviolables à blocage du réglage.

On rappelle que tous les robinets doivent être complètement ouverts à la coupure du chauffage (position 5), afin d'éviter tout grippage durant la période estivale.

Voir fiche CEE BAT-TH-104 (surface chauffée concernée : 1 040m<sup>2</sup>).



Exemple de robinet thermostatique

**Préconisation 13 : Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D et Da**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Généraliser la régulation terminale.</li> <li>✓ Limiter les consommations de chauffage</li> <li>✓ Eviter les surchauffes en période hivernale</li> </ul>	- Risque de grippage si fermé durant l'été.

**Bilan détaillé de la préconisation**

Économie d'énergie finale	6 580	kWhEF/an
	0,3%	
Économie d'énergie primaire	6 580	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	0,5	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	392	€TTC/an
Investissement	7 000	€TTC
Temps de retour brut	18	années
Temps de retour actualisé hors aides	15	années
Valorisation CEE	67	MWh Cumac
Valeur économique CEE	540	€

**Préconisation 14 : Remplacement des monosplits du bâtiment Db par un groupe froid**

**PRIORITÉ : Moyen terme**

**CONFORT : Non modifié**

**MISE EN ŒUVRE : Complexe**

**Descriptif technique**

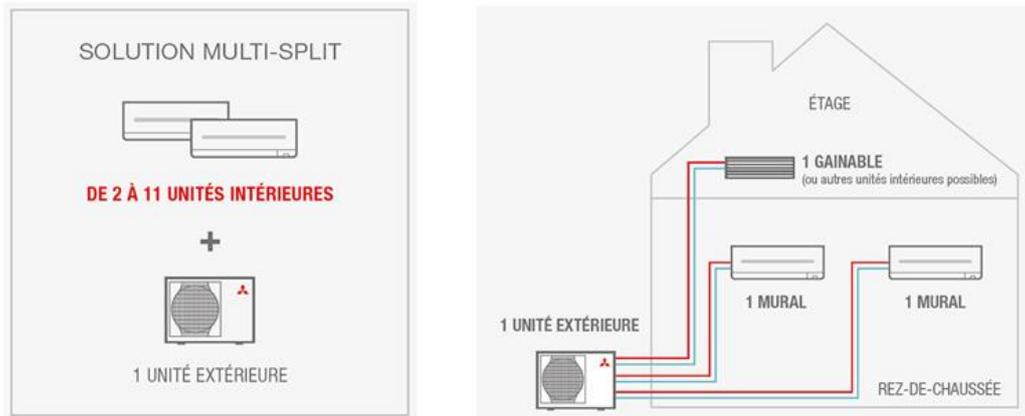
Les climatisations du bâtiment Db sont nombreuses et de type monosplit ce qui multiplie les équipements à maintenir.

Il est donc recommandé de les remplacer à moyen terme, après avoir réalisé un maximum de travaux d'isolation, afin de limiter les besoins de refroidissement et l'investissement initial grâce à une réduction de la puissance installée.

Nous proposons alors d'opter pour une production centralisée de type multisplit.

Cette réflexion pourrait également concerner les bâtiments C', G et H. Néanmoins, une partie des climatisations utilisées actuellement pour des locaux serveurs sont à l'arrêt car une partie des serveurs a été déplacée dans un data center. La pertinence de la mutualisation de la climatisation dépendra donc des usages futurs de ces locaux.

Une étude de dimensionnement sera dans tous les cas nécessaire afin de s'assurer de la capacité de l'équipement à assurer les besoins en climatisation, en fonction des travaux réalisés et des nouveaux besoins.



**Principe de la climatisation multisplit**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Solution relativement simple d'un point de vue technique.</b></li> <li>✓ <b>Forte réduction de la consommation d'énergie finale.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Performances relativement limitées par rapport à des PAC eau/eau, notamment en période froide.</li> <li>- Nuisance sonore des unités extérieures.</li> <li>- Ajustement nécessaire de la puissance électrique souscrite et surcoût associé.</li> </ul>

**Préconisation 15 : Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit**

PRIORITÉ : **Moyen terme**

CONFORT : Non modifié

MISE EN ŒUVRE : Complexe

**Descriptif technique**

Le système de climatisation actuel situé dans les laboratoires secs du R+2 du bâtiment C fonctionne au R-22. Les fuites liées à l'utilisation de ce fluide frigorigène ont été mis en cause dans le phénomène d'appauvrissement de la couche d'ozone contribuant ainsi au réchauffement climatique. Le rechargement de R22 étant interdit depuis 2015, les dispositifs vidangés sont condamnés à être remplacés s'ils ne peuvent être rechargés avec un autre fluide frigorigène autorisé par la réglementation.

Il est donc recommandé de remplacer l'installation existante par une solution multisplit neuve qui fait appel aux fluides les plus récents comme l'ammoniac ou le CO2.

Une étude de dimensionnement sera dans tous les cas nécessaire afin de s'assurer de la capacité de l'équipement à assurer les besoins en climatisation, en fonction des travaux réalisés et des nouveaux besoins.



Calendrier du retrait du R-22

## Préconisation 16 : Mise en place d'une gestion technique centralisée

PRIORITÉ : **Court terme**

CONFORT : Non modifié

MISE EN ŒUVRE : Complexe

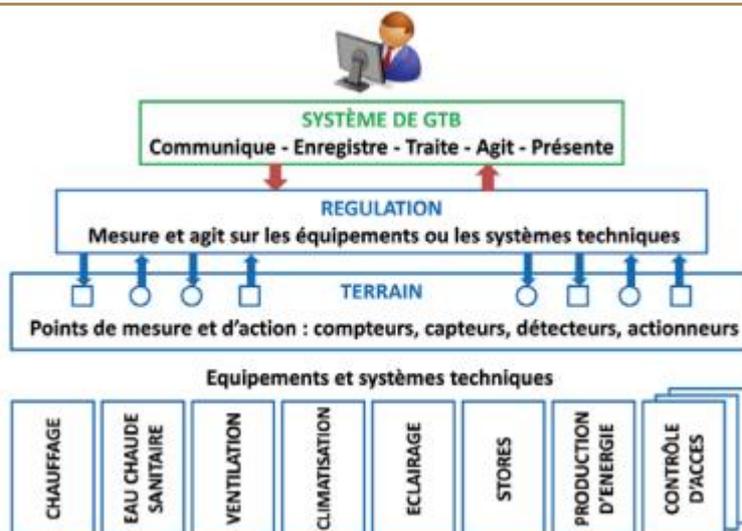
### Descriptif technique

Les installations techniques sont nombreuses sur le site, et la mise en place d'un système de gestion centralisé permettrait d'en améliorer la surveillance et le pilotage, à travers la remontée des informations de fonctionnement et éventuellement de comptage.

Nous proposons ainsi d'équiper les éléments suivants :

- Vannes 3 voies et circulateurs en sous-stations
- Caissons de VMC / centrales de traitement d'air
- Eclairage extérieur

L'ensemble des données liées aux systèmes (utilisation, paramétrage, consommation etc...) seront remontées sur un poste de supervision qui sera facilement accessible pour le gestionnaire. En effet l'intérêt d'une telle installation est maximisé avec un usage régulier et optimisé. Une formation préalable sera indispensable pour la prise en main de l'outil logiciel.



Principal général d'une gestion centralisée

**Préconisation 16 : Mise en place d'une gestion technique centralisée**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ <b>Surveillance du fonctionnement des installations.</b></li> <li>✓ <b>Centralisation du pilotage.</b></li> <li>✓ <b>Possibilité de suivi énergétique.</b></li> </ul>	- Mise en place relativement lourde.

**Bilan détaillé de la préconisation**

Économie d'énergie finale	229 235	kWhEF/an
	9,1%	
Économie d'énergie primaire	229 235	kWhEP/an
Émissions de GES évitées - scope 1	0,0	TéqCO <sub>2</sub> /an
Émissions de GES évitées - scope 2	18,1	TéqCO <sub>2</sub> /an
Économies financières attendues	13 648	€TTC/an
Investissement	155 000	€TTC
Temps de retour brut	11	années
Temps de retour actualisé	10	années
Valorisation CEE	1637	MWh Cumac
Valeur économique CEE	13 100	€

## V.7 SYNTHÈSE DES PRECONISATIONS – ENSEMBLE DU SITE

### V.7.1 Résultat par préconisation pour l'ensemble du site

N°	Libellé	Investissement (€TTC)	Economies					Temps de retour TRB/TRA* (années)	Potentiel CEE (MWh cumac)	Valorisation des CEE (€)
			Energie finale (kWh/an)	Energie primaire (kWh/an)	GES - Scope 1 (TéqCO2/an)	GES - Scope 2 (TéqCO2/an)	Financières (€TTC/an)			
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	0	64 620	99 155	0,0	4,8	5 715	- / -	0	0
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	5 000	0	0	0,0	0,0	0	- / -	219	1 750
3	Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H	565 000	267 425	268 490	0,0	21,1	15 980	>30 / 24	6 470	51 760
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	320 000	132 335	132 550	0,0	10,5	7 890	>30 / 27	8 439	67 510
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	1 590 000	352 395	353 750	0,0	27,8	21 055	>30 / >30	11 993	95 945
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B', D, F et H0	455 000	173 210	173 760	0,0	13,7	10 340	>30 / 28	1 571	12 570
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments	2 260 000	267 660	269 115	0,0	21,1	16 015	>30 / >30	7 819	62 550
8	Mise en place de protections solaires extérieures	0	0	0	0,0	0,0	0	- / -	0	0
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A	0	0	0	0,0	0,0	0	- / -	0	0
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C, C', Db, F, G et H	700 000	157 165	282 705	0,0	11,2	16 150	>30 / 27	7 212	57 695
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	295 000	306 525	790 830	0,0	19,6	44 455	7 / 6	720	5 760
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D et F	45 000	68 820	166 295	0,0	4,5	9 370	5 / 5	0	0
13	Généralisation des robinets thermostatiques	7 000	6 580	6 580	0,0	0,5	390	18 / 15	67	535
14	Remplacement des monosplits du bâtiment Db par un groupe froid	0	0	0	0,0	0,0	0	- / -	0	0
15	Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit	0	0	0	0,0	0,0	0	- / -	0	0
16	Mise en place d'une gestion technique centralisée	155 000	229 235	229 235	0,0	18,1	13 650	11 / 10	1 637	13 095

\* Comme défini précédemment, le temps de retour brut correspond au rapport entre l'investissement et l'économie, alors que le temps de retour actualisé TRA prend également en compte l'évolution du coût des énergies, les différents coûts de maintenance des équipements, et les coûts de renouvellement du matériel.

## V.7.2 Investissement par bâtiment pour l'ensemble du site

N°	Libellé	Investissement pour tout le site (€TTC)	Investissement par bâtiment (€TTC)														
			A	A'	B	B'	C	C'	D	Da	Db	E	F	G	H	H0	
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	0															
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	5 000	1000	300	150	200	100	350	100	400	400	100	850	550	400	100	
3	Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H	565 000		73000						57000	51000	68000	46000	133000	66000	71000	
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	320 000	197000	34000		26000	31000			32000							
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	1 590 000	324000	101000	38000	61000	35000	113000	35000	125000	128000	33000	275000	167000	129000	26000	
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B', D, F et H0	455 000	160000	29000	63000	126000				65000			3000			9000	
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments	2 260 000	182000	145000	7000	3000	61000	205000			236000	238000	42000	373000	247000	240000	281000
8	Mise en place de protections solaires extérieures																
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A																
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C, C', Db, F, G et H	700 000			40000	30000	65000	95000			95000		170000	95000	110000		
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	295 000	60000	19000	7000	11000	6000	21000	7000	23000	24000	6000	51000	31000	24000	5000	
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D et F	45 000	19000							8000			18000				
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D et Da	7 000	3000	2000						500	1500						
14	Remplacement des monosplits du bâtiment Db par un groupe froid																
15	Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit																
16	Mise en place d'une gestion technique centralisée	155 000	51000	6000	2000	3000	2000	7000	5000	7000	7000	2000	43000	10000	8000	2000	

## V.8 SYNTHÈSE DES PRECONISATIONS – BATIMENTS A, A', B, B', C, C' ET D

### V.8.1 Résultat par préconisation pour les bâtiments A, A', B, B', C, C' et D

N°	Libellé	Investissement (€TTC)	Economies					Temps de retour TRB/TRA* (années)	Potentiel CEE (MWh cumac)	Valorisation des CEE (€)
			Energie finale (kWh/ef/an)	Energie primaire (kWh/ep/an)	GES - Scope 1 (TéqCO2/an)	GES - Scope 2 (TéqCO2/an)	Financières (€TTC/an)			
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	0	36 995	53 020	0,0	2,8	3 070	- / -	0	0
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	2 000	0	0	0,0	0,0	0	- / -	102	815
3	Reprise de l'étanchéité et de l'isolation en toiture de tous les bâtiments	865 000	163 160	163 160	0,0	12,9	9 715	>30 / >30	4 963	39 705
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	320 000	132 200	132 200	0,0	10,4	7 870	>30 / 27	8 439	67 510
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	710 000	271 480	271 480	0,0	21,4	16 165	>30 / 28	5 359	42 870
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B' et D	440 000	168 185	168 185	0,0	13,3	10 015	>30 / 28	1 258	10 065
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments	605 000	83 070	83 070	0,0	6,6	4 945	>30 / >30	2 087	16 695
8	Mise en place de protections solaires extérieures	450 000	0	0	0,0	0,0	0	- / -	0	0
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A	60 000	0	0	0,0	0,0	0	- / -	0	0
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C et C'	230 000	70 905	136 405	0,0	5,0	7 765	30 / 21	1 955	15 640
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	130 000	15 505	215 165	0,0	-0,7	11 725	11 / 10	324	2 590
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des deux sous-stations A et D	30 000	40 150	103 585	0,0	2,6	5 825	5 / 5	0	0
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D	5 000	5 520	5 525	0,0	0,4	330	15 / 13	39	310
14	Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit	0	0	0	0,0	0,0	0	- / -	0	0
15	Mise en place d'une gestion technique centralisée	76 000	143 425	143 425	0,0	11,3	8 540	9 / 9	1 637	13 095

\* Comme défini précédemment, le temps de retour brut correspond au rapport entre l'investissement et l'économie, alors que le temps de retour actualisé TRA prend également en compte l'évolution du coût des énergies, les différents coûts de maintenance des équipements, et les coûts de renouvellement du matériel.

V.8.2 Investissement par bâtiment pour les bâtiments A, A', B, B', C, C' et D

N°	Libellé	Investissement pour tout le site (€TTC)	Investissement par bâtiment (€TTC)						
			A	A'	B	B'	C	C'	D
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers								
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	2 000	900	300	150	150	100	300	100
3	Reprise de l'étanchéité et de l'isolation en toiture de tous les bâtiments	865 000	400000	94000	80000	65000	72000	80000	74000
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	320 000	197000	34000		26000	31000		32000
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	710 000	326000	101000	38000	61000	35000	114000	35000
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B' et D	440 000	157000	29000	63000	126000			65000
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments	605 000	184000	145000	7000	3000	61000	205000	
8	Mise en place de protections solaires extérieures	450 000	195000	67000	29000	32000	23000	79000	25000
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A	60 000	60000						
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C et C'	230 000			40000	30000	65000	95000	
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	130 000	60000	19000	7000	11000	6000	20000	7000
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A et D	31 000	22000						9000
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D	5 000	2500	2000					500
14	Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit								
15	Mise en place d'une gestion technique centralisée	76 000	51000	6000	2000	3000	2000	7000	5000

## VI. PROGRAMME D'AMELIORATION ET SCENARIOS

### VI.1 SCENARIOS DE TRAVAUX DETAILLES – ENSEMBLE DU SITE

#### VI.1.1 Description des scénarios pour l'ensemble du site

Deux scénarios ont été étudiés dans la partie suivante avec un objectif de résultat conforme aux critères d'obtention des subventions FEDER :

- Scénario -50% - un des deux objectifs à atteindre sur le calcul réglementaire :
  - Gain de 50% d'énergie primaire sur l'ensemble du site
  - ou
  - Consommation limite de 110 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an sur l'ensemble du site

A travers notamment l'isolation de l'enveloppe et l'optimisation de l'exploitation des équipements en place, en intégrant également le renouvellement du matériel.

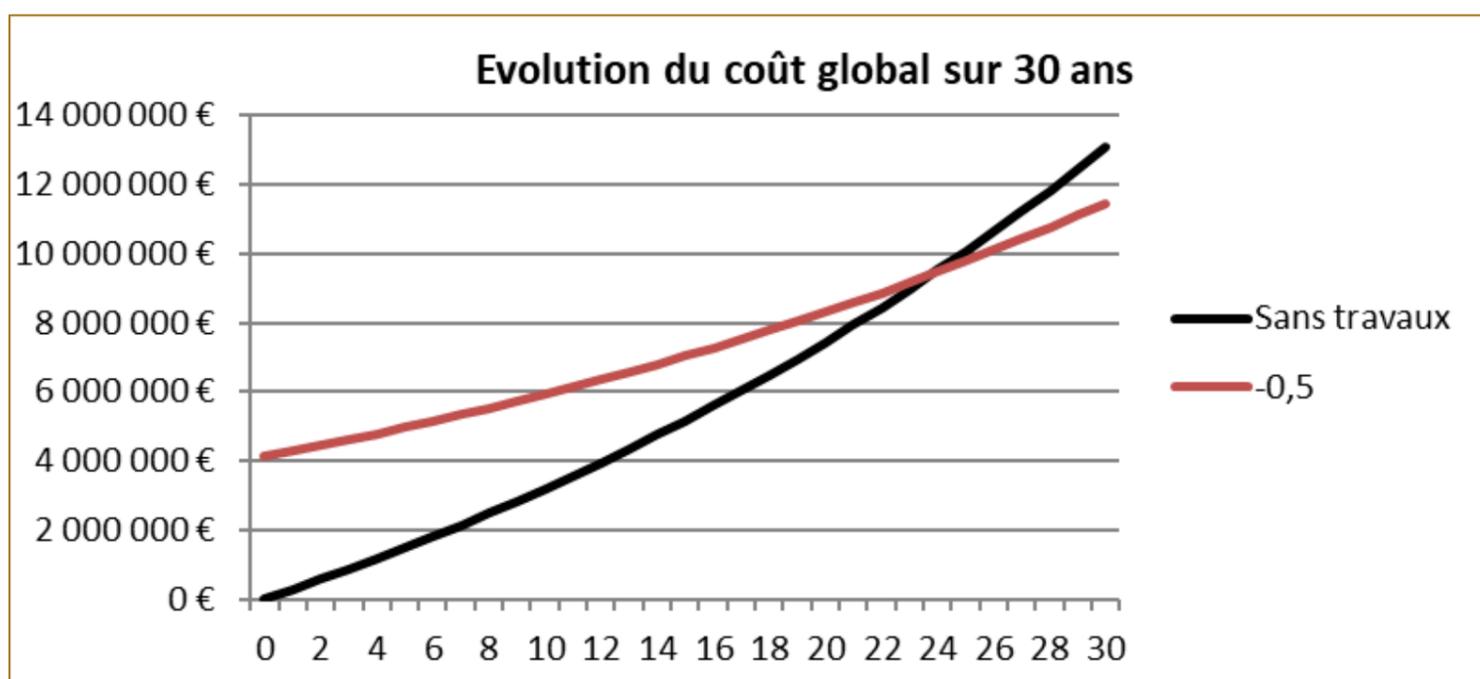
- Scénario optimal – même objectif que le scénario précédent, avec toutes les préconisations proposées soit une amélioration optimale de l'isolation de l'enveloppe.

## VI.1.2 Scénario -50% pour l'ensemble du site

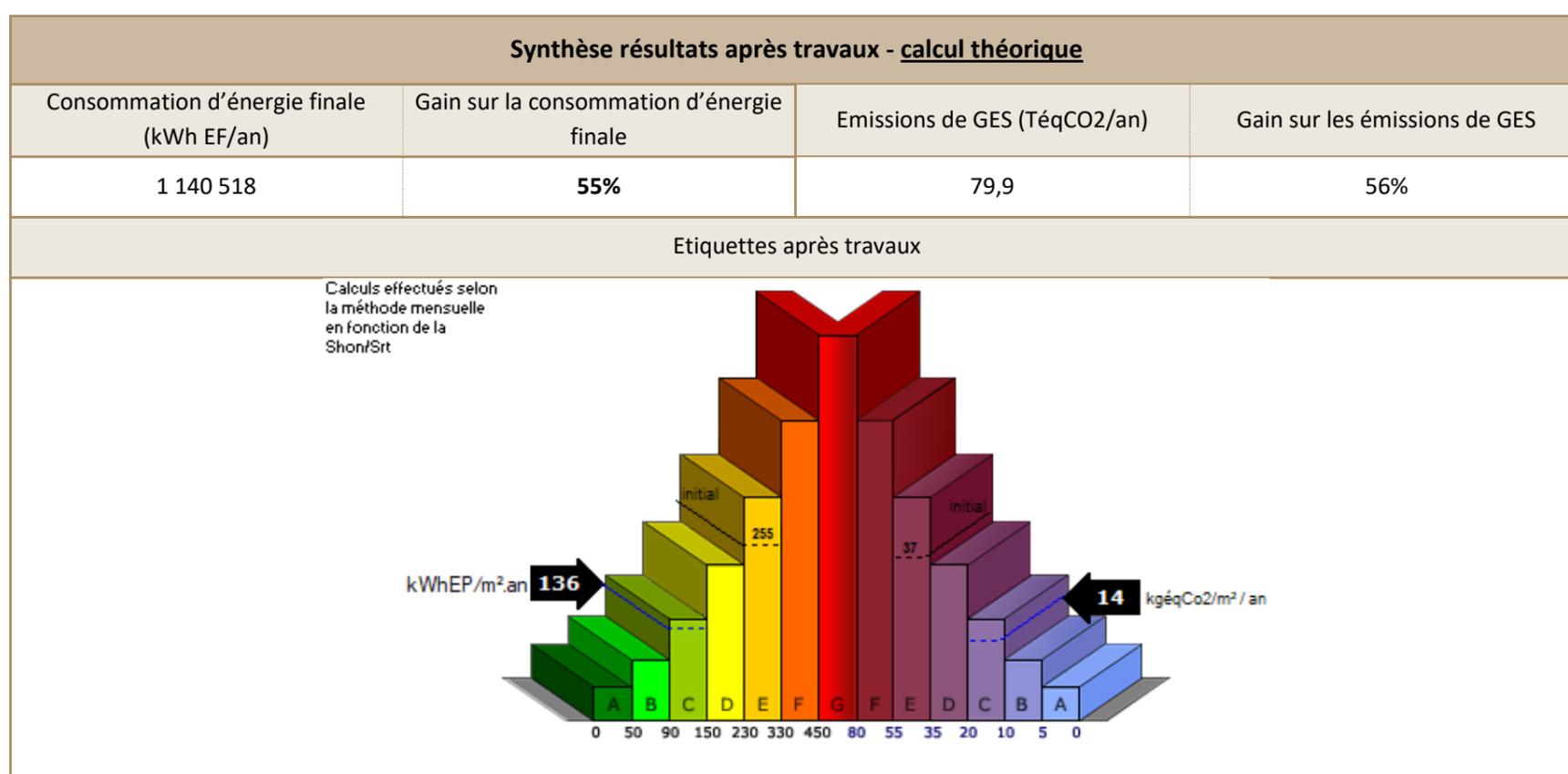
Ce scénario comprend un lot de préconisations cohérent, ayant pour but d'atteindre un gain de 50% sur les consommations d'énergie finale ou une consommation limite de 110 kWh/m<sup>2</sup>/an sur l'ensemble du site.

N°	Libellé	Investissement (€TTC)	Economies				Temps de retour TRB/TRA (années)	Potentiel CEE* (MWh cumac)	Valorisation des CEE* (€)	
			Energie finale (kWh <sub>ef</sub> /an)	Energie primaire (kWh <sub>ep</sub> /an)	GES – Scope 1 (TéqCO <sub>2</sub> /an)	GES – Scope 2 (TéqCO <sub>2</sub> /an)				Financières (€TTC/an)
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	0								
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	5 000								
3	Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H	565 000								
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	320 000								
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	1 590 000								
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B', D, F et H0	455 000	1 377 783	2 025 092	0,0	102,7	117 052	>30 / 24	38 328	306 620
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO <sub>2</sub> dans les bâtiments B, B', C, C', Db, F, G et H	700 000								
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	295 000								
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D	45 000								
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D et Da	7 000								
16	Mise en place d'une gestion technique centralisée	155 000								
<b>Investissement total (€TTC)</b>		<b>4 137 000</b>								
<b>Ratio coût des travaux (€TTC/m<sup>2</sup>SHON)</b>		<b>248</b>								

Le temps de retour actualisé pour le scénario est de 24 ans, comme le montre le graphique ci-dessous :



Les résultats des deux modes de calcul, théorique et réglementaire, sont présentés dans le tableau suivant (résultats issus du logiciel Perrenoud, BAO SED) :



**Synthèse résultats après travaux - calcul réglementaire**

Bâtiment	Ubât projet	Ubât réf	Cep projet (kWh EP/m² SHON)*	Cep réf (kWh EP/m² SHON)*	Gain sur le Cep initial (%)*	Objectif atteint
A	0,43	0,51	53	48	58%	Oui
A'	0,75	0,66	57	44	54%	Oui
B	0,58	0,52	72	51	49%	Oui
B'	0,49	0,65	47	49	64%	Oui
C	0,55	0,50	80	52	42%	Oui
C'	0,85	0,68	55	39	49%	Oui
D	0,32	0,49	57	50	67%	Oui
Da	0,93	0,80	52	36	42%	Oui
Db	0,83	0,72	47	36	42%	Oui
E	0,47	0,52	67	58	37%	Oui
F	0,74	0,71	43	39	45%	Oui
G	0,75	0,68	48	41	49%	Oui
H	0,76	0,72	48	39	47%	Oui
H0	1,9	1,17	90	49	19%	Oui

\*Résultats pour la méthode de calcul réglementaire Th-C-E Ex (RT rénovation).

**Le scénario atteint les objectifs fixés sur le calcul réglementaire.** En effet bien que le premier objectif d'un gain de 50% d'énergie primaire ne soit pas atteint pour tous les bâtiments du site, le second visant une consommation maximale de 110kWhEP/m² est atteint pour tous les bâtiments.

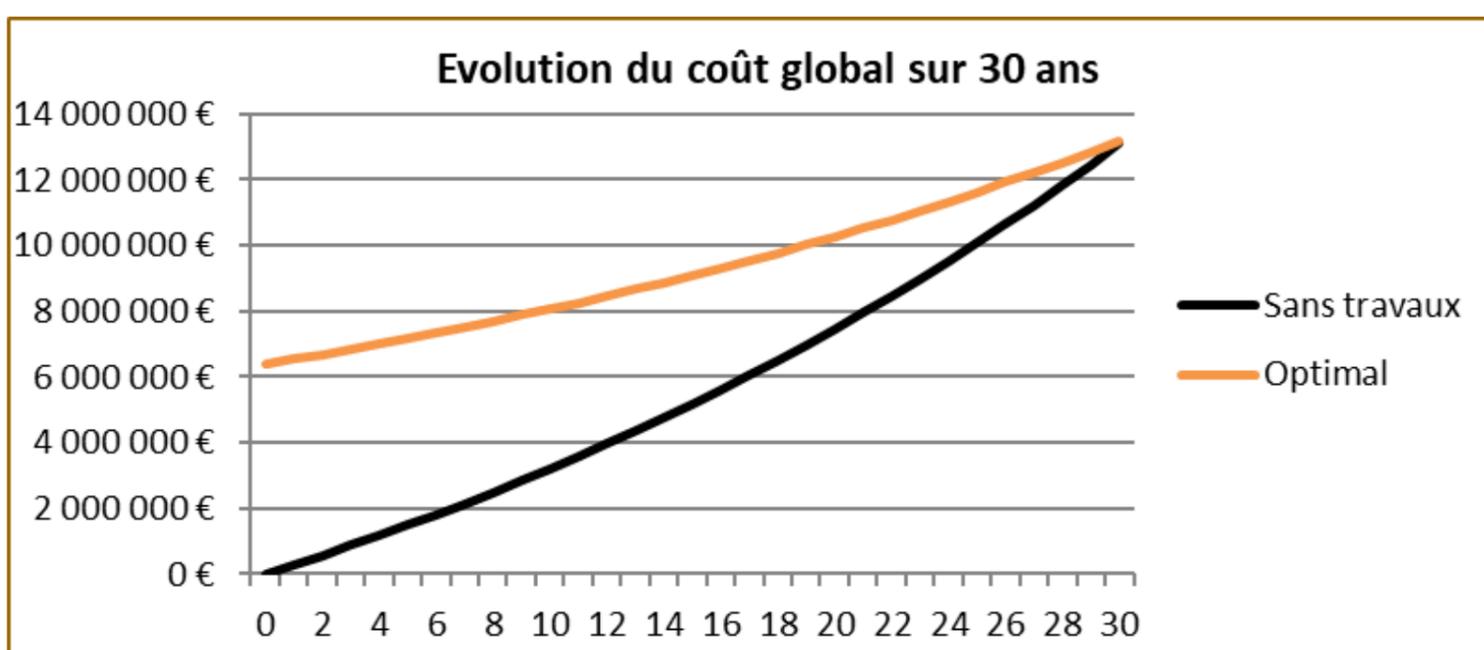
**Les travaux contenus dans ce bouquet de préconisations sont donc éligibles aux subventions FEDER.**

### VI.1.3 Scénario optimal pour l'ensemble du site

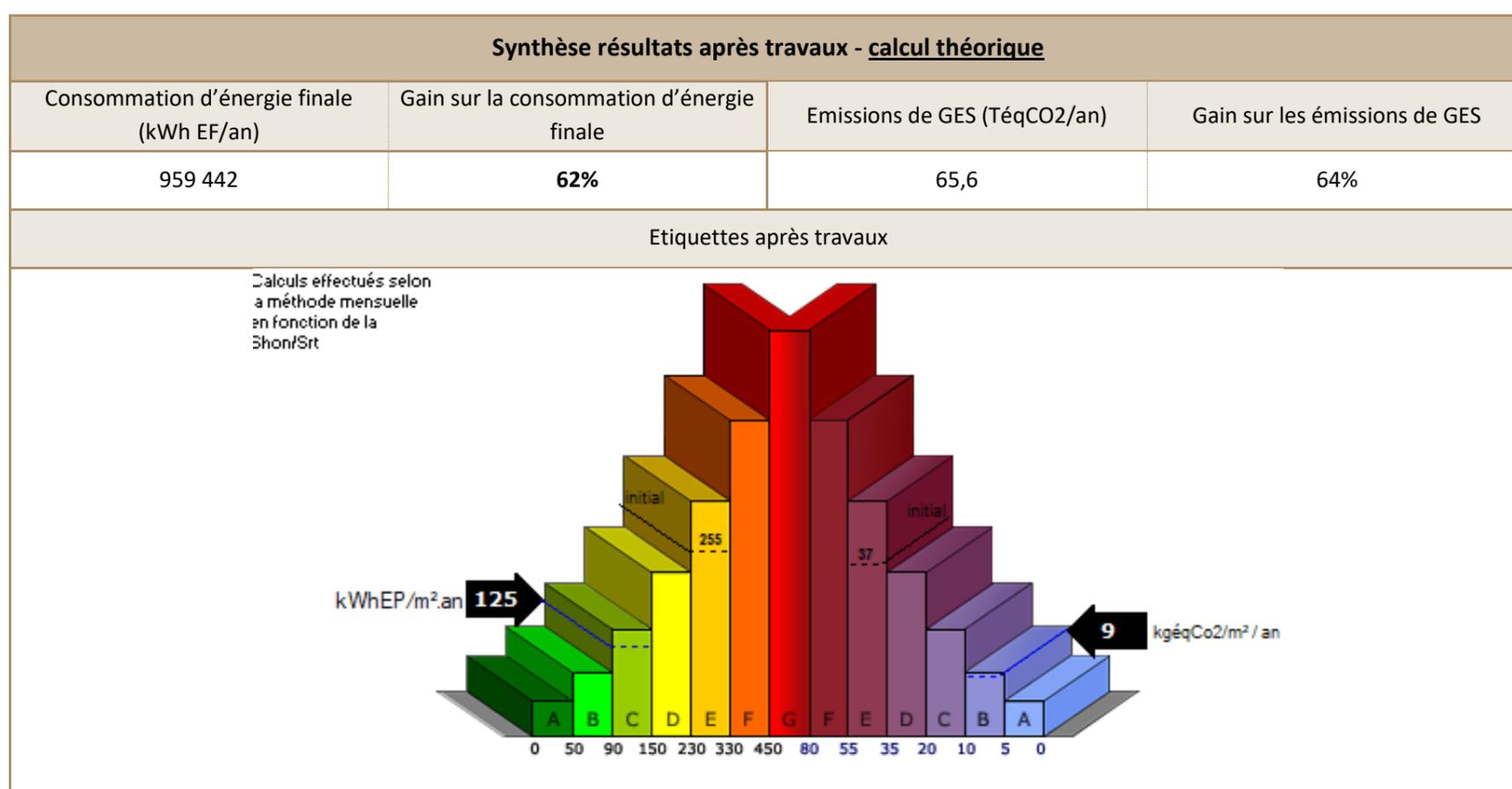
Ce scénario rassemble la majeure partie des préconisations proposées, en ajoutant le remplacement des menuiseries double vitrage léger par rapport au scénario précédent :

N°	Libellé	Investissement (€TTC)	Economies					Temps de retour TRB/TRA (années)	Potentiel CEE* (MWh cumac)	Valorisation des CEE* (€)
			Energie finale (kWhéf/an)	Energie primaire (kWhép/an)	GES – Scope 1 (TéqCO2/an)	GES – Scope 2 (TéqCO2/an)	Financières (€TTC/an)			
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	0								
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	5 000								
3	Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H	565 000								
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	320 000								
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	1 590 000								
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B', D, F et HO	455 000								
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments	2 260 000	1 558 859	2 212 474	0,0	116,9	128 173	>30 / >30	46 147	369 180
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C, C', Db, F, G et H	700 000								
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	295 000								
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D et F	45 000								
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D et Da	7 000								
16	Mise en place d'une gestion technique centralisée	155 000								
<b>Investissement total (€TTC)</b>		<b>6 397 000</b>								
<b>Ratio coût des travaux (€TTC/m²SHON)</b>		<b>384</b>								

Le temps de retour actualisé pour le scénario est légèrement supérieur à 30 ans, comme le montre le graphique ci-dessous :



Les résultats des deux modes de calcul, théorique et réglementaire, sont présentés dans le tableau suivant (résultats issus du logiciel Perrenoud, BAO SED) :



**Synthèse résultats après travaux - calcul réglementaire**

Bâtiment	Ubât projet	Ubât réf	Cep projet (kWh EP/m <sup>2</sup> SHON)*	Cep réf (kWh EP/m <sup>2</sup> SHON)*	Gain sur le Cep initial (%)*	Objectif atteint
A	0,37	0,51	50	48	60%	Oui
A'	0,48	0,66	48	44	61%	Oui
B	0,57	0,52	71	51	49%	Oui
B'	0,49	0,65	47	49	64%	Oui
C	0,42	0,50	72	52	48%	Oui
C'	0,60	0,68	47	39	56%	Oui
D	0,32	0,49	57	50	67%	Oui
Da	0,61	0,80	44	36	51%	Oui
Db	0,56	0,72	40	36	51%	Oui
E	0,37	0,52	61	58	43%	Oui
F	0,49	0,71	37	39	53%	Oui
G	0,50	0,68	42	41	55%	Oui
H	0,49	0,72	41	39	55%	Oui
H0	1	1,17	57	49	49%	Oui

\*Résultats pour la méthode de calcul réglementaire Th-C-E Ex (RT rénovation).

**Le scénario atteint les objectifs fixés sur le calcul réglementaire.** En effet bien que le premier objectif d'un gain de 50% d'énergie primaire ne soit pas atteint pour tous les bâtiments du site, le second visant une consommation maximale de 110kWhEP/m<sup>2</sup> est atteint pour tous les bâtiments.

**Les travaux contenus dans ce bouquet de préconisations sont donc éligibles aux subventions FEDER.**

## VI.2 SCENARIOS DE TRAVAUX DETAILLES – BATIMENTS A, A', B, B', C, C' ET D

### VI.2.1 Description du scénario pour les bâtiments A, A', B, B', C, C' et D

Un scénario a été étudié dans la partie suivante avec un objectif de résultat conforme aux critères d'obtention des subventions FEDER :

- Scénario optimal - un des deux objectifs à atteindre sur le calcul réglementaire :
  - Gain de 50% d'énergie primaire sur l'ensemble du site
  - ou
  - Consommation limite de 110 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>/an sur l'ensemble du site

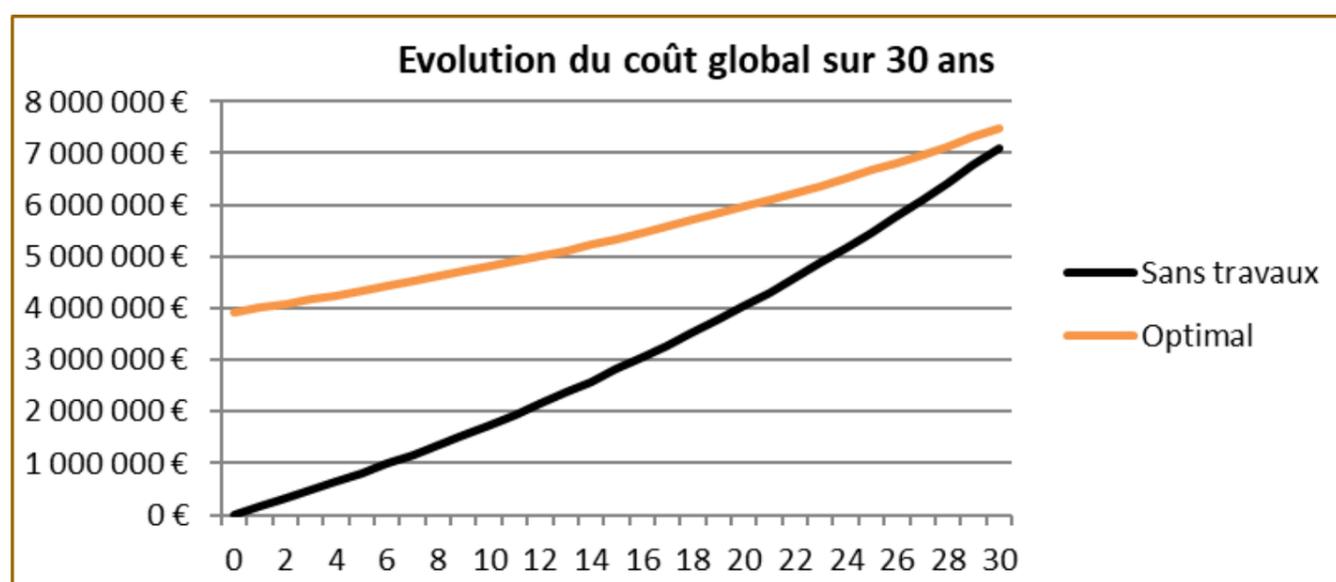
A travers une amélioration optimale de l'isolation de l'enveloppe et l'optimisation de l'exploitation des équipements en place, en intégrant également le renouvellement du matériel.

## VI.2.2 Scénario optimal pour les bâtiments A, A', B, B', C, C' et D

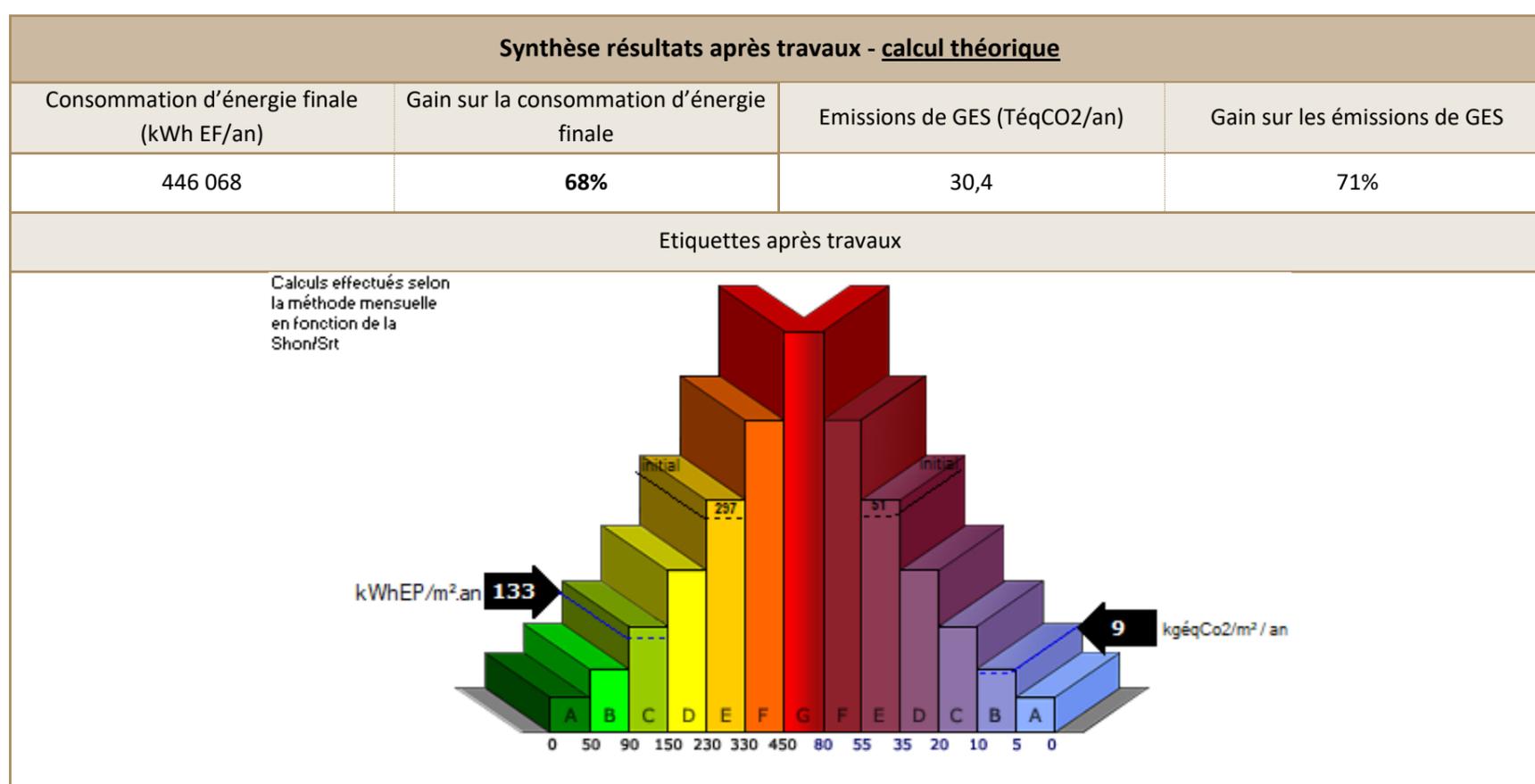
Ce scénario rassemble la majeure partie des préconisations proposées, incluant le remplacement des menuiseries double vitrage léger.

N°	Libellé	Investissement (€TTC)	Economies					Temps de retour TRB/TRA (années)	Potentiel CEE* (MWh cumac)	Valorisation des CEE* (€)
			Energie finale (kWh/ef/an)	Energie primaire (kWh/ep/an)	GES – Scope 1 (TéqCO2/an)	GES – Scope 2 (TéqCO2/an)	Financières (€TTC/an)			
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	0								
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	2 000								
3	Reprise de l'étanchéité et de l'isolation en toiture de tous les bâtiments	865 000								
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	320 000								
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	710 000								
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B' et D	440 000								
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments	605 000								
8	Mise en place de protections solaires extérieures	450 000	956 093	1 245 366	0,0	72,8	72 573	>30 / >30	26 163	209 300
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A	60 000								
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C et C'	230 000								
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	130 000								
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des deux sous-stations A et D	30 000								
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D	5 000								
16	Mise en place d'une gestion technique centralisée	76 000								
<b>Investissement total (€TTC)</b>		<b>3 923 000</b>								
<b>Ratio coût des travaux (€TTC/m²SHON)</b>		<b>235</b>								

Le temps de retour actualisé pour le scénario est légèrement supérieur à 30 ans, comme le montre le graphique ci-dessous :



Les résultats des deux modes de calcul, théorique et réglementaire, sont présentés dans le tableau suivant (résultats issus du logiciel Perrenoud, BAO SED) :



Synthèse résultats après travaux - <u>calcul réglementaire</u>						
Bâtiment	Ubât projet	Ubât réf	Cep projet (kWh EP/m <sup>2</sup> SHON)*	Cep réf (kWh EP/m <sup>2</sup> SHON)*	Gain sur le Cep initial (%)*	Objectif atteint
A	0,36	0,53	50	48	60%	Oui
A'	0,48	0,68	48	45	61%	Oui
B	0,50	0,55	66	53	53%	Oui
B'	0,43	0,67	45	43	66%	Oui
C	0,35	0,52	66	53	53%	Oui
C'	0,56	0,69	46	40	57%	Oui
D	0,32	0,50	58	50	67%	Oui

\*Résultats pour la méthode de calcul réglementaire Th-C-E Ex (RT rénovation).

**Le scénario atteint les objectifs fixés sur le calcul réglementaire.** En effet bien que le premier objectif d'un gain de 50% d'énergie primaire ne soit pas atteint pour tous les bâtiments du site, le second visant une consommation maximale de 110kWhEP/m<sup>2</sup> est atteint pour tous les bâtiments.

**Les travaux contenus dans ce bouquet de préconisations sont donc éligibles aux subventions FEDER.**

## VI.3 SYNTHÈSE DES SCÉNARIOS ET AIDES MOBILISABLES – ENSEMBLE DU SITE

### VI.3.1 Synthèse des résultats pour l'ensemble du site

Le tableau ci-dessous rappelle la composition des différents scénarios de travaux, et les principales données associées :

PRECONISATIONS		SCENARIOS	
N°	Libellé	-50%	Optimal
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	X	X
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	X	X
3	Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H	X	X
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	X	X
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	X	X
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B', D, F et H0	X	X
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments		X
8	Mise en place de protections solaires extérieures		
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A		
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C, C', Db, F, G et H	X	X
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	X	X
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D et F	X	X
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D et Da	X	X
14	Remplacement des monosplits du bâtiment Db par un groupe froid		
15	Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit		
16	Mise en place d'une gestion technique centralisée	X	X
<b>Investissement (€TTC) - hors surcoût MOE de 7 à 10%</b>		4 137 000	6 397 000
<b>Valorisation CEE (€)</b>		306 620	369 180
<b>Economies financières (€TTC/an)</b>		117 052	128 173
<b>Economies énergie finale (kWh<sub>ef</sub>/an)</b>		1 377 783	1 558 859
<b>Economies énergie finale (%)</b>		55%	62%
<b>Etiquette énergie primaire après travaux</b>		<b>C</b>	<b>C</b>
<b>Etiquette GES après travaux</b>		<b>A</b>	<b>A</b>

En plus des économies d'énergie finale supérieures à 50% sur l'ensemble du site pour les deux scénarios, la limitation des consommations d'énergie primaire à 110 kWh<sub>ep</sub>/m<sup>2</sup>shon/an est atteinte pour tous les bâtiments A à H de la faculté des sciences et à fortiori pour l'ensemble du site. Ceci s'explique notamment par l'optimisation de l'enveloppe et l'amélioration des performances de la ventilation, de la régulation et de l'éclairage.

**Les travaux contenus dans ces scénarios de préconisations sont donc éligibles aux subventions FEDER.**

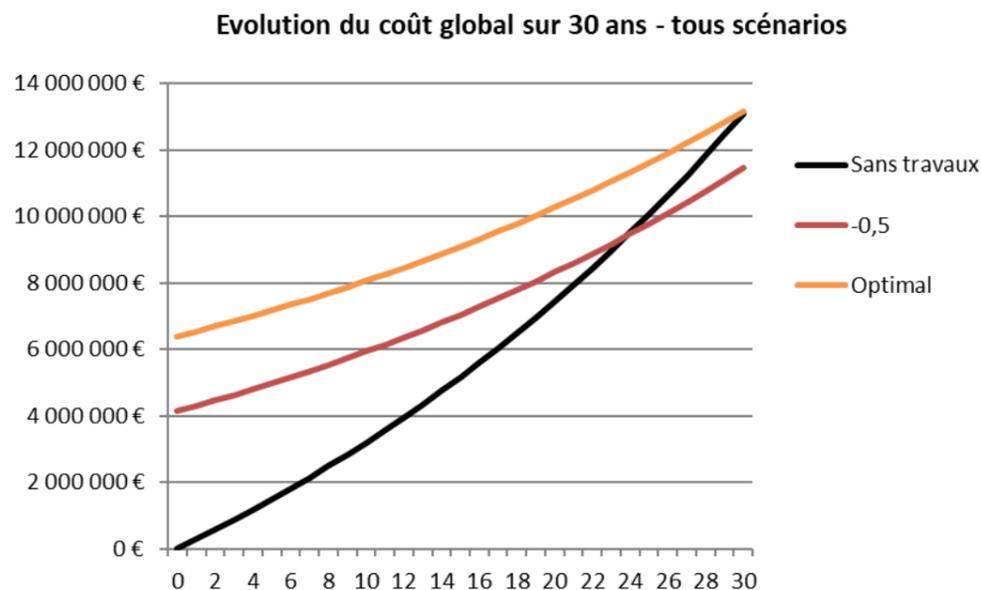
On remarque également que l'étiquette énergétique est en C, cela s'explique principalement par les consommations électriques restantes de la bureautique, du process et de la climatisation.

Au vu des économies réalisées et sous réserve de confirmation via le calcul de l'année de référence, les gains énergétiques réalisés par ces bouquets de travaux devraient être conformes aux objectifs de 2030 et 2040 du décret tertiaire. Le décret BACS devrait également être respecté via l'installation de la GTC.

### VI.3.1 Analyse financière pour l'ensemble du site

Est présentée ici une projection des dépenses liées au site sur les 30 prochaines années, avec actualisation des coûts. Ceci afin d'avoir une vision plus globale des enjeux financiers.

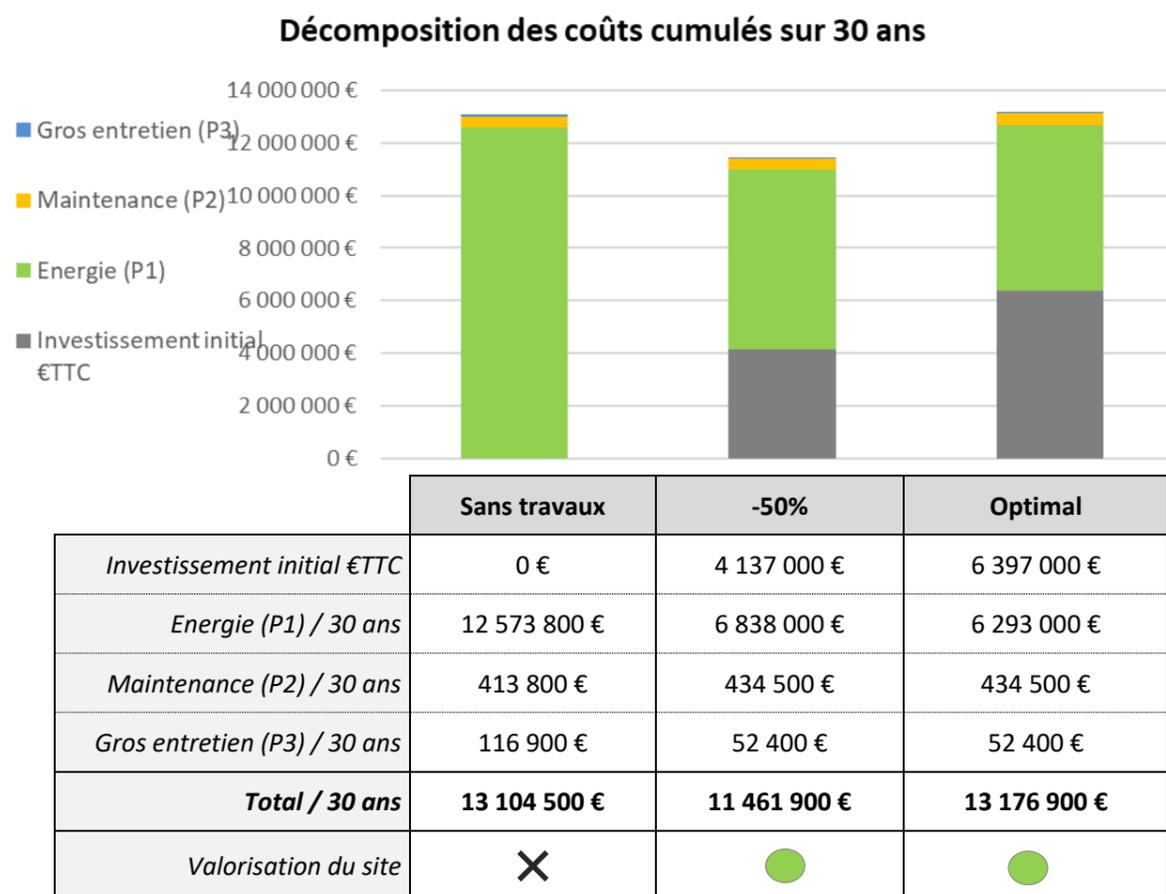
On peut dans un premier temps comparer l'évolution des coûts globaux pour chaque scénario, et les comparer au scénario de référence « sans travaux » :



On constate ainsi que le scénario « -50% » est le plus rentable avec un temps de retour de 24 ans, notamment grâce à la modification de la régulation et au remplacement de l'éclairage et des circulateurs à vitesse fixe ce qui permet de réaliser des économies importantes pour un relativement faible investissement. Le scénario « optimal » est moins rentable que le scénario « -50% » car il intègre le remplacement des menuiseries double vitrage léger ce qui permettrait de réaliser d'importantes économies mais avec un investissement relativement élevé.

Finalement les temps de retour obtenus sont proches de ceux généralement constatés pour ce type d'opération. Au-delà de la rentabilité brute, l'amélioration du confort des personnes, la réduction des charges énergétiques et la revalorisation du site présentent un fort intérêt pour le maître d'ouvrage.

Les différentes composantes du coût global sont présentées dans le graphique ci-dessous :



Ce graphique met en avant la compensation des coûts liés aux travaux par les gains réalisés sur les dépenses énergétiques, qui sont nettement réduites. Des coûts supplémentaires sont prévus concernant la maintenance des installations qui sera plus légèrement plus conséquente avec les travaux sur la ventilation et la régulation.

Enfin on rappelle qu'au-delà de l'aspect financier, les travaux préconisés permettront également d'améliorer le confort des occupants et de revaloriser le site.

## VI.4 SYNTHÈSE DES SCENARIOS ET AIDES MOBILISABLES – BATIMENTS A, A', B, B', C, C' ET D

### VI.4.1 Synthèse des résultats pour les bâtiments A, A', B, B', C, C' et D

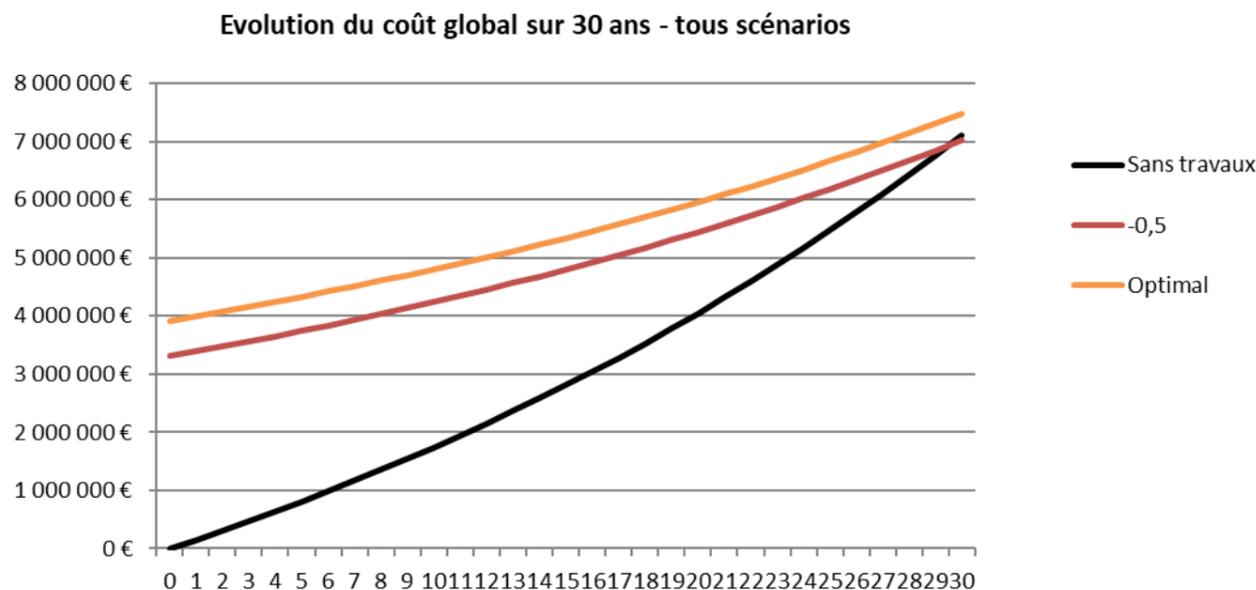
Le tableau ci-dessous rappelle la composition des différents scénarios de travaux, et les principales données associées :

PRECONISATIONS		SCENARIOS	
N°	Libellé	-50%	Optimal
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	X	X
2	Gestion des équipements de puisage d'eau de tous les bâtiments	X	X
3	Reprise de l'étanchéité et de l'isolation en toiture de tous les bâtiments	X	X
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	X	X
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	X	X
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, A', B, B' et D	X	X
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger de tous les bâtiments		X
8	Mise en place de protections solaires extérieures	X	X
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A	X	X
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C et C'	X	X
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	X	X
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des deux sous-stations A et D	X	X
13	Généralisation des robinets thermostatiques dans les bâtiments A, A', D	X	X
14	Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit		
15	Mise en place d'une gestion technique centralisée	X	X
<b>Investissement (€TTC) - hors surcoût MOE de 7 à 10%</b>		3 318 000	3 923 000
<b>Valorisation CEE (€)</b>		192 610	209 300
<b>Economies financières (€TTC/an)</b>		69 363	72 573
<b>Economies énergie finale (kWhcf/an)</b>		904 657	956 093
<b>Economies énergie finale (%)</b>		65%	68%
<b>Etiquette énergie primaire après travaux</b>		<b>B</b>	<b>B</b>
<b>Etiquette GES après travaux</b>		<b>A</b>	<b>A</b>

## VI.4.2 Analyse financière pour les bâtiments A, A', B, B', C, C' et D

Est présentée ici une projection des dépenses liées au site sur les 30 prochaines années, avec actualisation des coûts. Ceci afin d'avoir une vision plus globale des enjeux financiers.

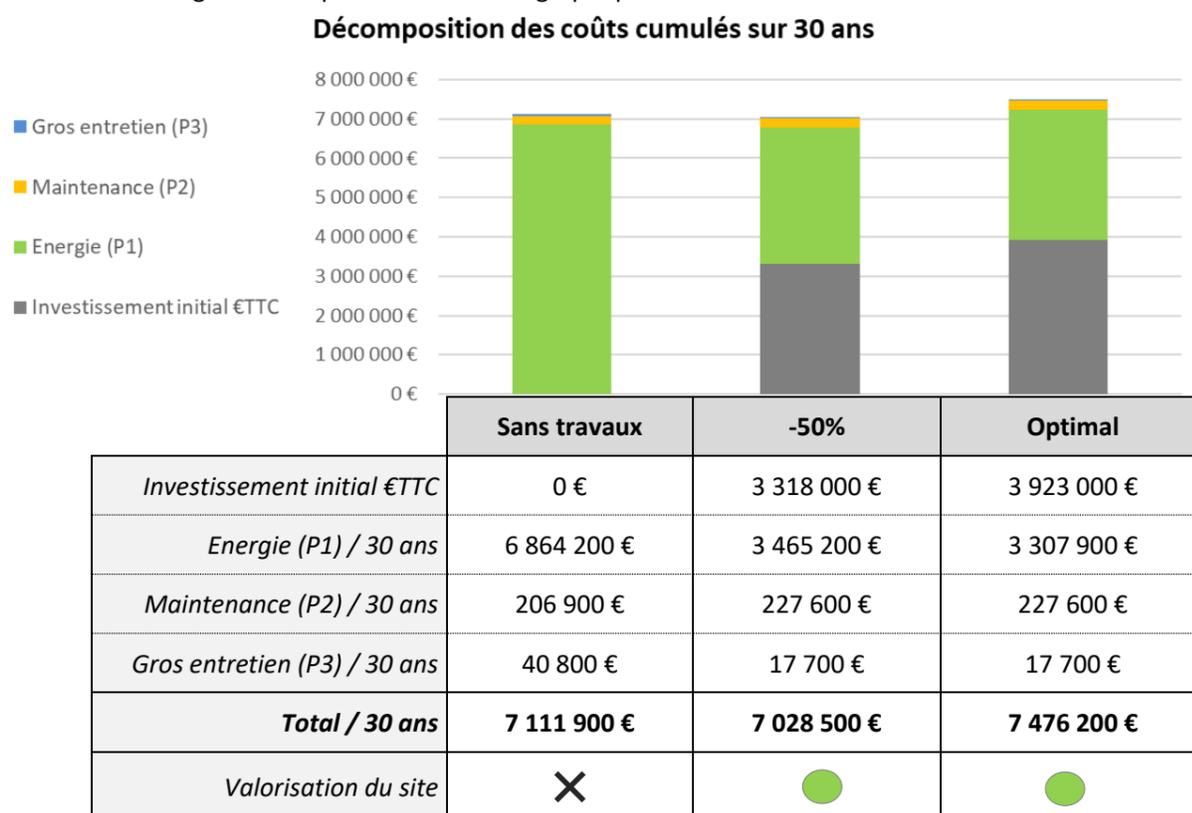
On peut dans un premier temps comparer l'évolution des coûts globaux pour chaque scénario, et les comparer au scénario de référence « sans travaux » :



On constate ainsi que le scénario « -50% » est le plus rentable avec un temps de retour de 27 ans, notamment grâce à la modification de la régulation et au remplacement de l'éclairage et des circulateurs à vitesse fixe ce qui permet de réaliser des économies importantes pour un relativement faible investissement. Le scénario « optimal » est moins rentable que le scénario « -50% » car il intègre le remplacement des menuiseries double vitrage léger ce qui permettrait de réaliser d'importantes économies mais avec un investissement relativement élevé.

Finalement les temps de retour obtenus sont proches de ceux généralement constatés pour ce type d'opération. Au-delà de la rentabilité brute, l'amélioration du confort des personnes, la réduction des charges énergétiques et la revalorisation du site présentent un fort intérêt pour le maître d'ouvrage.

Les différentes composantes du coût global sont présentées dans le graphique ci-dessous :



Ce graphique met en avant la compensation des coûts liés aux travaux par les gains réalisés sur les dépenses énergétiques, qui sont nettement réduites. Des coûts supplémentaires sont prévus concernant la maintenance des installations qui sera plus légèrement plus conséquente avec les travaux sur la ventilation et la régulation.

Enfin on rappelle qu'au-delà de l'aspect financier, les travaux préconisés permettront également d'améliorer le confort des occupants et de revaloriser le

## VII.PERSPECTIVE TRAVAUX

N°	Préconisations	Remarques
1	Tableau de bord énergétique et sensibilisation des usagers	- Etat des lieux précis de l'existant à réaliser.
2	Gestion des équipements de puisage d'eau	-
3	Renforcement de l'isolation en toiture des bâtiments A', D, Da, Db, E, F, G et H	- Etat des lieux précis de l'existant à réaliser.
4	Isolation des plancher-bas sur vide-sanitaire et locaux non chauffés des bâtiments A, A', B', C et D	
5	Mise en place d'une isolation par l'extérieur pour tous les bâtiments	- Etude hygrothermique des murs à prévoir.
6	Remplacement des menuiseries simple vitrage des bâtiments A, B, B', C et D	- Vérifier les contraintes liées au l'urbanisme quant au choix du matériau utilisé.
7	Remplacement des menuiseries double vitrage léger des bâtiments A, C', Da, Db, E, F, G et H	
8	Mise en place de protections solaires extérieures	-
9	Création d'un SAS d'accueil pour le bâtiment A	-
10	Remplacement de la ventilation par des VMC double flux sur sondes CO2 dans les bâtiments B, B', C', Db, F, G et H	- Une étude de dimensionnement devra être réalisée avant la mise en place des systèmes de ventilation.
11	Rénovation de l'éclairage de tous les bâtiments	
12	Remplacement des circulateurs à vitesse fixe des trois sous-stations A, D et F	-
13	Généralisation des robinets thermostatiques	-
14	Remplacement des monosplits du bâtiment Db par un groupe froid	- Une étude de dimensionnement devra être réalisée avant la mise en place du nouveau système. En effet si des travaux d'isolation du bâti sont réalisés avant le remplacement des émetteurs, le nouveau générateur de chaleur devra alors être dimensionné au plus près des nouveaux besoins.
15	Remplacement des monosplits au R22 du R+2 du bâtiment C par un multisplit	
16	Mise en place d'une gestion technique centralisée	-

## VIII. CONCLUSION

Les bâtiments A à H de la faculté des sciences d'Angers nécessitent d'importants travaux d'isolation thermique pour améliorer le confort et limiter les consommations d'énergie. L'isolation des murs extérieurs, des toitures et des planchers bas ainsi que le remplacement des menuiseries anciennes simple vitrage font partie des priorités.

Le remplacement des systèmes de ventilation anciens peu performants par des VMC double flux avec récupération de chaleur, le passage de l'éclairage ancien à un éclairage LED et l'installation d'une régulation centralisée type GTC amélioreront grandement la performance des équipements et réduiront d'autant les consommations d'énergie associées.

Ces travaux permettent dans les deux scénarios proposés d'atteindre des objectifs de performance conformes aux critères d'éligibilité du fonds européen FEDER et devraient à ce titre bénéficier des subventions correspondantes. Une partie des travaux est également éligible à l'obtention des certificats d'économies d'énergie.

Enfin nous rappelons que les travaux proposés dans le présent rapport sont uniquement ceux liés à l'aspect énergétique - le montant total des travaux d'une opération de rénovation sera nécessairement supérieur à celui indiqué dans les différents scénarios, car viendront s'ajouter aux coûts liés à l'énergie ceux des travaux de rafraîchissement, de mise aux normes, de reprise de la structure...

Attention à bien prendre compte les exigences des fiches standards du pôle CEE dans les commandes de devis. Pour rappel le lien vers les différentes fiches est le suivant :

<https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-denergie#e5>

# ANNEXES

# ANNEXE 1

## MEMO ENERGETIQUE / ENVIRONNEMENTAL

### NOTE SUR LE KG EQUIVALENT CO2

Le kilogramme équivalent CO<sub>2</sub> est **la mesure utilisée pour comparer l'impact de chaque source d'énergie sur l'atmosphère**. En effet, selon son origine (fioul gaz, solaire, bois ou électricité), un kWh n'aura pas la même incidence sur l'environnement.

Il est ensuite possible de convertir par exemple les kilogrammes de CO<sub>2</sub> en km parcourus par une voiture moyenne afin de donner une image concrète au bilan carbone ainsi réalisé, ou encore en « nombre d'habitant de Poitou-Charentes ». Pour cela, on utilise les relations suivantes :

- une voiture rejette en moyenne 200 g de CO<sub>2</sub> pour 1 km
- un habitant de Poitou-Charentes rejette en moyenne 7 000 kg éq CO<sub>2</sub> par an.

Le tableau suivant donne certaines équivalences entre les différentes énergies thermiques et les kg éq CO<sub>2</sub>; il présente les différentes énergies par valeur décroissante de leur indice environnemental :

Énergies thermiques	1 MWh en kgéq. CO <sub>2</sub>
Gasoil	324
Fioul domestique	324
Gaz propane	273
Chauffage urbain des Couronneries (Poitiers)	73
Gaz de ville (MWh PCI)	227
Bois granulés	30
Bois bûche	30
Bois plaquettes	24

Parce qu'elle est utilisée pour plusieurs usages différents, l'énergie électrique fait l'objet de 2 indicateurs environnementaux distincts, tels que présentés dans le tableau suivant :

Énergies électriques	1 MWh en kgéq. CO <sub>2</sub>
Chauffage	79
Autres	64

**Note : Les valeurs affichées dans les tableaux ci-dessus, viennent de l'annexes 3 du cahier des charges ADEME du 18/12/2020 « Audit énergétique dans les bâtiments ».**

# ANNEXE 2

## GLOSSAIRE TECHNIQUE

Termes techniques	Définition
<b>PCI</b> (Pouvoir Calorifique Inférieur)	Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée non condensée et la chaleur non récupérée.
<b>PCS</b> (Pouvoir Calorifique Supérieur)	Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète d'une unité de combustible, la vapeur d'eau étant supposée condensée et la chaleur récupérée (exemple : <b>rapport PCS/PCI = 1,11</b> pour le gaz naturel).
<b>Cep</b>	Le coefficient Cep est calculé en appliquant la méthode de calcul Th-C-E Ex (RT existant) en utilisant comme données d'entrée les caractéristiques de référence du bâtiment et de ses équipements.
<b>Énergie primaire (Ep)</b>	Énergie brute non transformée après extraction. L'énergie primaire permet de comparer les énergies entre elles avec équité. Le facteur de conversion selon les énergies est le suivant : 1 kWh de combustible → 1 kWhEp 1 kWh d'électricité → 2,58 kWhEp
<b>kWh Cumac</b>	Toute personne physique ou morale (association, collectivité, entreprise...) qui réalisera des économies d'énergie se verra délivrer un certain nombre de certificats en fonction des kWh économisés et pourra les revendre. Les CEE sont comptabilisés en kWh CUMAC d'énergie finale économisée. L'abréviation CUMAC provient de la contraction de « cumulé » et « actualisé » car le kWh est ramené à la durée de vie du produit et actualisé au marché.
<b>Ubât</b>	Les déperditions thermiques d'un bâtiment par transmission à travers les parois et les baies sont caractérisées par le coefficient moyen de déperdition par les parois et les baies du bâtiment, appelé Ubât, exprimé en W/(m <sup>2</sup> K), et déterminé dans la méthode de calcul Th-C-E. (Article 15 de l'arrêté du 24 Mai 2006).
<b>D.J.U.</b> (Degrés Jours Unifiés)	Écart de température journalier entre la température observée et la température de référence 18°C. Par convention, le degré jour unifié est égal à zéro si la température observée est supérieure ou égale à la température de référence. Les degrés jour unifiés sont un indice de rigueur climatique.
<b>kWh évité</b>	Correspond au coût unitaire auquel doivent revenir les économies d'énergie pour que l'opération soit économiquement rentable. Il est obtenu en divisant l'investissement initial par les économies annuelles à un coût actualisé sur la durée de vie de l'équipement. Le taux d'actualisation du prix de l'énergie pris en compte pour le reste des calculs est de 5% par an.
<b>VMC</b>	Abréviation pour Ventilation Mécanique Contrôlée.
<b>ECS</b>	Abréviation pour Eau Chaude Sanitaire.
<b>BBC</b>	Abréviation pour Bâtiment Basse Consommation
<b>CTA</b>	Abréviation pour Centrale de Traitement d'Air
<b>GES</b>	Abréviation pour Gaz à Effet de Serre
<b>GTC</b>	Abréviation pour Gestion Technique Centralisée
<b>SHON</b>	Abréviation pour Surface Hors Œuvre Nette.
<b>R</b>	C'est la résistance thermique d'un matériau. Elle mesure la résistance qu'une épaisseur de matériau oppose au passage de la chaleur. Elle constitue en fait son pouvoir isolant qui est d'autant plus fort que le R est élevé. Elle dépend du coefficient de conductivité thermique lambda du matériau et de son épaisseur.
<b>Uw</b>	Le coefficient U, exprimé en W/(m <sup>2</sup> K), définit la performance des parois vitrées (menuiserie + vitrage). Plus le chiffre U est faible, meilleure sera l'isolation de la paroi vitrée. Le « w » signifie « window » (« fenêtre » en anglais).

# ANNEXE 3

## SENSIBILISATION DES USAGERS

### RAPPEL

« Avant de consommer autrement, il faut consommer moins » : des campagnes de sensibilisation aux usagers pourraient être menées par le biais d'opérations et de rencontres des acteurs avec des professionnels. Cette opération pourrait permettre aux intéressés de se renseigner sur le réel impact de leur comportement sur les consommations d'énergie et d'approfondir les gestes que nous allons développer à présent.

### Chauffage



- ✓ Conserver une température confortable de 19°C dans les pièces à vivre et inviter les plus frileux à se couvrir chaudement. En effet passer de 20°C à 19°C, c'est peut-être un pull en plus, mais c'est surtout 7% de consommations en moins.
- ✓ Ne pas détériorer les robinets thermostatiques, organes de régulation terminale.
- ✓ Ne pas ouvrir les robinets thermostatiques au maximum (position 5) car ils ne seront pas plus efficaces que sur la position 3.
- ✓ Baisser au minimum les robinets des radiateurs lors de l'ouverture des fenêtres.
- ✓ Baisser les chauffages électriques (s'il n'y a pas d'horloge pour réguler leur fonctionnement) le soir quand on quitte les locaux et les week-ends.

### Éclairage



- ✓ Eteindre la lumière lorsque l'on quitte une pièce.
- ✓ Privilégier la lumière du jour, n'allumer l'éclairage artificiel que lorsque cela est vraiment nécessaire.

### Ventilation



- ✓ Arrêter la VMC (à l'exception de celle des sanitaires) lors de la fermeture des bâtiments, cela engendre des économies sur le fonctionnement du moteur et sur le chauffage.
- ✓ Faire nettoyer le réseau aéraulique.

### Eau



- ✓ Bien fermer les robinets pour éviter les débits d'eau inutiles.
- ✓ Réaliser une recherche de fuites lorsqu'un compteur indique une consommation trop importante.

### Déplacement



- ✓ Privilégier le déplacement en covoiturage au quotidien plutôt que le déplacement individuel.
- ✓ Privilégier les transports en commun pour le déplacement urbain.

# ANNEXE 4

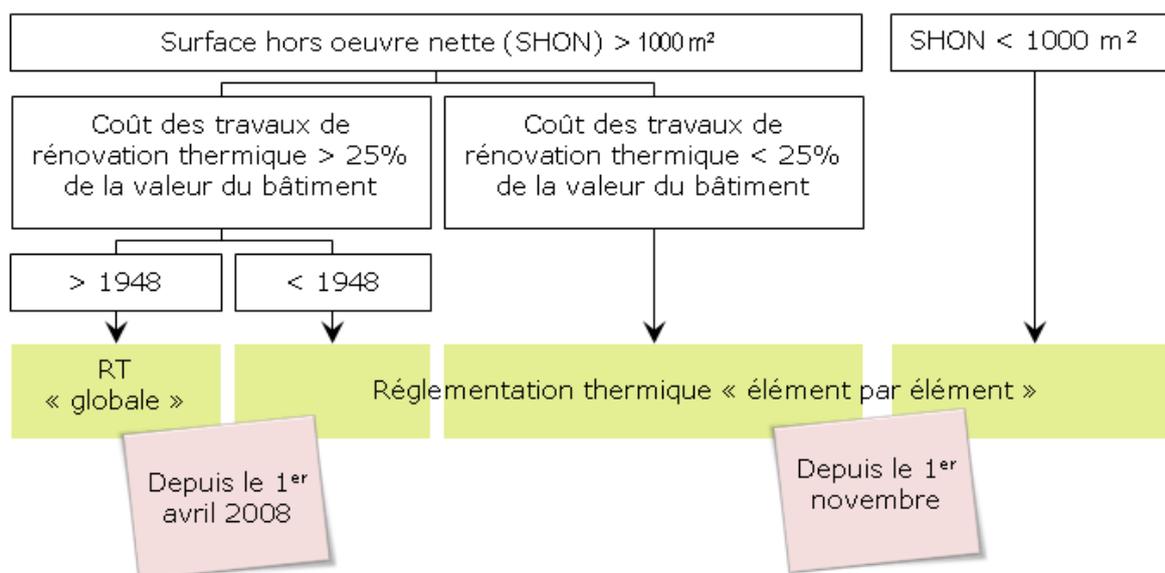
## REGLEMENTATION THERMIQUE DANS L'EXISTANT

Au même titre que les bâtiments neufs, les bâtiments existants sont soumis à une réglementation thermique. Celle-ci fixe, suivant les caractéristiques du bâtiment (surface hors œuvre nette, année de construction), des valeurs à respecter concernant les résistances thermiques ou rendements de chaudières si des travaux de rénovation sont prévus. Le bâtiment doit, soit respecter la RT élément par élément décrite dans l'arrêté du 17 mai 2007, soit la RT globale décrite dans l'arrêté du 8 août 2008.

Les textes de références relatifs à l'application de la Réglementation Thermique dans l'existant sont les suivants (tous ces textes sont consultables sur internet sur le site : [www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr)) :

- RT Existant Dispositif général :
  - ❖ Décret n°2007-363 du 19 mars 2007
  
- RT Existant par élément :
  - ❖ Arrêté du 03 mai 2007 modifié par l'arrêté de 22 mars 2017
  
- RT Existant globale :
  - ❖ Arrêté du 20 décembre 2007
  - ❖ Arrêté du 13 juin 2008
  - ❖ Arrêté du 08 août 2008
  - ❖ Articles R. 131-25 et R. 131-26
  - ❖ Méthode de calcul TH-C-E ex (annexe de l'arrêté du 08 août 2008)

L'organigramme ci-dessous explicite les critères permettant de définir dans quel cas de rénovation se trouveront les différents bâtiments objet de la présente étude :



\*Source : site [www.rt-batiment.fr](http://www.rt-batiment.fr)

Les actions d'améliorations proposées dans un rapport d'audit énergétique respecteront donc les valeurs d'une des deux colonnes (en fonction de la réglementation appliquée) :

Quelques exemples d'exigences	RT Élément par Élément	RT Globale
Murs en contact avec l'extérieur ou le sol	R = 2,9	U = 0,45
Toiture terrasse en béton / acier	R = 3,3	U = 0,34
Combles perdus	R = 4,8	U = 0,28
Plancher bas donnant sur l'extérieur	R = 2,70	U = 0,36
Fenêtre et porte fenêtre	Uw = 1,9	Uw = 2,60
Chaudière basse température ou condensation et régulation	-	Rend. PCI > 92,4

Les isolants préconisés sont les plus utilisés sur le marché. Toutefois, le maître d'ouvrage est libre d'utiliser des isolants naturels tant que la résistance thermique préconisée est respectée. Les principaux isolants ont été listés dans le tableau ci-dessous avec leurs caractéristiques thermiques.

Matériaux isolants	Conductivité thermique moyenne (lambda) W/m.K	Épaisseur en cm	Résistance thermique (R) m <sup>2</sup> K/W
Laine de verre	0,036	20	5,6
Laine de roche	0,037	20	5,4
Polystyrène	0,038	20	5,3
Laine de chanvre	0,042	20	4,8
Fibre de bois	0,038	20	5,3
Laine de coton	0,041	20	4,9
Ouate de cellulose	0,039	20	5,1
Liège	0,042	20	4,8
Laine de mouton	0,041	20	4,9
Laine de lin	0,040	20	5

### Objectifs et contenu de l'outil de simulation financière

Afin d'éclairer la décision sur le scénario immobilier à retenir dans le cadre d'un projet à labelliser, la DIE met à disposition des porteurs de projets un Outil de Simulation Financière sous format tableur (classeur .xls ou .odt).

Cet outil fait l'objet d'améliorations régulières.

Il est disponible sur le Portail Immobilier de l'État, en versions excel et ods.

Cet outil doit permettre :

**d'identifier et caractériser chaque scénario** sur une durée de 25 ans, en intégrant l'ensemble coûts associés : dépenses (charges de fonctionnement ou d'entretien, déménagement par ex.), recettes et économies directes ou indirectes (loyers économisés ou nécessaires par ex.) générées par le projet ;

**une comparaison de scénarios immobiliers par rapport à un scénario de référence**, exprimés en Valeur Actualisée Nette (VAN) sur 25 ans ;

**l'identification des variables majeures de l'opération ;**

**l'expression d'une valorisation finale** théorique du bien à 25 ans.

Le « classeur » est composé :

**d'un onglet "Synthèse globale"**, présentant :

un descriptif de chaque scénario avec une synthèse des avantages et inconvénients de chacun ;

les courbes comparatives des scénarios en coûts complets et en VAN ;

**d'un onglet "Hypothèses des scénarios"**, rassemblant les données et variables utilisées pour chaque scénario.

**de cinq onglets "scénarios" (S0, S1, S2...)** détaillant chaque année sur 25ans, les dépenses et les recettes liées à chaque scénario envisagé.

### Préambule

Afin que les scénarios soit comparables, l'analyse se fait à « nombre de résidents (RsdT) égaux » : c'est le nombre de RsdT qui doit être le même dans tous les scénarios, l'immobilier (densifié, acquis, loué, vendu, mis à bail...) s'adaptant à ce périmètre.

En particulier, si une augmentation du nombre de RsdT est prévue, cela doit être intégré également au "scénario de référence".

Considérant qu'il est difficile de prévoir l'évolution des services au-delà de 5 ans, on considérera que le nombre de RsdT est constant après 5 ans, mais une attention sera portée à la sécabilité des bâtiments et leur adaptabilité aux nouveaux modes de travail, ainsi qu'aux effectifs potentiellement regroupables à moyen ou long terme.

### Prise en main de l'outil de simulation financière

Il convient de procéder au remplissage de l'outil selon les étapes suivantes.

**1 - Nommer chaque scénario** dans les cellules de couleur (B81 à B85) de l'onglet « Synthèse ». Le Scénario 0 est toujours le **scénario de référence (scénario 0)**, présentant la situation actuelle, enrichie le cas échéant des adaptations nécessaires au maintien du bâtiment sur 25 ans.

**2 - Dans l'onglet "Hypothèses des scénarios",**

- **L'utilisateur ne doit remplir que les cellules jaunes pâle.**

- **Remplir les tableaux de données par bâtiment** : surfaces, effectifs, RsdT, valeurs, charges... Seuls les loyers payés à des tiers doivent apparaître.

#### Nota

- Le comparatif des scénarios s'effectue à périmètre "RsdT égal": tous les services et agents concernés par le projet doivent être comptabilisés dans chaque scénario. Ceci est à vérifier à la ligne 13 de cet onglet (les RsdT doivent être égaux entre tous les scénarios).

- L'outil "ventile" automatiquement les données rentrées dans l'onglet "Hypothèses" vers les onglets "scénarios". Pour ce faire, il convient de porter une attention particulière aux dates de début et fin des investissements, revenus/charges à mentionner dans cet onglet.

#### Important:

\* Les dépenses d'investissement sont étalées entre l'année de début et de fin rentrées par l'utilisateur (ex: un investissement de 1M€ entre 2024 et 2025 sera comptabilisé 500k€ en 2024 et 500k€ en 2025)

\* Les revenus et charges sont prévus tous les ans entre l'année de début et de fin rentrées par l'utilisateur (ex : une charge locative de 1M€ entre 2024 et 2025 sera comptabilisée 1M€ en 2024 et 1M€ en 2025)

**3 - Si besoin, identifier les données susceptibles de varier et de peser dans le choix du scénario** (les mettre en couleur vive dans le tableau de l'onglet « Hypothèse des scénarios »).

### **Maniement de l'outil de simulation financière**

**Tous les montants et calculs du tableau sont exprimés en TTC.**

**1 – Ajout de scénarios** : l'outil permet la comparaison de 4 scénarios en plus du scénario de référence. Si davantage de scénarios sont à l'étude, il est préférable de constituer un nouveau document plutôt que de rajouter des onglets.

**2 – Évolution des variables** : le porteur de projet pourra, en tant que de besoin, faire évoluer les variables, observer les valeurs de bascule qui favoriseront un scénario ou un autre et ainsi identifier les sujets majeurs afin d'éclairer ses décisions.

**3 – VAN** : il est possible d'afficher ou de masquer les courbes de VAN, en cochant simplement les cases qui figurent sur la légende du graphique.

Les données de la Situation de Référence (scénario 0) doivent être des données réelles, constatées.

La source des données « extrapolées » à partir d'abaques ou de ratios sera renseignée dans les cases "Commentaires".

### **Définitions principales et ordres de grandeur**

Le montant de la ligne **construction** doit contenir l'ensemble des dépenses opérationnelles relatives au scénario envisagé. Il s'exprime « TDC » (Toutes Dépenses Confondues), c'est-à-dire qu'il intègre tous les coûts opérationnels de maîtrise d'ouvrage : maîtrise d'œuvre, travaux, CT, SPS, conseils et AMOs... hors charge foncière qui fait l'objet d'une ligne spécifique.

Les **charges locatives** représentent toutes les charges refacturées par le bailleur, qui ne sont pas des charges de fonctionnement (très variable selon les baux ; ex : entretien des parties communes, tout ou partie de l'article 605 du Code Civil...). Elles ne concernent que les bâtiments pris à bail.

Pour le scénario de référence, ces charges doivent être issues de la comptabilité analytique liée au bâtiment étudié.

Les **charges de fonctionnement** sont les charges de gestion (services généraux, ascenseurs, accueil, sûreté...), de fluides, et le petit entretien (entretien locataire, nettoyage, vitrerie, espaces verts, multitechnique...). Elles concernent les bâtiments pris à bail et les bâtiments domaniaux. Comme chaque service et chaque site a son fonctionnement propre (accueil intégré ou pas typiquement), on doit toujours comparer avec la situation de référence qui est connue.

En cas d'inconnue, on retiendra les ordres de grandeur suivants :

charges de fonctionnement dans le neuf : 70€TTC/m<sup>2</sup>SUB/an ;

charges de fonctionnement dans l'ancien : 100€TTC/m<sup>2</sup>SUB/an.

Le **GER** désigne le **Gros Entretien Renouvellement**, objet des articles 605 et 606 du Code Civil.

On pourra retenir,

pour un bâtiment en état correct : 30€TTC/m<sup>2</sup>SUB/an ;

pour un bâtiment en fin de vie : 50€TTC/m<sup>2</sup>SUB/an.

Au quotidien, le GER est très irrégulier, mais pour les besoins de la simulation, il convient de lisser cette dépense sous forme de provision annuelle.

Les "**redevance, loyer**" désignent le montant de recettes correspondant à la prise à bai, à bail emphytéotique (ou bail à construction), par un tiers, d'un bien impliqué dans le projet à labelliser. Cette redevance peut être :

- capitalisée, c'est-à-dire versée en une seule fois à la signature du bail

- annualisée, c'est-à-dire versée annuellement pendant la durée du bail.

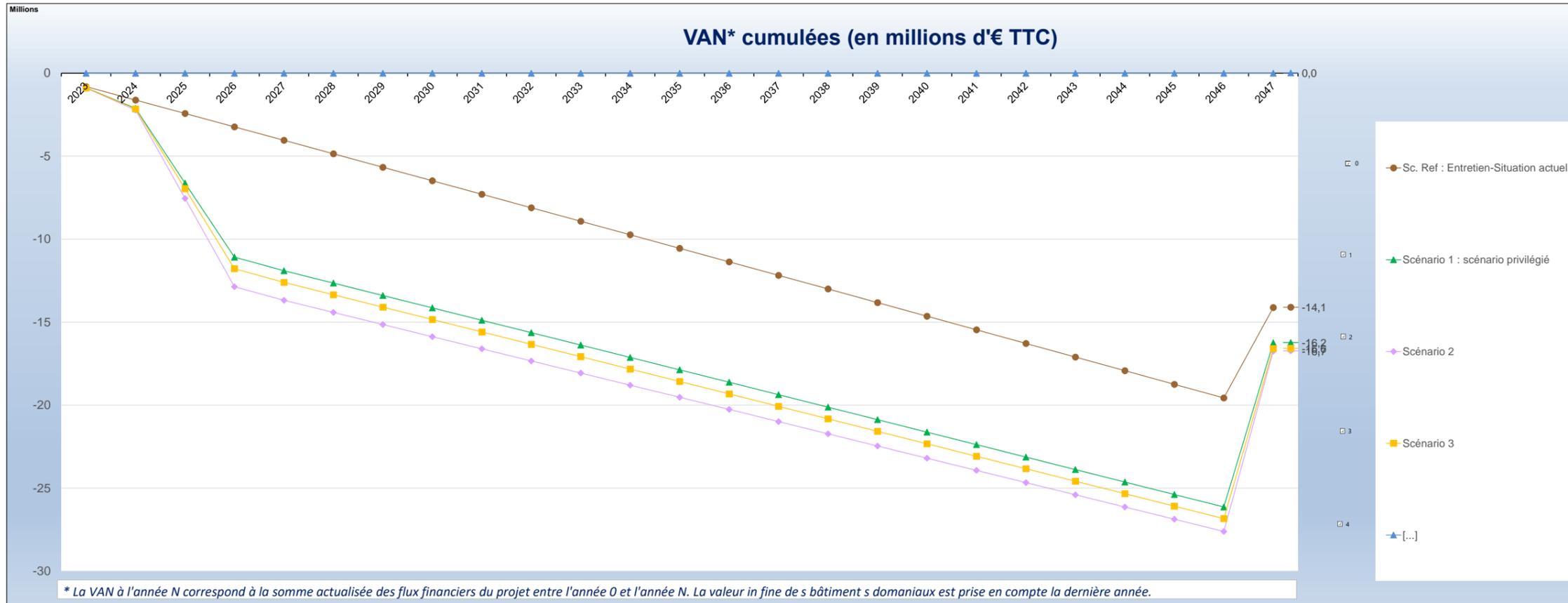
Si un tel montage était envisagé, il convient de préciser la durée du bail prévue, et de décrire sommairement les travaux qui seraient associés et à la charge du tiers preneur (exemple : rénovation lourde du site afin de le transformer en bureaux modernes...).

La **valorisation du bien in fine**, n'est renseignée que pour les bâtiments dont l'État est propriétaire au bout de 25 ans. Par défaut, l'utilisateur pourra prendre un décote de 1% par an sur la valeur du bâti.

De manière générale, les chiffres sont en cash flows, en particulier **les ventes sont Hors Taxes et Hors Droits**, et **les achats sont TTC**, les droits doivent être inclus.

Pour toute question sur l'outil, s'adresser à la DIE, bureau des Expertises (DIE-2B), [bureau.die2b@dgfip.finances.gouv.fr](mailto:bureau.die2b@dgfip.finances.gouv.fr).

APERÇU DES VAN DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS



DESCRIPTIF DES SCÉNARIOS

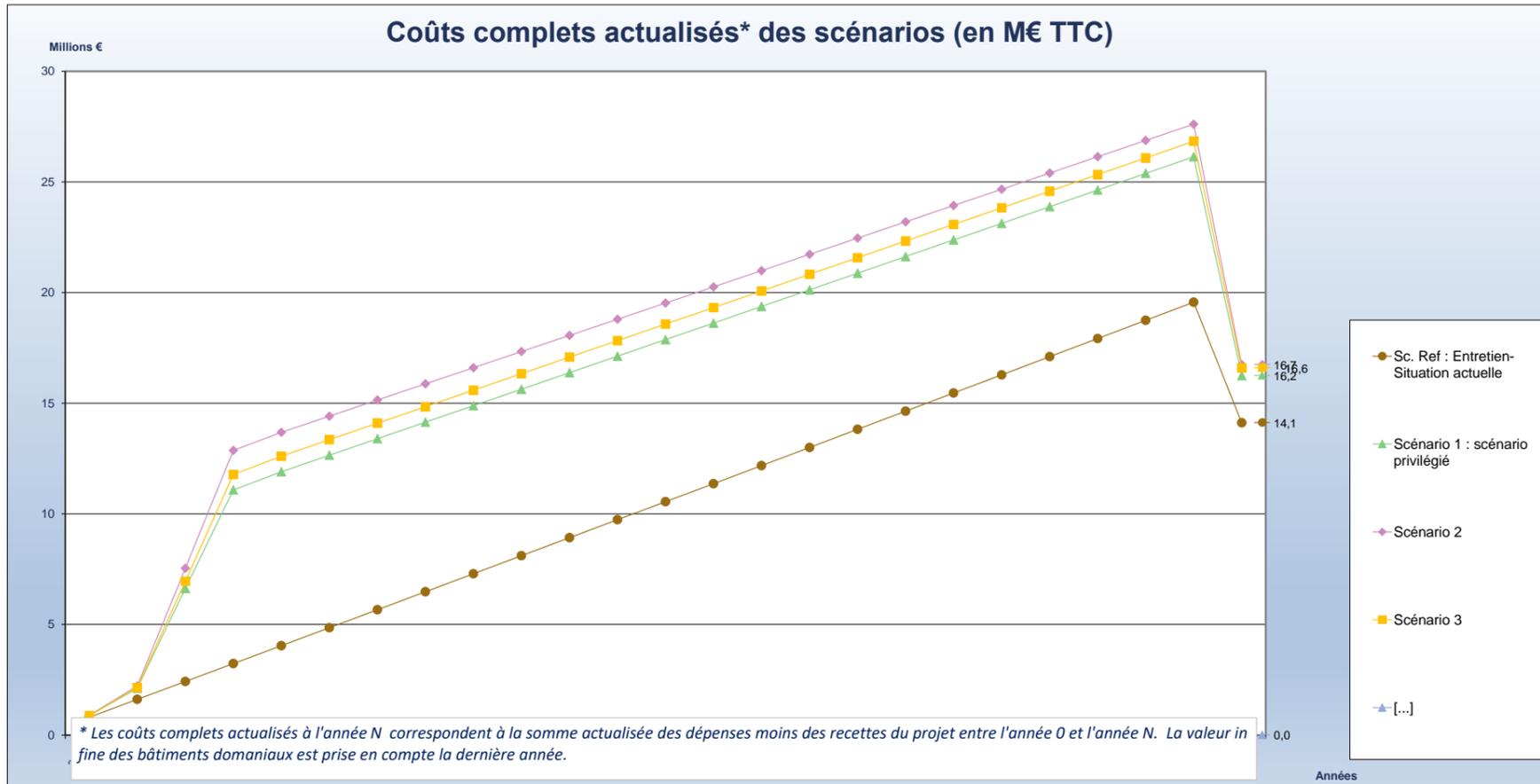
	Descriptif	Avantages	Inconvénients	Commentaires
<b>Sc. Ref : Entretien-Situation actuelle</b>	ACTIONS DE MAINTENANCE COURANTES ET REGLEMENTAIRES EN SITE OCCUPE	-PAS DE MOBILISATION RH SUPPLEMENTAIRE -PAS D'OPERATIONS TIROIR -INVESTISSEMENT FAIBLE	-PAS D'OPTIMISATION DE SURFACES -DEGRADATION DU BATI -AUGMENTATION DES COÛTS D'EXPLOITATION	
<b>Scénario 1 : scénario privilégié</b>	- REHABILITATION ENERGETIQUE DES BATIMENTS A A' B B' D - MISE EN CONFORMITE ACCESSIBILITE BATIMENTS A A' B B' D - REHABILITATION INTERIEURE DU BATIMENT D - ANIMALERIE CENTRALISEE	- ECONOMIES D'ENERGIES - CONFORMITE ACCESSIBILITE - AMELIORATION CONFORT DES USAGERS	- TRAVAUX EN SITE OCCUPE	
<b>Scénario 2</b>	- REHABILITATION ENERGETIQUE DES BATIMENTS A A' B B' C C' D - MISE EN CONFORMITE ACCESSIBILITE BATIMENTS A A' B B' C C' D - REHABILITATION INTERIEURE DU BATIMENT D - ANIMALERIE CENTRALISEE	- ECONOMIES D'ENERGIES - CONFORMITE ACCESSIBILITE - AMELIORATION CONFORT DES USAGERS	- TRAVAUX EN SITE OCCUPE	
<b>Scénario 3</b>	- REHABILITATION ENERGETIQUE DES BATIMENTS A A' B B' D - MISE EN CONFORMITE ACCESSIBILITE BATIMENTS A A' B B' D - REHABILITATION INTERIEURE DU BATIMENT D - ANIMALERIE CENTRALISEE - AMENAGEMENT DU RDC DU BÂTIMENT B' EN LOCAUX ASSOCIATIFS - AMENAGEMENT D'UNE SALLE D'INNOVATION PEDAGOGIQUE AU RDC DU BÂTIMENT A'	- ECONOMIES D'ENERGIES - CONFORMITE ACCESSIBILITE - AMELIORATION CONFORT DES USAGERS - REHABILITATION D'ESPACES EN FAVEUR DES ETUDIANTS	- TRAVAUX EN SITE OCCUPE	
<b>[...]</b>				



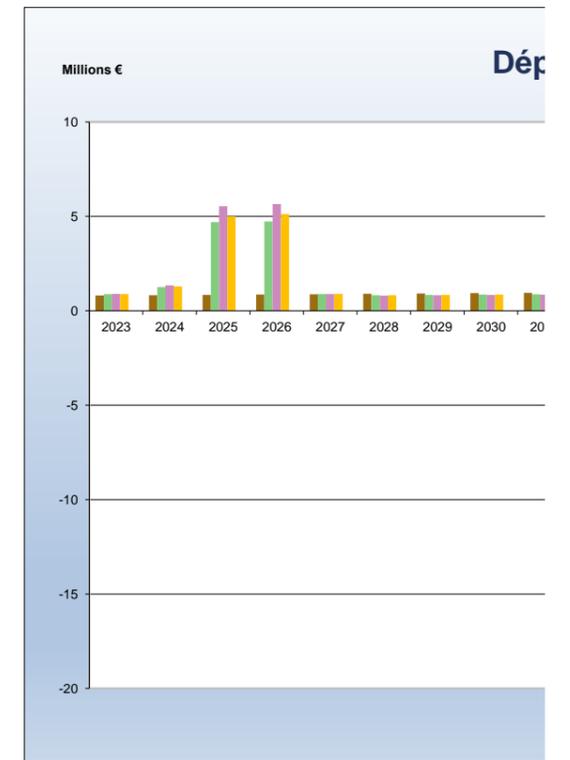
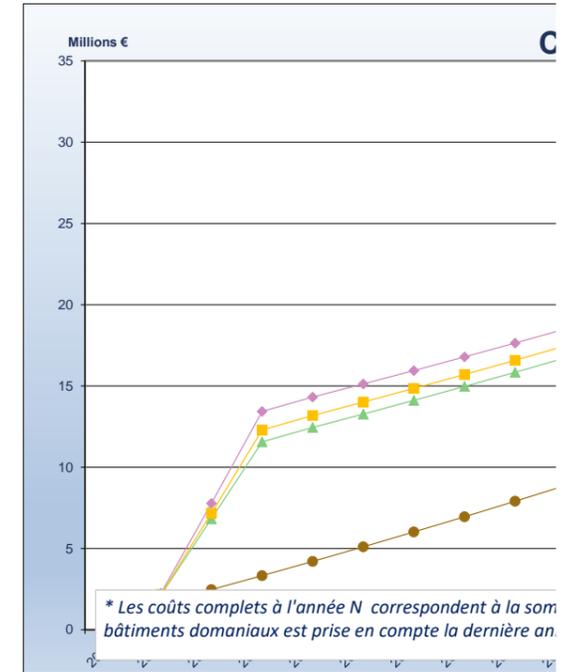


## APERÇU DES COÛTS COMPLETS ACTUALISÉS DES SCÉNARIOS ÉTUDIÉS

### Coûts complets actualisés\* des scénarios (en M€ TTC)



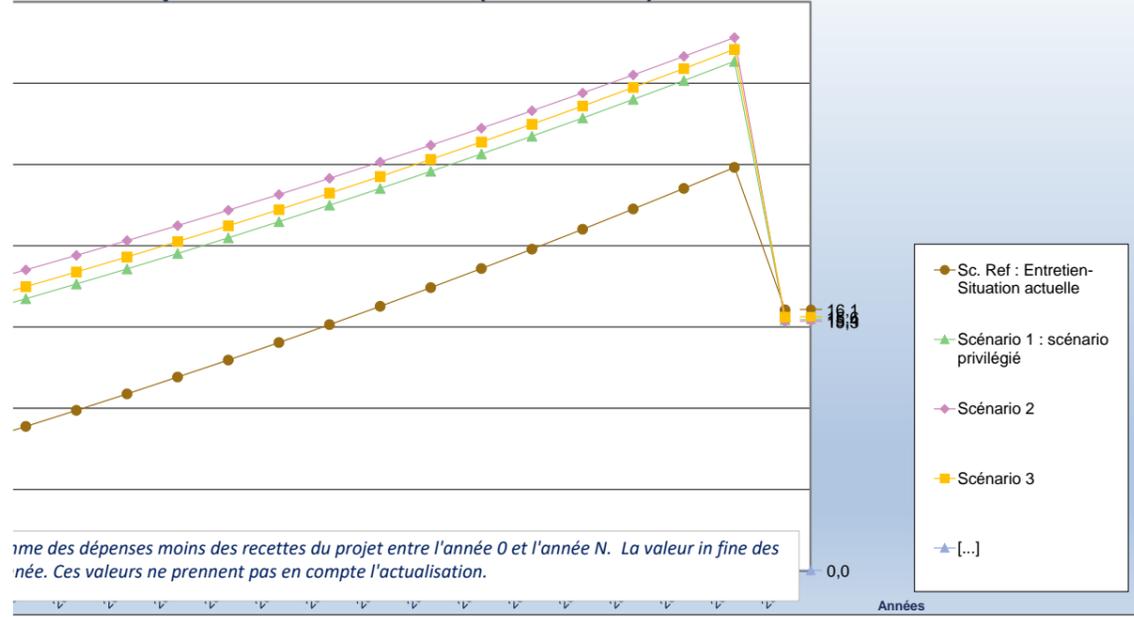
## APERÇU DES COÛTS COMPLETS DE



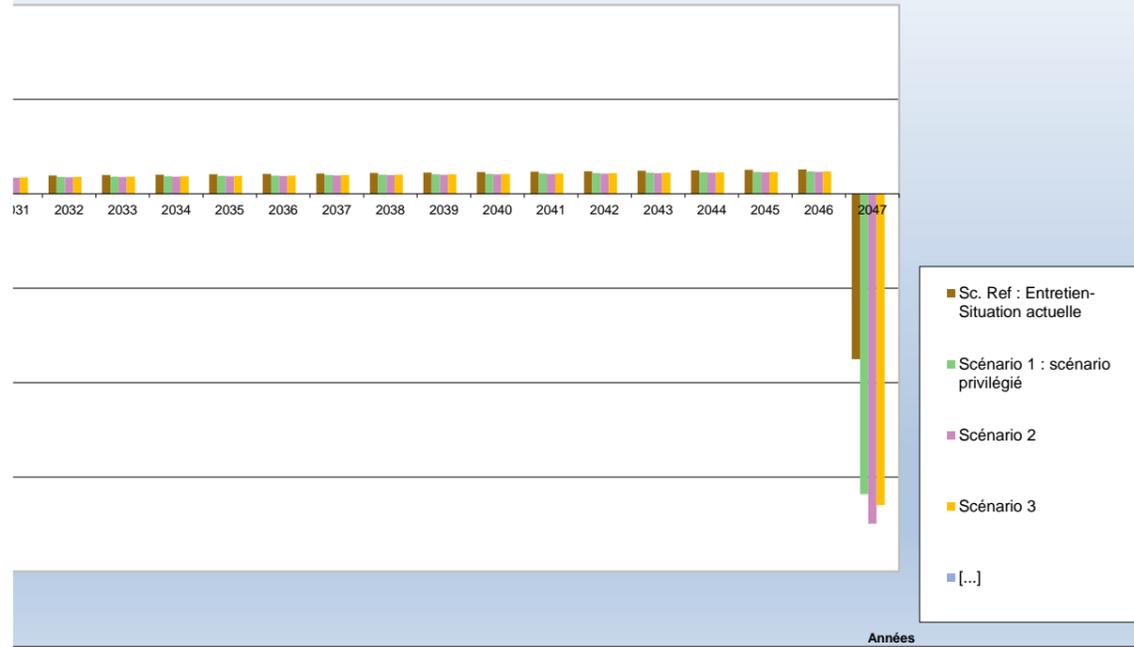




### Coûts complets\* des scénarios (en M€ TTC)



### Depenses budgétaires prévisionnelles annuelles TTC







PROJET DE CPER 21-27 UFR Sciences Rénovation énergétique

TEST NOMBRE DE REPERES EN CAS POUR TOUTES LES SCENARIOS

Main data table with columns for 'SOMMES DES SCENARIOS PAR BATIMENT', 'Type de scénario', 'Hypothèses générales', 'Investissement', 'Revenus', 'Financement', and 'Validation des bilans'. It contains multiple rows for different scenarios and building types.

Filex de présentation: Références, Hypothèses, Paramètres, Calculs, Récapitulatif









