



ANALYSE DE LA CONCEPTION D'UN BATIMENT EN VUE D'UNE
CERTIFICATION HAUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE (HQE™)
APPLIQUEE AU CAS PRATIQUE DE LA TOUR ENTENTE (BATIMENT
RDC + 22 ETAGES + REZ DE JARDIN + 5 SOUS SOLS),
SISE A ABIDJAN-COTE D'IVOIRE

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2IE AVEC GRADE DE
MASTER

SPECIALITE GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE
OPTION ROUTES ET OUVRAGES D'ARTS

Présenté et soutenu publiquement le 25/01/2021 par :

Seydina Oumar Koly M'BO (20140294)

Encadrant : Dr Decroly DJOUBISSIE DENOUWE, Enseignant-Chercheur à 2iE,
Département Génie Civil et Hydraulique

Maître de stage : Lopez KOUADIO, Ingénieur Généraliste, Chef du département Fluides et
Electricité à ETECO-CI

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Prof. Adamah MESSAN

Membres : M. Célestin OVONO MEZUI

M. Christian RAMADJI

Promotion 2019 -2020

DEDICACE

À ma mère,

Symbole de tendresse profonde et permanente, de sacrifice et d'amour éternel.

Tu m'as toujours soutenu afin que j'en sois là.

Que DIEU Tout Puissant m'accorde le succès afin que tu sois toujours honorée.

Je te dédie cette modeste œuvre en guise de reconnaissance.

JE T'AIME MAMAN

REMERCIEMENTS

Nous ne saurions entamer la rédaction de ce mémoire sans au préalable adresser nos remerciements à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué au succès de notre stage et ont été d'un apport appréciable à l'élaboration de ce travail.

Remerciements distingués à l'endroit de :

- Monsieur **Éric BACHETTA**, Gérant de ETECO-CI pour son avis favorable quant à notre demande de stage auprès de l'entreprise qu'il dirige.
- Monsieur **Lopez KOUADIO**, Ingénieur Généraliste, Chef du département Fluides et Electricité chez ETECO-CI, pour son encadrement, sa disponibilité et ses conseils.
- Dr **Decroly DJOUBISSIE DENOUWE**, Enseignant-Chercheur en Matériaux et Structures de Génie Civil au Département Génie Civil et Hydraulique de **2iE**, pour son soutien et son apport dans l'amélioration scientifique et la présentation du document.
- Dr **Abdelatif MERABTINE**, Enseignant-Chercheur à l'EPF-Ecole d'Ingénieur(e)s de Troyes (France), pour son encadrement.

Nous témoignons également notre gratitude aux enseignants et l'administration de l'Institut International de l'Eau et de l'Environnement (2iE), et de son partenaire l'EPF-Ecole d'Ingénieur(e)s de Troyes pour la qualité de la formation reçue et de nous avoir donné, la possibilité de réaliser ce document.

RESUME

Le projet de construction de la Tour Entente sise à Abidjan (Côte d'Ivoire) initié par l'institution dénommé le Conseil de l'Entente, a pour objectif de proposer un bâtiment de 22 niveaux (composé d'un centre commercial et d'un ensemble de bureaux) + 5 sous-sols, conforme aux prescriptions (cibles) de la démarche HQE™. L'enjeu de cette démarche est d'optimiser les ressources naturelles utilisées durant le cycle de vie d'un ouvrage afin de préserver au mieux l'environnement tout en assurant une bonne santé ainsi qu'un confort à ses usagers. De ce fait, une analyse est effectuée sur la conception de ladite Tour à partir des documents issus de l'avant-projet détaillé en vue d'évaluer le niveau d'atteinte des cibles HQE™. Ensuite, des propositions de solutions sont faites afin d'améliorer les performances de Tour en vue de la certification HQE™.

Il ressort de notre analyse que, des quatorze (14) cibles regroupées en quatre (4) familles (confort, santé, éco-gestion et éco-construction) que prévoit la démarche HQE™, neuf (9) ont été retenues à l'instar des confort acoustique et thermique, et la gestion de l'eau et de l'énergie. Ces derniers représentent des niveaux d'atteinte non conformes pour l'ensemble du bâtiment (excepté le confort acoustique qui ne concerne que les bureaux en étage technique). Ainsi, en vue d'accroître les performances HQE™ du bâtiment, un doublage à ossature métallique est proposé pour l'amélioration du confort acoustique des bureaux des étages techniques. Des panneaux photovoltaïques sont proposés en rez de jardin pour augmenter la production d'énergie renouvelable (de 10,78 kWc). Un système de récupération des eaux pluviales est proposé pour l'alimentation des chasses des sanitaires afin d'optimiser la gestion de l'eau de la Tour.

Mots clés :

1 – Confort

2 – Démarche et cibles HQE™

3 – Eco-construction

4 – Eco-gestion

5 – Santé

ABSTRACT

The construction project of the Tour Entente located in Abidjan (Côte d'Ivoire) initiated by the institution called the “Conseil de l'Entente”, aims to offer a 22-storey building (consisting of a shopping center and a set of offices) + 5 basements, in accordance with the requirements (targets) of the HQE™ approach. The challenge of this approach is to optimize the natural resources used during the life cycle of a structure in order to best preserve the environment while ensuring good health and comfort for its users. As a result, an analysis is carried out on the design of the said Tower from the documents resulting from the detailed preliminary design in order to assess the level of achievement of the HQE™ targets. Then, solutions are proposed to improve Tour's performance with a view to HQE™ certification.

Our analysis shows that, of the fourteen (14) targets grouped into four (4) families (comfort, health, eco-management and eco-construction) provided for in the HQE™ approach, nine (9) were retained, like acoustic and thermal comfort, and water and energy management. These represent non-compliant attainment levels for the entire building (except for acoustic comfort, which only concerns the offices on the technical floor). Thus, in order to increase the HQE™ performance of the building, a metal frame lining is proposed to improve the acoustic comfort of the technical floor offices. Photovoltaic panels are available on the garden level to increase the production of renewable energy (by 10,78 kWc). A rainwater collection system is proposed for supplying the toilet flushes in order to optimize the water management of the Tower.

Key words:

1 – Comfort

2 – HQE™ approach and targets

3 – Eco-construction

4 – Eco-management

5 – Heath

TABLE DES MATIERES

Dédicace	ii
Remerciements	iii
Résumé	iv
Abstract	v
Table des matières	vi
Liste des tableaux	ix
Liste des figures	xi
Liste des abréviations	xiii
Introduction générale.....	1
CHAPITRE I. Présentation de la structure d'accueil et du projet.....	4
I.1. Présentation de la structure d'accueil	4
I.1.1. Domaine d'activité et moyens	4
I.1.2. Organigramme	4
I.2. Présentation du projet	4
I.3. Conclusion partielle	6
CHAPITRE II. Étude bibliographique et présentation de la démarche haute qualité environnementale (HQE™) et de l'agence marocaine pour l'efficacité énergétique (AMEE) .	7
II.1. Étude bibliographique.....	7
II.1.1. Architecture bioclimatique	7
II.1.2. Efficacite energetique	7
II.1.3. Climat	8
II.1.4. Differents types de confort	12
II.2. Présentation de la démarche haute qualité environnementale (HQE™).....	20
II.2.1. Historique et définition.....	20
II.2.2. Cadre de référence.....	21

II.2.3.	Certification.....	22
II.3.	Présentation de l'agence marocaine pour l'efficacité énergétique (AMEE).....	23
II.3.1.	Historique et définition.....	23
II.3.2.	Cardre de référence	23
II.4.	Conclusion partielle	24
CHAPITRE III.	Analyse de la conception de la tour entente	25
III.1.	Approche de la conception bioclimatique.....	25
III.1.1.	Bases de la conception d'ensemble	25
III.1.2.	Bases de la conception de detail.....	34
III.1.3.	Stratégies d'amélioration du confort	36
III.2.	Diagnostic des performances énergétiques et évaluation du confort du bâtiment	40
III.2.1.	Diagnostic des performances energetiques selon la NF 15217	40
III.2.2.	Evaluation du confort	54
III.3.	La gestion de l'eau et des déchets.....	62
III.3.1.	Aménagement en eau potable.....	62
III.3.2.	Gestion des eaux pluviales et usées.....	64
III.3.3.	Protection incendie	64
III.3.4.	Gestion des déchets	64
III.4.	Classification du bâtiment en performance HQE™	65
III.4.1.	Cibles et indicateurs de la démarche HQE™ concernés par la conception de la tour	65
III.4.2.	Evaluation du niveau d'atteinte des cibles	68
III.5.	Conclusion partielle	68
CHAPITRE IV.	optimisation de la conception de la tour en vue d'une amélioration de ses performances HQE™	69
IV.1.	Propositions d'amélioration des performances HQE™ par cible	69
IV.1.1.	Gestion de l'énergie.....	69

IV.1.2. Gestion de l'eau.....	69
IV.1.3. Confort acoustique	69
IV.2. chiffrage des propositions d'amélioration des performances HQE™	71
IV.2.1. Gestion de l'énergie.....	71
IV.2.2. Gestion de l'eau.....	71
IV.2.3. Confort acoustique	72
Conclusion.....	74
Bibliographie	75
Annexes	79

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Métabolisme par activités[15]	13
Tableau 2 : Indices PMV[15]	15
Tableau 3: Les certificateurs de France de la démarche HQE™ [4]	23
Tableau 4 : Coordonnées géographiques du site du projet[25]	27
Tableau 5 : Valeurs de compacité Cf de la Tour	32
Tableau 6 : Matériaux de construction de la tour et leurs performances thermo-acoustiques .	35
Tableau 7: Matériaux de construction de la tour et leurs performances thermo-acoustiques (Suite)	36
Tableau 8 : Données climatiques de base de la ville d'Abidjan [31]	42
Tableau 9: Valeurs des intensités de rayonnement solaires du projet[31]	43
Tableau 10 : Valeurs des apports internes du projet[31]	43
Tableau 11 : Valeurs des types d'apports et de la charge de refroidissement du bureau type du calcul manuel	44
Tableau 12 : Données climato-géographiques d'Abidjan paramétrées dans CYPECAD MEP	45
Tableau 13 : Valeurs des apports internes et externes du bureau type de CYPECAD MEP ...	46
Tableau 14 : Données climatiques de bases d'Abidjan selon Climate.onebuilding[33]	47
Tableau 15: Charges de refroidissement de la tour entière de CYPECAD MEP	49
Tableau 16 : Consommation énergétique du refroidissement	49
Tableau 17 : Consommation énergétique du désenfumage	50
Tableau 18 : Consommation énergétique de la ventilation	50
Tableau 19 : Consommation énergétique de l'ECS	51
Tableau 20 : Consommation énergétique de l'éclairage	52
Tableau 21 : Consommation énergétique des autres charges	52
Tableau 22 : Récapitulatif du DPE de la tour entière	53
Tableau 23 : Isolement acoustique des locaux de la tour selon la NF S 31-080	60

Tableau 24 : Les valeurs de FLJ préconisées par le référentiel HQE™[35].....	61
Tableau 25 : les FLJ de la tour	62
Tableau 26 : Valeurs de base de la conception du bâtiment et de référence HQE™ des besoins en eau[35].....	63
Tableau 27 : Les cibles et les indicateurs de la démarche HQE™ relatives à la conception de la tour entente.....	66
Tableau 28: Les cibles et les indicateurs de la démarche HQE™ relatives à la conception de la tour entente (Suite).....	67
Tableau 29 : Chiffrage de l'installation des panneaux photovoltaïque en toiture des locaux techniques de désenfumage.....	71
Tableau 30:Consommation en eau des WC de la tour	72
Tableau 31 : Chiffrage de l'installation de récupération des eaux pluviales	72
Tableau 32: Chiffrage du doublage « Placostil »	73

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Répartition de la consommation mondiale en énergie et des émissions de CO ₂ [1]..	2
Figure 2 : Organigramme de l'entreprise d'accueil ETECO.....	5
Figure 3 : Vue en perspective de la Tour Entente	5
Figure 4 : (a) Différents types de rayonnement solaire [8] ; (b) Illustration du FLJ [10]	9
Figure 5 : Valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires[16].....	14
Figure 6: Relation entre le PMV et le PPD[15]	16
Figure 7: PPD en fonction de la Température de l'air pour deux activités différentes[17]	16
Figure 8 : Plage des Températures de confort intérieur en fonction des températures extérieures moyennes mensuelles selon ASHRAE 55[19].....	17
Figure 9 : Les plages de confort adaptatif selon la EN 15251 selon les catégories[18].....	18
Figure 10 : Carte illustrant les travaux sur le confort adaptatif dans le monde[20]	18
Figure 11 : Diagramme de Kruithof[23]	20
Figure 12 : Localisation du DAA[26]	25
Figure 13 : Localisation de la commune du Plateau [25].....	26
Figure 14 : Vue aérienne du site du projet[25].....	27
Figure 15 : Zones climatiques de la Côte d'Ivoire[27]	28
Figure 16 : Variation des pluies minimales et maximale à Abidjan[25].....	28
Figure 17 : Variations des températures maximales, moyennes et minimales mensuelles à Abidjan[25]	29
Figure 18 : Variations mensuelles de l'hygrométrie à Abidjan[25].....	29
Figure 19 : Variations mensuelles de l'irradiation solaire (direct) [28]	30
Figure 20 : Vitesse et direction du vent à Abidjan[29]	30
Figure 21 : (a) Bases de conception architecturale de la Tour Entente ; (b) Vue en perspective de la Tour Entente	32
Figure 22 : Orientation de la Tour Entente	33
Figure 23 : (a)Aperçu des sous-sols faisant office de parking ; (b)Vue intérieure du centre	

commercial ; (c) Vue d'intérieur d'un bureau.....	34
Figure 24 : Système de désenfumage Solution B[30]	38
Figure 25 : Plan du Bureau Type et de ses ouvrages élémentaires	42
Figure 26 : Répartition des différents types d'apports selon la variante manuelle	44
Figure 27 : Modèle du bureau type de CYPECAD MEP	45
Figure 28 : Répartition des différents types d'apports selon la variante numérique.....	46
Figure 29 : Synthèse des résultats des variantes manuelle et numérique	47
Figure 30 : Modèle de la tour entière sur CYPECAD MEP	48
Figure 31 : Etiquetage énergétique de la norme 15217[34]	52
Figure 32 : Répartition de la consommation énergétique de la tour Entente	53
Figure 33 : Scénario d'occupation du centre commercial de la Tour	54
Figure 34 : Illustration du jour le plus chaud du mois de mars.....	55
Figure 35 : Variation des températures du 21 ^{ème} jour de Mars selon le pas horaire	55
Figure 36 : Taux d'ensoleillement du jour le plus chaud (21 ^{ème} jour du mois de Mars).....	56
Figure 37 : Variations des températures opératives hebdomadaires du centre commercial et extérieures maximales	56
Figure 38 : Diagramme de BRAGER du centre commercial.....	57
Figure 39 : Scénario d'occupation des bureaux	57
Figure 40 : Variations des températures opératives hebdomadaires des bureaux et extérieures maximales.....	58
Figure 41 : Diagramme de BRAGER des bureaux	59
Figure 42 : Les cibles de la démarche HQE™ prise en compte dans notre évaluation	65
Figure 43 : Niveau d'atteinte des cibles HQE™ de la Tour Entente	68
Figure 44 : Mode constructif pour l'amélioration du confort acoustique des bureaux situés en étage technique.....	70
Figure 45 : Plan type des étages techniques	73

LISTE DES ABREVIATIONS

ADEME	: Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie
ADEREE	Agence Nationale pour le Développement des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique
AIMCC	: Association des Industries et des produits de la Construction
AIF	: Agence Intergouvernementale de la Francophonie
AMEE	Agence Marocaine pour l'Efficacité Energétique
APD	: Avant-Projet Détaillé
ASHRAE	: « American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers »
ATEQUE	: Atelier d'Évaluation de la Qualité Environnementale des Bâtiments
BTC	: Brique en Terre Crue
CEEB	Code d'Efficacité Energétique dans le Bâtiment
COP 21	: Conférence des Parties N°2
CSTB	: Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
CTA	: Centrale de Traitement d'Air
DAA	: District Autonome d'Abidjan
DAO – CAO	: Dessin Assisté par Ordinateur et Conception Assistée par Ordinateur
dB	: Décibel
DEQE	: Définition Explicite de la Qualité Environnementale
DPE	: Diagnostic de Performance Énergétique
DTU	: Documents Techniques Unifiés
ECS	: Eau Chaude Sanitaire
FFB	: Fédération Française du Bâtiment
FLJ	: Facteur Lumière Jour
GSPM	: Groupement des Sapeurs-Pompiers Militaires
HQE™	: Haute Qualité Environnementale
IEPF	: Institut de l'Energie et de l'environnement de la Francophonie
NRA	: Nouvelle Règlementation Acoustique
PAC	: Pompe À Chaleur
PCSI	: Poste de Contrôle de la Sécurité Incendie
PMV	: « Predicted Mean Vote »
PPD	: « Predicted Percentage Dissatisfied »

PUCA	: Plan Urbanisme Construction Architecture
RDC	: Rez-de-Chaussée
RGPH	: Recensement Général de la Population et de l'Habitat
RIA	: Robinet d'Incendie Armé
SODEXAM	: Société d'Exploitation et de Développement Aéroportuaire, Aéronautique et Météorologique
SME	: Système de Management Environnemental
SSI	: Système de Sécurité Incendie
VMC	: Ventilation Mécanique Contrôlée

INTRODUCTION GENERALE

Créé le 29 Mai 1959 par cinq (5) pays membres à savoir le Bénin, le Burkina-Faso, la Côte d'Ivoire, le Niger et le Togo, le Conseil de l'Entente est la doyenne des institutions sous régionales ouest-africaines qui a pour objectif de :

- Assurer la paix, la sécurité et la stabilité des états membres
- Promouvoir une intégration politique et culturelle plus étroite et plus dynamique entre les états membres, sur la base de la fraternité et de la solidarité
- Promouvoir l'intégration économique sous- régionale et le bien- être des populations

En vue de se donner les moyens d'atteindre ses objectifs, le Conseil a porté son choix sur la Côte d'Ivoire qui abrite depuis lors le siège de l'institution, pour la construction sur le même site, d'un bâtiment tertiaire phare, esthétiquement désirable, constructivement raisonnable et socialement justifiable de 22 niveaux et 5 sous-sols avec un rez de jardin (à usage de bureaux locatifs et du Conseil ainsi qu'un centre commercial) dénommé la Tour " Entente ". Par le biais de ce projet, le Conseil entrevoit outre l'atout économique, la redynamisation ainsi que le renforcement du parc immobilier Ivoirien (dont le pays ambitionne en être un leader en Afrique de l'ouest) par la construction d'un bâtiment durable qui tout en assurant la qualité de vie de ses occupants, maîtrisera ses impacts sur l'environnement et assurera une performance énergétique optimale, en utilisant autant que possible les énergies renouvelables et les ressources naturelles et locales.

Cette vision s'inscrit également dans le cadre de l'application de la feuille de route de l'Alliance mondiale pour les bâtiments et la construction (GlobalABC) dont la Côte d'ivoire est signataire, lancée lors de la conférence sur les changements climatiques (COP 21) en 2015 à Paris, qui est un partenariat volontaire entre les gouvernements nationaux, les organisations intergouvernementales, les entreprises et les associations, dont l'objectif est de travailler à la réalisation d'un secteur des bâtiments et de la construction à zéro émission, efficace et résilient eu égard à la part de la consommation d'énergie finale(36%), et d'émissions de CO₂ (39%) mondiales du dit secteur comme le montre la Figure 1[1].

C'est dans cette optique que dans le cadre de notre travail de fin d'étude, nous avons procédé à une analyse de la conception du projet de construction de la Tour Entente, issue de la phase APD, en vue d'une certification HQE™.

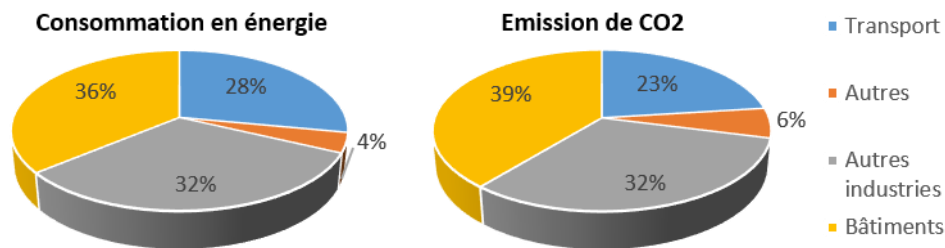


Figure 1 : Répartition de la consommation mondiale en énergie et des émissions de CO₂ [1]

La démarche HQE™ représente un potentiel considérable d'amélioration des impacts environnementaux de la construction des bâtiments (neufs ou en rénovation). Elle permet d'évaluer les projets de ce secteur d'activités anthropiques, en termes de performance énergétique, de gestion de l'eau et des déchets, de qualité d'usage, de sensibilisation et satisfaction des usagers.

L'analyse de la Tour Entente visera donc à desceller ses qualités architecturales de fonctionnalité, d'usage, ainsi que ses performances techniques et énergétiques en plus de ses impacts sur l'environnement. À juste titre, quelles sont les dispositions de construction, de gestion de l'énergie, de l'eau et des déchets prises lors de la phase de conception de la Tour en vue de réduire l'impact du projet sur l'environnement tout en assurant les conditions de confort, de santé et d'économie d'énergie ?

La présente étude a été initiée pour d'emblée mesurer le degré d'adéquation de la conception de la Tour Entente aux prescriptions de la certification HQE™. Il s'agira d'emblée, d'évaluer le niveau d'impact de ladite conception sur son environnement extérieur (sa gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets et sa relation avec son voisinage) ainsi que les conditions de vie qu'elle offre à ses usagers (son confort et ses conditions sanitaires). Ensuite, il sera important de proposer des solutions d'optimisation de ladite conception en vue d'une amélioration de ses performances HQE™.

Le présent mémoire se subdivise en quatre (4) chapitres. Le chapitre 1 est consacré à la présentation de la structure d'accueil et du projet objet de notre étude. Le chapitre 2 est dédié dans un premier temps à une étude bibliographique, dans laquelle nous explicitons plus en détail une série de notions de base de la construction durable et de l'environnement et ensuite à la présentation de la démarche HQE™, dans laquelle nous énonçons l'historique, le cadre de référence (les 14 cibles) ainsi que les procédures de certification de ladite démarche. Le chapitre 3 est voué à l'analyse à proprement dite de la conception de la Tour Entente, au cours de laquelle nous déclinons le niveau d'atteinte des cibles HQE™ concernée par de ladite conception. Le

chapitre 4 est destiné à l'optimisation de la conception de la Tour en vue d'une amélioration de ses performances HQE™.

CHAPITRE I. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL ET DU PROJET

Ce chapitre est consacré à la présentation de la structure d'accueil partant de ses domaines d'activités et de l'organigramme. Une présentation du projet objet de notre étude est aussi faite.

I.1. PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

I.1.1. Domaine d'activité et moyens

Fondé en 1971, ETECO – Etudes Techniques et Coordination – est un bureau d'études situé en Côte d'Ivoire (avec une succursale au Burkina Faso) intervenant dans tous les domaines de la construction et des travaux publics tant au niveau des études de conception que dans la coordination des travaux.

Reconnu comme l'une des références de l'expertise en Afrique de l'Ouest, ETECO compte, à ce jour plus de 3200 dossiers traités.

Le bureau d'étude dispose également des moyens humains et matériels adaptés afin d'assurer des prestations de qualité à savoir :

- Personnel : quarante (40) personnes comprenant des Ingénieurs, Dessinateurs, Métreurs, Contrôleurs de Travaux et Consultants.
- Matériels : moyens informatiques et bibliothèque de logiciels spécialisés (DAO – CAO) à savoir GRAITEC, AUTOCAD, MELODY, EFFEL STRUCTURE, COVADIS, PISTE +, CLIMAWIN, FISA PLOMBERIE, ECOPLANNING etc...

I.1.2. Organigramme

Sous la houlette de son gérant Monsieur Éric Bachetta, ETECO se compose de six (6) départements en plus du secrétariat et de la comptabilité, qui travaillent en toute complémentarité dans le but de satisfaire le client. La Figure 2 présente l'organigramme de ETECO.

I.2. PRESENTATION DU PROJET

Situé dans la capitale économique Ivoirienne, Abidjan plus précisément dans la commune du Plateau, le projet de construction de la Tour Entente illustrée par la dont ETECO est le bureau d'étude technique est un projet du conseil de l'Entente qui permettra au dit conseil en plus de

disposer d'un siège amélioré et digne de l'institution, de financer ses activités sur la base des baux et des loyers. En effet, le bâtiment illustrée par la Figure 3, comprend 17 niveaux de plateaux destinés à la location des bureaux de haut standing, 2 étages techniques, 2 niveaux en partie plus haute avec un agréable atrium destinés au Conseil, un centre commercial en partie plus basse avec une mezzanine, ainsi qu'un rez de jardin et 5 niveaux de parking dont 4 sous-sols pouvant accueillir au total 380 véhicules. La tour présente également une façade vitrée à 360° pour l'ensemble de ses niveaux supérieurs excepté le centre commercial qui lui présente 60% de paroi opaque à forte inertie (mur en béton armé de 40 cm) et 40% de vitrage.

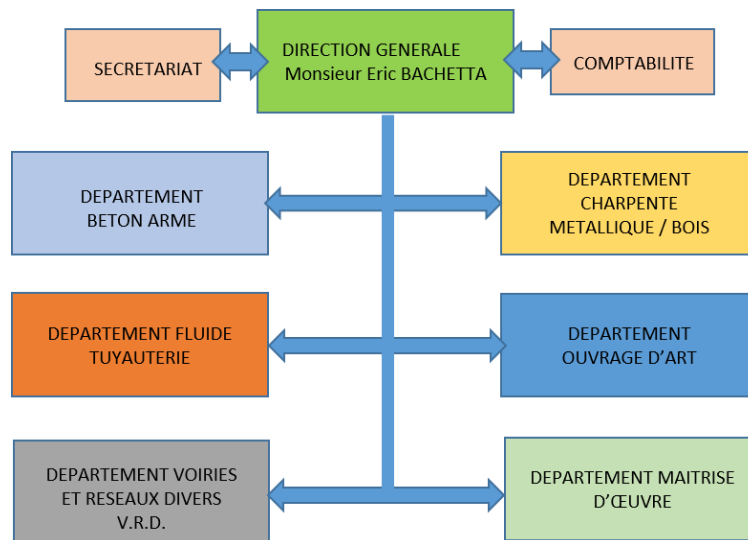


Figure 2 : Organigramme de l'entreprise d'accueil ETECO



Figure 3 : Vue en perspective de la Tour Entente

I.3. CONCLUSION PARTIELLE

Dans cette partie de notre document nous avons à la fois présenté la structure d'accueil et le projet de construction de la Tour Entente, substance de notre étude. Nous aborderons subséquemment le chapitre 2 qui en plus d'établir une étude bibliographique, présente de façon succincte la démarche HQE™.

CHAPITRE II. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE ET PRESENTATION DE LA DEMARCHE HAUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE (HQE™) ET DE L'AGENCE MAROCAINE POUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE (AMEE)

Ce chapitre est d'emblée dédié à une étude bibliographique qui décrit plus en détail un certain nombre de termes en rapport avec la qualité environnementale des bâtiments et ensuite à la présentation de la démarche HQE™ et de l'AMEE.

II.1. ÉTUDE BIBLIOGRAPHIQUE

II.1.1. Architecture bioclimatique

Répondre à la fois à un confort optimal et limiter au maximum l'appel aux ressources primaires oblige à laisser de côté les solutions voraces en énergie. L'architecture bioclimatique tente de répondre à ce défi de la manière la plus naturelle possible. Elle nécessite une approche holistique, impliquant une réflexion tant sur la forme et l'agencement du bâti que sur les matériaux, s'inspirant en cela de l'architecture traditionnelle et vernaculaire, tout en faisant appel à des technologies appropriées et innovantes.

Elle se définit comme une approche architecturale visant à tirer parti des conditions d'un site et de son environnement (le climat et le micro climat, la géographie, la morphologie, la topographie ...) tout en se prémunissant des contraintes qu'ils induisent. Elle vise également à des conditions de confort adéquates (températures, taux d'humidité, luminosité, insalubrité etc...) via des moyens dits passifs ; c'est-à-dire en limitant le recours aux moyens techniques mécanisés et aux énergies extérieures au site. Quand ils sont nécessaires, les énergies renouvelables sont privilégiées, en l'occurrence le soleil, l'éolien ou la géothermie [6].

En d'autre terme on peut donc résumer que l'architecture bioclimatique fait référence à l'ensemble des stratégies, solutions et techniques architecturales mises en place dans un projet soucieux de son empreinte écologique.

II.1.2. Efficacite energetique

L'efficacité énergétique des bâtiments se traduit par l'optimisation lors de la mise œuvre des projets, pendant au moins une des phases (conception-construction et exploitation), de l'utilisation de l'énergie. Elle s'appuie sur la stratégie « **Trias Energetica** » élucidée ci-après :

- Étape 1 : Diminuer la consommation d'énergie en rappelant que l'énergie la plus durable est celle qui n'est pas consommée. Elle inclut différentes actions, dont maximiser l'apport de lumière naturelle pour l'éclairage, isoler les façades et les toitures pour réduire les besoins en chauffage ou en refroidissement, ou encore utiliser des appareils économes en énergie, tels que l'éclairage au LED.
- Étape 2 : Utiliser les sources d'énergie durable telles que le vent, l'eau et le soleil, mais aussi la géothermie via l'installation de chauffe-eau solaires, de panneaux photovoltaïques, d'éoliennes ou de pompes à chaleur
- Étape 3 : Utiliser l'énergie fossile de la manière la plus efficace possible pour répondre aux besoins restants en limitant, par exemple, la longueur des conduites des systèmes de chauffage et de refroidissement.

II.1.3. Climat

Le climat est défini comme la distribution statistique de l'atmosphère à une position géographique définie par la latitude et l'altitude pendant une période donnée (mensuelle ou annuelle), il est en effet caractérisé par 3 facteurs : les facteurs énergétiques (rayonnement, lumière et température), les facteurs hydrologiques (précipitations et hygrométrie), et les facteurs mécaniques (vents).

II.1.3.1. Facteurs énergétiques

a. Rayonnement

Il est défini comme l'ensemble des particules appelées photons, en très grandes quantités émis par le soleil en direction de la terre, dans sa course supposée sphérique. Ces flux de photons qu'on appelle également radiations ou rayons, voyagent dans l'espace à la vitesse de 300 000 km/s (vitesse de la lumière) et atteignent la surface du globe de trois (3) manières comme le présente la Figure 4 (a) à savoir [7] :

- Rayonnement direct : Aucune déviation importante des rayons dans leur course à travers l'atmosphère, c'est le cas d'un ciel clair et dégagé de nuage.
- Rayonnement diffus : Il se traduit par la déviation des rayons par des obstacles tels que les nuages, le brouillard, les molécules d'air, la vapeur d'eau, ainsi que les aérosols (particules en suspension dans l'air).
- Rayonnement réfléchi : Il correspond au rayonnement réfléchi par l'environnement extérieur en l'occurrence le sol ou l'eau.

- Rayonnement global : Il traduit l'énergie rayonnante totale du soleil qui atteint une surface sur le globe, il est la somme des types sus-cités.

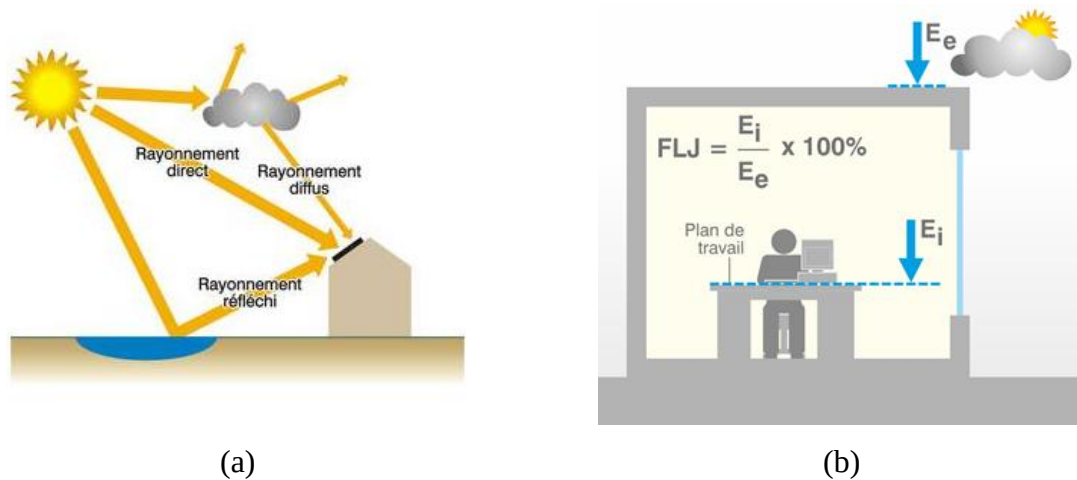


Figure 4 : (a) Différents types de rayonnement solaire [8] ; (b) Illustration du FLJ [10]

b. Lumière

La lumière correspond aux radiations électromagnétiques visibles par l'œil humain, elle permet le maintien d'une température ambiante et des réactions photochimiques telles que la photosynthèse indispensable à la vie et se compose de deux types, à savoir :

➤ Lumière naturelle

Appelée aussi lumière jour, elle correspond à l'éclairage direct ou indirect provenant du soleil. Cette lumière blanche possède un spectre complet et continu, c'est-à-dire qu'elle émet dans toutes les longueurs d'onde du spectre visible. Sa richesse provient aussi de sa variabilité continue d'intensité, de direction et de teinte au fil des heures et des saisons. Outre les phénomènes liés aux mouvements de rotation de la terre, les modifications du spectre d'émission de la lumière du jour sont liées aux conditions atmosphériques et météorologiques ainsi qu'aux interactions avec les particules de l'atmosphère.

On retient que la lumière du jour, de par sa richesse et son universalité, constitue notre lumière de référence car elle nous donne des repères temporels et spatiaux et permet également l'attribution des couleurs aux objets [9].

De façon pratique, pour ce qui est d'un local (bâtiment), elle est évaluée à l'aide d'un indicateur dénommé FLJ ou DL (en anglais) exprimé en pourcentage qui se traduit par le rapport de proportionnalité entre l'éclairement à l'intérieur du dit local et l'éclairement simultané à l'extérieur en site parfaitement dégagé comme le montre la Figure 4(b).

Son expression est l'équation suivante proposée par **Crisp** et **Littlefair** [11] :

$$FLJ = \overline{DL} = \frac{\omega\tau\theta}{A(1-R^2)}, \text{ Avec}$$

ω : la surface vitrée en m²,

θ : l'angle de vue du ciel depuis le milieu de l'ouverture,

τ : la transmission en incidence diffuse du matériau verrier,

A : la surface totale des parois intérieures,

R : le facteur de réflexion moyen des parois intérieures.

➤ Lumière artificielle

La lumière artificielle est l'éclairage qui est produit artificiellement à l'aide de lampes et de projecteurs. La source de lumière artificielle n'est produite que lorsqu'on allume. La lumière incandescente émet selon un spectre continu et possède de ce fait la capacité de restituer fidèlement les couleurs des objets.

Comme la lumière du jour, elle constitue une référence dans la perception de notre environnement et pour notre vie quotidienne. Pour autant, aucune des sources de lumière artificielle (pour la grande majorité électriques) ne possède en elle-même la richesse de la lumière naturelle. En revanche, l'éclairage artificiel a pour avantage de pouvoir être maîtrisé, contrôlé et créé. En effet, la sélection des sources (de leur teinte, de leur intensité) et le mélange potentiel des couleurs, la composition des directions et faisceaux lumineux par le choix d'appareils adaptés (projecteurs...), ainsi que leur implantation, constituent la base de la création d'éclairages artificiels [9].

c. Température

La température T est une grandeur physique mesurée à l'aide d'un thermomètre et étudiée en thermométrie, qui dans la vie courante, est reliée aux sensations de froid et de chaud, provenant du transfert de chaleur entre le corps humain et son environnement. Son unité légale dans le SI est le Kelvin de symbole K ; il existe par ailleurs d'autres systèmes de mesures à l'instar du Celsius noté C et du Fahrenheit noté F dont nous évoquerons par la suite les correspondances [12] :

$$\frac{T_{\text{celsius}} - 0}{100} = \frac{T_{\text{kelvin}} - 273,15}{100} = \frac{T_{\text{fahrenheit}} - 32}{180}$$

II.1.3.2. Facteurs hydrologiques

a. Précipitations

Les précipitations sont produites par le phénomène de condensation de l'air dans les couches supérieures de l'atmosphère, sous forme de nuages contenant des gouttelettes d'eau, l'air s'élevant de plus en plus haut, le poids des gouttelettes augmente, provoquant ainsi la chute de pluies, de grêles (gouttes de pluies gelées), de neiges, de la rosée (fines gouttelettes d'eau) ainsi que du brouillard (eau en très petite forme de goutte).

b. Hygrométrie

L'hygrométrie est caractérisée par l'humidité d'eau contenue dans l'air. On entend par humidité, la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. Elle subit des variations en fonction de la température qui est considérée comme facteur déterminant. Ces variations subordonnées au régime annuel du rayonnement solaire et des températures moyennes, provoquent une répartition disproportionnée de la vapeur dans différentes régions de la terre, d'où la très forte concentration dans les régions équatoriales et la diminution en amont vers les pôles [13].

L'humidité se distingue en deux types que sont :

- Humidité absolue exprimée en [kg eau/kg air sec] représente le nombre de grammes de vapeur d'eau présents dans un volume donné, rapporté à la masse d'air sec de ce volume exprimé en kilogramme.
- Humidité relative quant à elle s'exprime en % et est le rapport entre l'humidité absolue et la quantité d'humidité maximale que peut contenir l'air, autrement dit c'est le rapport de la vapeur d'eau contenue dans l'air à celle que l'air saturé peut contenir à une température donnée.

II.1.3.3. Facteurs mécaniques

a. Vent

Il se définit comme le déplacement consécutif d'une masse d'air à des différences locales de température et de pression. On distingue 4 familles d'identification à savoir [14] :

- Les vents planétaires avec mouvement à grande échelle qui sont très amples et concernent de vastes régions du globe à l'instar des vents à basse altitude (les alizés, les vents d'ouest, les vents d'est polaires) et des vents de haute altitude (les courants occidentaux, les courants orientaux et les courants-jets)

- Les perturbations cycloniques avec mouvement à moyenne échelle dû à la rencontre des grands fronts chauds et froids que sont les moussons et les cyclones
- Les vents locaux avec mouvement à petite échelle qui concernent des régions limitées à savoir les brises, le siroco etc...
- Les turbulences atmosphériques à l'échelle minimale agissant sur des petites portions de territoire

II.1.4. Différents types de confort

Dépendant du climat, de la situation géographique, des habitudes locales et culturelles ainsi que de l'usage et du mode constructif (le cas des bâtiments) ; le sentiment de confort, par définition subjectif, est un état d'équilibre dans lequel un individu se satisfait de son environnement, il se subdivise en quatre (4) dimensions : Le confort thermique, le confort olfactif (lié à la qualité de l'air), le confort visuel et le confort acoustique.

II.1.4.1. Confort thermique

Il correspond à un état d'équilibre thermique entre le corps humain et les conditions d'ambiance, et est d'emblée lié à différents paramètres (regroupés en 2 facteurs) évoqués ci-après [15].

Les facteurs liés à l'individu

- L'activité physique
- L'habillement

Les facteurs liés à l'environnement

- Température de l'air et des surfaces environnantes (parois)
- Vitesse relative de l'air
- Humidité relative (Hr)

Par ailleurs, il existe en littérature un certain nombre de méthodes dites d'évaluation du dit confort, basées sur des expérimentations menées par différents chercheurs et mettant en œuvre les différents paramètres sus-cités, il s'agit entre autres de :

- PMV
- PPD et Température de l'air ambiant
- La Température opérative
- Diagrammes bioclimatiques

a. Paramètres du confort thermique

- Facteurs liés à l'individu
 - ✓ Activité physique

L'activité est un paramètre essentiel pour la sensation thermique de l'individu, définissant directement le métabolisme (la quantité de chaleur, produite par le corps humain) de celui-ci et exprimé en **Met**. Dans le cas d'une très forte activité, l'individu peut avoir des sensations d'inconfort chaud, même en présence de conditions météorologiques très favorables. On a dans le Tableau 1, le taux de métabolisme moyen correspondant à diverses activités :

Tableau 1 : Métabolisme par activités[15]

Activité	Dégagement de chaleur		
	[met]	[W/m²] Ψ	[W/pers]*
Couché, inactif, sommeil	0,8	46	83
Assis inactif	1,0	58	104
Activité sédentaire (bureau, lecture, études)	1,2	70	126
Débout, inactif	1,2	70	126
Activité légère, debout (magasin, établi, laboratoire)	1,6	93	167
Travail debout (ménage, atelier)	2,0	116	209
Marche (4km/h)	2,8	162	292
Travail intensif (mécanique lourde)	3,0	174	313
Ψ par rapport à la surface du corps * valable pour une personne de 1,8m² de surface corporelle (par exemple taille 1,7m; poids 69 kg)			

➤ Habillement

Les vêtements permettent de créer un microclimat sous-vestimental, à travers leurs résistances thermiques, en modifiant les échanges de chaleur, entre la peau et l'environnement. Leur rôle essentiel est de maintenir le corps dans des conditions thermiques acceptables, en été comme hiver. Les vêtements jouent également un rôle primordial d'isolant thermique, notamment en période hivernale et dans toutes les ambiances froides, ce rôle est pris en compte à travers la définition d'un indice de vêtue, exprimé en **Clo** (pour "**C**lothing") comme l'illustre la Figure 5, avec **1Clo = 0.155m²K/W**.

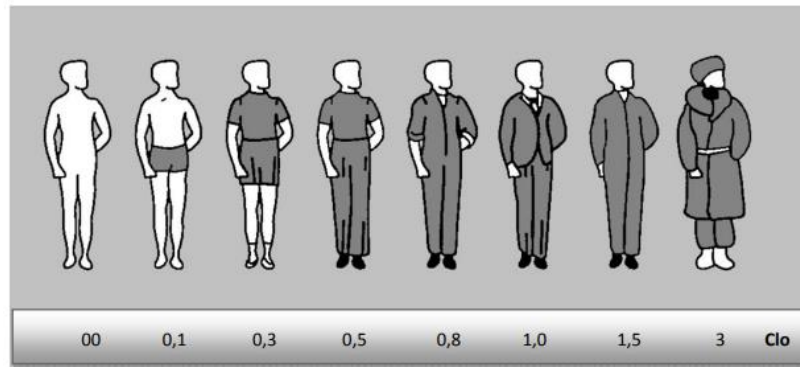


Figure 5 : Valeurs exprimées en Clo des tenues vestimentaires[16]

En résumé, on retient que la nature du tissu, la coupe des vêtements et l'activité du sujet, influencent ces échanges thermiques avec l'environnement.

- Facteurs liés à l'environnement
 - ✓ Température de l'air et des surfaces environnantes
 - Température de l'air

Elle représente l'indice le plus utilisé pour le contrôle des ambiances en intérieur du fait de la simplicité de sa mesure. Ce paramètre ne présente pas de grosses difficultés de mesure et d'évaluation, mais revêt un caractère toutefois limité pour la caractérisation complète du confort.

- Température des surfaces environnantes ou des parois

C'est une température radiante, capitale du confort intérieur d'un local. En effet, elle donne une idée sur la nature de l'isolation ou de l'inertie thermique d'une paroi. Ainsi une paroi mal isolée présente souvent une température radiante trop inférieure par rapport à la température de l'air ambiant, ce qui conduit souvent à ressentir un inconfort dû à la différence de température en question.

- ✓ Vitesse relative de l'air

La vitesse de l'air (et plus précisément la vitesse relative de l'air par rapport à l'individu) est un paramètre à prendre en considération car elle a une influence sur les échanges de chaleur par convection (transport de chaleur de matière chaude vers zone froide ou vice versa) et elle augmente l'évaporation à la surface de la peau.

A l'intérieur des bâtiments, on considère généralement que l'impact sur le confort des occupants est négligeable tant que la vitesse de l'air ne dépasse pas 0,2 m/s.

- ✓ Humidité relative

L'humidité relative couplée à la température ambiante donne déjà une idée du confort d'ambiance interne. On exprime l'humidité (comme évoqué plus haut) par le rapport de la vapeur d'eau contenue dans l'air à la quantité de vapeur d'eau que l'air saturé peut contenir à une température donnée [13].

b. Les indices d'évaluation du confort thermique

○ PMV

Il donne l'avis moyen d'un groupe important de personnes, qui exprimeraient un vote de sensation de confort thermique en se référant à l'échelle établie par **Fanger** renseigné dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Indices PMV[15]

-3	Très froid	
-2	froid	insatisfait parce que trop froid
-1	frais	
0	confortable	satisfait
1	tiède	
2	chaud	insatisfait parce que trop chaud
3	très chaud	

Une valeur de PMV de zéro exprime donc une sensation de confort thermique optimale ; aussi une valeur négative de cet indice traduit une température basse à celle idéale et réciproquement à une valeur positive qui signale une température élevée. On note également que la zone de confort thermique s'étale de -1 à 1.

○ PPD et la température de l'air

✓ PPD

Eu égard aux différences physiologiques, il s'avère impossible de satisfaire tout le monde en réunissant des conditions "idéales", tant que tel, le PPD exprime sous forme de pourcentage les sujets « insatisfaits » d'une ambiance thermique déterminée comme l'illustre la Figure 6. On peut constater selon la dite figure que pour une valeur de l'indice PMV nul (valeur optimal), on a 5% d'insatisfaits, et que ce nombre d'insatisfaits augmente pour les autres valeurs du dit indice.

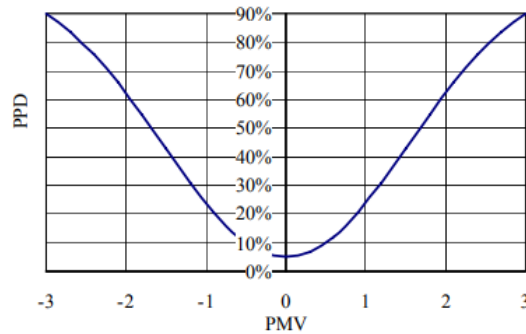


Figure 6: Relation entre le PMV et le PPD[15]

✓ Température de l'air

La température d'ambiance intérieure dépendant du type d'activité des individus présents dans le local concerné et de la situation thermique du dit local demeure un paramètre essentiel du confort thermique et est déterminée à l'aide de la Figure 7

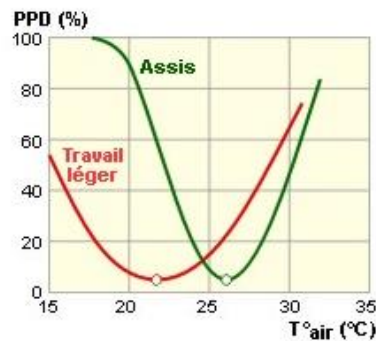


Figure 7: PPD en fonction de la Température de l'air pour deux activités différentes[17]

On constate qu'il est impossible de définir une température qui convienne à tous (il reste au mieux 5% d'insatisfaits) ; également que la courbe des sujets « Assis » (personnes qui font la sieste par exemple) est la plus resserrée, ce qui traduit la sensibilité de ses personnes à de faibles variations de températures contrairement aux individus effectuant un travail léger (travail de bureau par exemple).

○ Température opérative

La température réellement ressentie dite température opérative (T_{op}), est donnée par la formule simplifiée suivante :

$$T_{op} = \frac{T_{air} + T_{parois}}{2}$$

Elle est en effet la moyenne de la somme des températures d'ambiance intérieure et de celle des parois, et est utilisée pour évaluer le confort thermique selon l'approche adaptative.

L'approche adaptative considère le confort thermique à travers les réactions comportementales qui caractérisent la capacité adaptative de l'occupant dans son environnement. Cette approche est basée sur des sondages de terrain, et utilise en général les résultats des études expérimentales in situ (les températures intérieures) pour définir les conditions de confort en fonction des données météorologiques extérieures (températures extérieures).

Elle a été principalement modélisée par deux études. L'une est américaine et réalisée par DE DEAR, BRAGER et COOPER, 1997 dans le cadre du projet RP-884 de l'ASHRAE. Elle est aujourd'hui intégrée dans la norme ASHRAE standard 55(2004) qui définit des plages de confort d'une bande de 5°C pour 90% d'acceptabilité et de 7°C pour 80% d'acceptabilité comme l'illustre la Figure 8 [18] :

Et l'autre européenne réalisé par McCARTNEY et FERGUS NICOL, 2002 dans le cadre du projet SCAT's (Smart Control And Thermal confort) a servi de base à la réglementation EN 15251(2007). Cette dernière, définie trois (3) catégories avec leurs limites de confort adaptatif comme l'illustre la Figure 9.

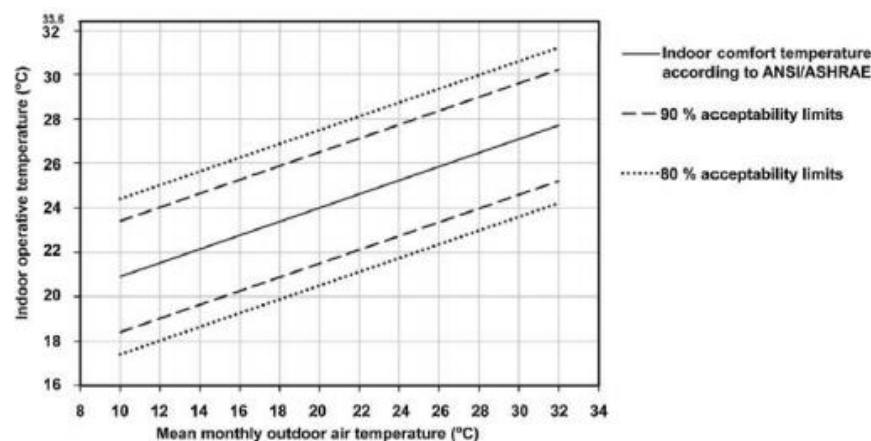


Figure 8 : Plage des Températures de confort intérieur en fonction des températures extérieures moyennes mensuelles selon ASHRAE 55[19]

On note qu'en plus de relever des volets culturel et climatique des zones où elles ont été définies, ces normes sus-évoquées sont utilisées pour l'évaluation du confort des bâtiments ventilés naturellement et non climatisés. Cependant, eu égard au manque de travaux sur le continent africain concernant le confort adaptatif comme l'illustre la Figure 10, nous évaluerons le confort thermique de notre bâtiment selon la EN 15251.

Catégorie	Description	Limite basse (°C)	Limite haute (°C)	PPD (%)	PMV
I	Niveau élevé, pour des personnes très sensibles et fragiles	$T_{conf} - 2$	$T_{conf} + 2$	<6	$-0.2 < PMV < +0.2$
II	Niveau normal	$T_{conf} - 3$	$T_{conf} + 3$	<10	$-0,5 < PMV < +0,5$
III	Niveau modéré acceptable	$T_{conf} - 4$	$T_{conf} + 4$	<15	$-0,7 < PMV < +0,7$

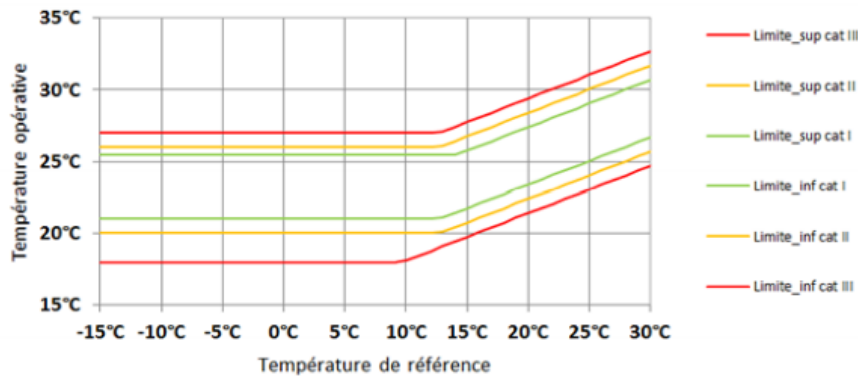


Figure 9 : Les plages de confort adaptatif selon la EN 15251 selon les catégories[18]

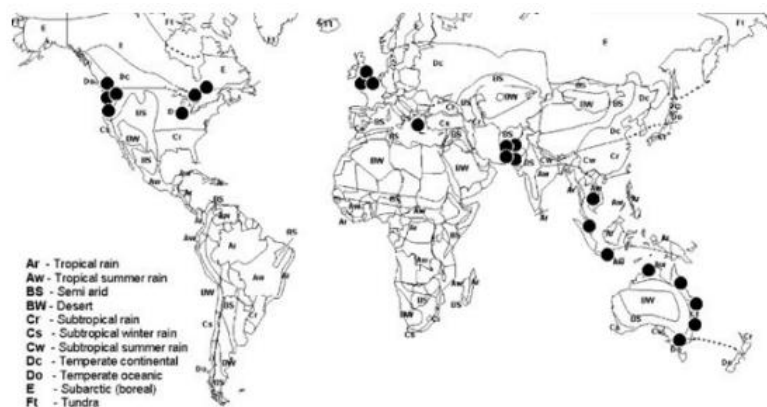


Figure 10 : Carte illustrant les travaux sur le confort adaptatif dans le monde[20]

○ Diagrammes bioclimatiques

Les diagrammes bioclimatiques sont des outils de synthèse qui permettent de choisir les grandes options architecturales à partir des exigences du confort thermique et des profils du climat. Le principe consiste à confronter sur un même graphique, « un polygone de confort », représentant les conditions extérieures et l'aire d'influence thermique et hygrométrique de certaines solutions architecturales ou de certains dispositifs. Parmi les outils les plus connus dans ce domaine on peut citer entre autre le diagramme bioclimatique d'Olgay (Olgay, 1963) et celui de Givoni (Givoni, 1992) [20].

II.1.4.2. Confort olfactif (qualité de l'air)

A la différence de la pollution de l'air extérieur, plus médiatisée, celle de l'air intérieur est restée relativement méconnue jusqu'au début des années 2000. Pourtant, nous passons en moyenne, en climat tempéré, 85 % de notre temps dans des environnements clos, et une majorité de ce temps dans l'habitat : domicile, locaux de travail ou destinés à recevoir du public, moyens de transport, dans lesquels nous pouvons être exposés à de nombreux polluants. La nature de ces polluants dépend notamment des caractéristiques du bâti, des activités et des comportements (tabac, bricolage, peinture, etc.) et ces polluants peuvent avoir des effets sur la santé et le bien-être [21].

L'indicateur de la qualité de l'air est donné dans certaines études par la concentration en dioxyde de carbone CO₂. Le dioxyde de carbone est produit par la respiration humaine et sa concentration ne peut être réduite de façon significative que par une ventilation, naturelle ou artificielle suffisante. Le degré de ventilation nécessaire pour maintenir une faible teneur en dioxyde de carbone à l'intérieur permet également de réduire les concentrations d'autres polluants intérieurs et d'améliorer la qualité générale de l'air à l'intérieur.

Des études, du CSTB (2002), ASHRAE (2001) indiquent que des concentrations de CO₂ supérieures à 1000 ppm (pour parties par million) sont synonymes d'un approvisionnement en air frais insuffisant. Cependant, bien d'autres facteurs influent sur la qualité de l'air intérieur, à l'instar des températures et taux d'humidité extrême, d'une ventilation inadéquate, les composés organiques volatils (COV) à l'instar des parfums, produits de nettoyage, solvant etc..., ainsi que des particules (ménages, fumée etc...) [22].

II.1.4.3. Confort visuel

Le confort visuel peut se définir à partir des conditions d'éclairage, naturel et/ou artificiel, satisfaisantes pour permettre l'activité de l'utilisateur. Cela implique un éclairage lumineux suffisant, une absence d'éblouissement, ainsi qu'un bon rendu des couleurs. Il prend en compte les deux paramètres suivants :

- Optimiser l'utilisation de la lumière naturelle autorisée par l'orientation et les ouvrants vitrés des pièces, paramètres exprimés par le facteur FLJ (valeur minimale de 2% selon le CSTB),
- La couleur de la lumière artificielle doit être adaptée au niveau d'éclairage souhaité comme le présente le diagramme de **Kruithof** illustrée par la Figure 11.

Sachant que l'éclairage souhaité dans un bureau est de 500 Lux, et de 300 Lux dans les

commerces selon la EN 12464 [23].

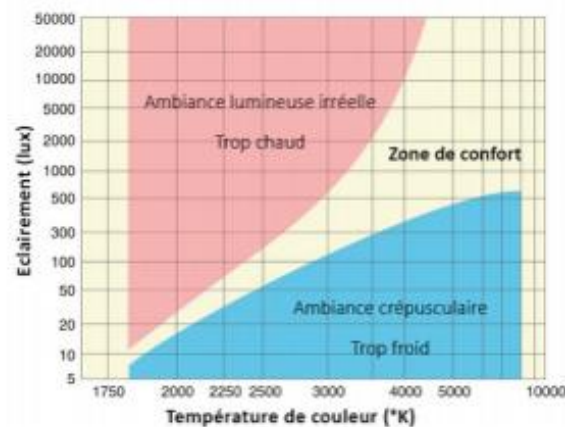


Figure 11 : Diagramme de Kruithof[23]

II.1.4.4. Confort acoustique

Le confort acoustique peut être défini comme la sensation d'aise ou de gêne procurée par l'environnement sonore d'un individu ou d'un groupe d'individus, dont les éléments sont : l'intensité des sons, la nature et le contexte (notion d'acceptabilité sociale des bruits) ainsi que la propagation et le temps de réverbération. Le dernier, noté T_r et exprimé en seconde se définit comme le temps nécessaire à un bruit pour décroître de 60 dB, il est lié aux caractéristiques de géométrie et d'absorption des locaux.

Le confort acoustique lié aux caractéristiques intrinsèques d'un local dépend donc : de la typologie ou l'usage- du local, de son volume et des matériaux des parois.

En remplacement de la NRA, la réglementation européenne NF S 31-080 définit des valeurs minimales d'isolement acoustique des bruits intérieurs et extérieur ($D_{nT,A}$ $D_{nT,A,tr}$) des locaux réceptifs que nous utiliserons dans notre analyse [24].

II.2. PRESENTATION DE LA DEMARCHE HAUTE QUALITE ENVIRONNEMENTALE (HQE™)

II.2.1. Historique et définition

La HQE™ est avant tout une démarche volontaire de management de projet visant à limiter les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement tout en gratifiant à l'ouvrage qui l'applique des qualités d'architectures, de fonctionnalités, d'usages, de performances techniques ainsi que des conditions de vie saines et confortables. Elle a été

dans un premier temps initié en 1993 sous l'égide du PUCA à la faveur des travaux de l'ATEQUE et d'une douzaine de réalisations expérimentales dans le domaine de l'habitat social en France. Par la suite, en Novembre 2001, la première version des référentiels qui fondent la démarche HQE™ que sont le DEQE et le SME a été rendu publique par un groupe de travail de l'Association de ladite démarche crée cinq (5) ans plus tôt (en 1996) par l'ADEME, le PUCA, le Ministère de l'Environnement, le CSTB, la FFB et l'AIMCC [2].

En effet, formalisant un cadre de référence bien défini, basé sur 14 cibles ; le DEQE donne une définition aussi rigoureuse que possible de ce qu'est dans la pratique la qualité dans un bâtiment. La SME quant à elle se définit comme l'ensemble de l'organisation, des procédures et des pratiques spécifiques à une opération de construction ou d'adaptation du bâtiment élaboré et géré par le maître d'ouvrage pour définir, mettre en œuvre vérifier l'exigentiel ainsi que l'état final de l'opération du point de vue de l'environnement [3].

II.2.2. Cadre de référence

La DEQE se décline en 14 cibles regroupées dans quatre (4) familles et deux (2) domaines présentés comme suit [3] :

- ❖ Domaine D1 : Les cibles de maîtrise des impacts sur l'environnement extérieur
 - Famille 1 : Les cibles d'écoconstruction

Cette famille regroupe les trois (3) premières cibles relatives à la maîtrise des impacts du projet sur son environnement extérieur à savoir :

 - ✓ Cible n° 01 "Relation harmonieuse des bâtiments avec leur environnement immédiat"
 - ✓ Cible n° 02 "Choix intégré des procédés et produits de construction"
 - ✓ Cible n° 03 "Chantier à faible nuisance"
 - Famille 2 : Les cibles d'éco-gestion

Cette famille regroupe quatre (4) cibles qui traitent de :

 - ✓ Cible n° 04 "Gestion de l'énergie"
 - ✓ Cible n° 05 "Gestion de l'eau"
 - ✓ Cible n° 06 "Gestion des déchets d'activités"
 - ✓ Cible n° 07 "Entretien et maintenance"
- ❖ Domaine D2 : Les cibles de la création d'un environnement intérieur satisfaisant
 - Famille 3 : Les cibles de confort

Cette famille décline quatre (4) cibles relatives au confort intérieur du bâtiment à savoir :

- ✓ Cible n° 08 "Confort hygrothermique"
- ✓ Cible n° 09 "Confort acoustique"
- ✓ Cible n° 10 "Confort visuel"
- ✓ Cible n° 11 "Confort olfactif"

➤ Famille 4 : Les cibles de santé

Cette famille composée de trois (3) cibles, table sur la santé des occupants du bâtiment en veillant à la qualité sanitaire des espaces et aux risques liés à la pollution par les équipements, ce sont :

- ✓ Cible n° 12 "Conditions sanitaires"
- ✓ Cible n° 13 "Qualité de l'air"
- ✓ Cible n° 14 "Qualité de l'eau"

II.2.3. Certification

L'offre de la certification de la démarche HQE™ répond essentiellement au besoin d'une reconnaissance du travail accompli par les acteurs d'une opération conduite selon ladite démarche et de la réalité des qualités environnementales obtenues. Tout comme son engagement dans la démarche, le recours à la certification reste un acte volontaire de la part du maître d'ouvrage du projet concerné.

Le Tableau 3 présente une liste des différents certificateurs en France selon la destination du bâtiment.

Pour ce qui est de la certification hors-Europe, les organismes CERQUAL et CERTIVEA se sont associées pour créer en 2013 CERWAY, la filiale qui porte l'offre globale de certification HQE™ à l'international [5].

Tableau 3: Les certificateurs de France de la démarche HQE™ [4]

	Bâtiments tertiaires	Habitat collectif ou individuel groupé	Maisons individuelles
Marque de certification (Déclinaison selon le type d'ouvrage)	NF Bâtiments Tertiaires associée à Démarche HQE™ et/ou BBC Effinergie	NF Logement - Démarche HQE™ Habitat et Environnement	NF Maison individuelle - Démarche HQE™ Maison Rénovée - Démarche HQE™
Certificateurs			

II.3. PRESENTATION DE L'AGENCE MAROCAINE POUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE (AMEE)

II.3.1. Historique et définition

L'AMEE est une institution publique stratégique créée en 2016 en remplacement de l'ADEREE, dont la mission consiste à contribuer à la mise en œuvre de la politique énergétique nationale du Maroc, visant la réduction de la dépendance énergétique et la préservation de l'environnement à travers la démocratisation et la promotion de l'efficacité énergétique.

La vision de l'AMEE est de devenir une agence incontournable en matière d'efficacité énergétique, un pôle d'excellence et un carrefour entre les acteurs institutionnels, la société civile, le secteur privé et la coopération nationale et internationale [40].

II.3.2. Cadre de référence

Le cadre réglementaire régissant le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique est basé principalement sur le CEEB qui envisage :

- L'élaboration et adoption de la Réglementation Thermique de Construction via un processus itératif basé sur une large concertation avec l'ensemble des acteurs du secteur de la construction
- Le renforcement et la pérennisation des cadres institutionnel et réglementaire régissant le secteur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables dans le bâtiment.
- L'optimisation de la consommation d'énergie dans les secteurs cibles, grâce à l'application d'une réglementation thermique marocaine.

- Réalisation de « BINAYATE » by ADEREE, le premier logiciel de diagnostic de performance énergétique et de contrôle de la conformité à la Réglementation Thermique dans le Bâtiment au Maroc.
- La promotion d'un dialogue politique entre organismes gouvernementaux, industriels et promoteurs immobiliers, sur l'initiative nationale d'efficacité énergétique dans le bâtiment.

II.4. CONCLUSION PARTIELLE

Dans cette partie de notre document, nous avons après avoir établi une étude bibliographique essentielle à la compréhension du document, présenté de façon détaillé la démarche HQE™ et l'AMEE. Nous entamerons par la suite le chapitre 3 qui présente l'analyse à proprement dite de la conception de la Tour Entente en vue de la certification HQE™

CHAPITRE III. ANALYSE DE LA CONCEPTION DE LA TOUR ENTENTE

Ce chapitre est exclusivement consacré à l'analyse de la conception de la Tour Entente en vue de la certification HQE™

III.1. APPROCHE DE LA CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

III.1.1. Bases de la conception d'ensemble

III.1.1.1. Localisation et description de l'environnement du projet

a. Localisation du projet

Le projet de la tour « Entente » est situé dans la ville d'Abidjan (érigée en DAA) au sud de la Côte d'Ivoire comme le présente la Figure 12, plus précisément dans la commune du plateau.

Ville cosmopolite de l'Afrique subsaharienne ayant pour coordonnées 5° 20' 11" Nord et 4° 01' 36" Ouest, Abidjan est la capitale économique de la Côte d'Ivoire et compte plus de cinq millions d'habitants pour une superficie de 2119 km², soit 0.6% du territoire national. Sa population est répartie sur les treize (13) communes qui la composent à savoir : **Abobo, Adjamé, Ayama, Attécoubé, Bingerville, Cocody, Koumassi, Marcory, Plateau, Port-Bouët, Treichville, Songon et Yopougon**. Véritable poumon économique, Abidjan abrite également l'essentiel des entreprises de tous les secteurs d'activité et regroupe sur son périmètre, l'ensemble des institutions de la République. En attendant le transfert effectif de la capitale administrative et politique à **Yamoussoukro** la ville d'Abidjan a été érigée en district par la loi n°2001-478 du 09 août 2001. Conformément à cette loi, le DAA est devenu une collectivité décentralisée de type particulière, dotée d'une personnalité morale et d'une autonomie financière, il demeure, cependant, sous tutelle de l'Etat [25].



Figure 12 : Localisation du DAA[26]

Le Plateau quant à elle, est une commune située au Nord du DAA avec une population de 7 488 habitants selon le RGPH 2014, elle est limitée au Sud, à l'Est et à l'Ouest par la lagune **Ebrié** et au Nord par la Commune d'Adjamé et est la moins étendue et la moins peuplée des treize (13) Communes du DAA comme le présente la Figure 13. En effet, elle s'étend sur 2,5 km de longueur et sur 1 km de largeur et a pour coordonnées géographiques 5°18' 12" Nord et 4°00' 33" Ouest. Elle rassemble les activités financières et commerciales du DAA et abrite de nombreuses tours de bureaux des ministères ainsi que des immeubles de prestige surplombant la lagune **Ebrié**. Elle abrite également la quasi-totalité des sièges d'institutions politiques, bancaires internationales et des ambassades, elle est le centre des affaires d'Abidjan [25].

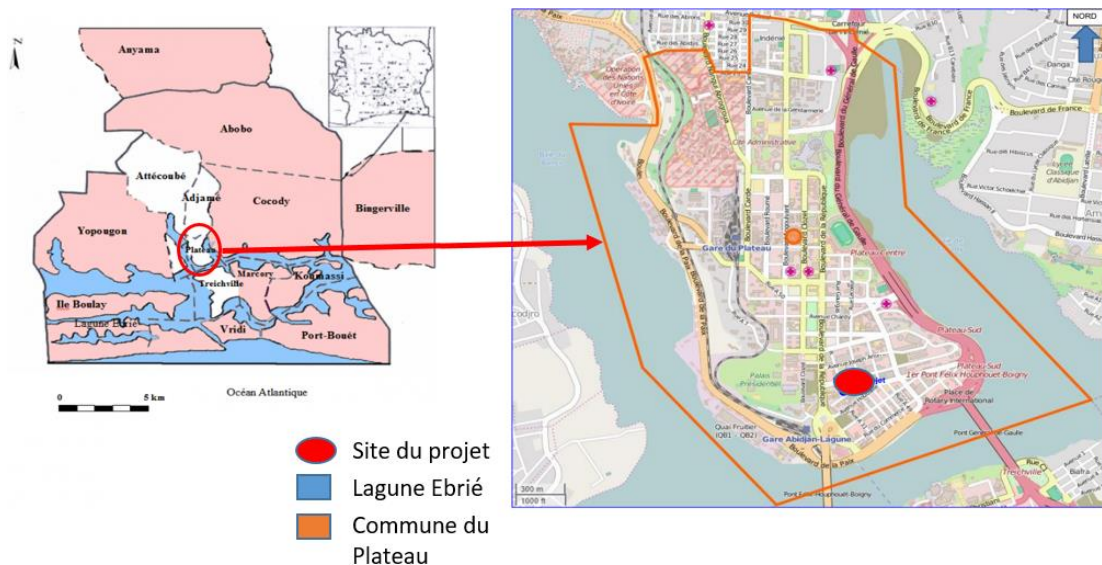


Figure 13 : Localisation de la commune du Plateau [25]

De façon plus précise, le site du projet est situé au croisement de l'avenue **Crosson Duplessis** et de la **rue Verdier**, comme l'illustre la Figure 14. En effet, il est limité :

- Au Nord par le bâtiment de la protection sociale (correspondant au chiffre 5 sur ladite figure),
- Au Sud par la rue Verdier et l'immeuble Verdier (correspondant respectivement aux chiffres 2 et 4 sur ladite figure)
- À l'Est par l'avenue Crosson Duplessis (correspondant au chiffre 1 sur ladite figure),
- À l'Ouest par l'agence CI-TELECOM/ORANGE CI (correspondant au chiffre 3 sur ladite figure).

Les coordonnées géographiques du site du projet sont également présentées dans le Tableau 4.



Figure 14 : Vue aérienne du site du projet[25]

Tableau 4 : Coordonnées géographiques du site du projet[25]

	Latitude	Longitude
P1	5°19'7,36"N	4°01'5,83"O
P2	5°19'6,62"N	4°01'4,71"O
P3	5°19'5,38"N	4°01'6,27"O
P4	5°19'6,38"N	4°01'7,05"O

b. Description de l'environnement du projet

o Milieu physique

✓ Climat

De par sa position géographique en bordure du Golfe de Guinée, la Côte d'Ivoire présente un régime climatologique non uniforme, qui va du climat équatorial (au sud) au climat tropical pré-désertique (au nord).

Principalement la ville d'Abidjan s'inscrit dans la **zone I**, comme l'illustre la Figure 15, zone qui correspond au climat **Attiéen** (régime équatorial de transition). Au même titre que la ville d'Abidjan, toute la commune du Plateau est soumise à ce climat, caractérisé par quatre (4) saisons à savoir :

- o Une grande saison de pluie (avril à mi-juillet),
- o Une petite saison sèche (mi-juillet à mi-septembre),
- o Une petite saison des pluies (mi-septembre à novembre),
- o Une grande saison sèche (décembre à mars).

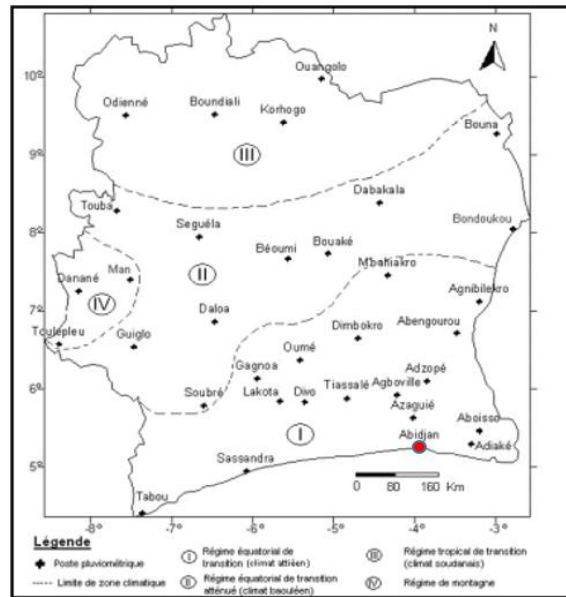


Figure 15 : Zones climatiques de la Côte d'Ivoire[27]

Ce climat présente des températures maximales mensuelles allant de 28°C à 32°C(ASHRAE), un niveau de précipitation de l'ordre de 1500 à 2400mm/an ainsi qu'une forte hygrométrie de l'ordre de 80 à 90 % sur l'année, qu'on explicitera plus en détail par la suite [27].

➤ Analyse de la pluviométrie

La pluviométrie annuelle observée par la SODEXAM pour la station d'Abidjan (sur la période de 2012-2014) présente une variation des pluies minimales (P.min) et maximales (P.max) dont le pic majeur est observé au mois de juin comme l'illustre la Figure 16.

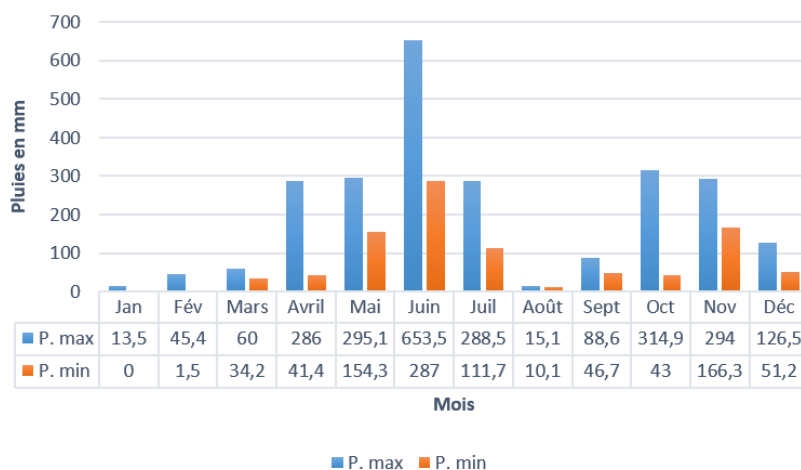


Figure 16 : Variation des pluies minimales et maximale à Abidjan[25]

➤ Analyse des températures

Les variations des températures T° maximales, moyennes et minimales mensuelles issues des

observations de la SODEXAM (station d'Abidjan 2012-2014) mettent en évidence les caractéristiques des saisons sèches et pluvieuses évoquées précédemment avec le pic observé dans la grande saison sèche (de décembre à mars) et la minimale dans la grande saison pluvieuse (d'avril à août), comme l'illustre la Figure 17.

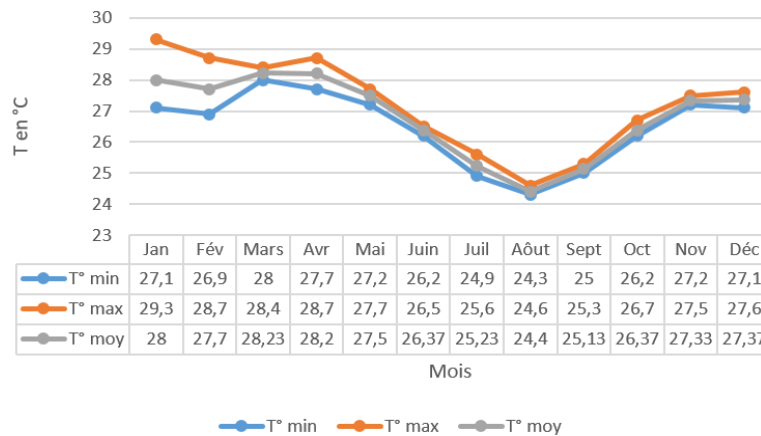


Figure 17 : Variations des températures maximales, moyennes et minimales mensuelles à Abidjan[25]

➤ Analyse de l'hygrométrie

L'analyse de l'humidité relative a concerné les années 2013 et 2014(SODEXAM) et nous laisse observer sur la Figure 18 que les périodes de forte hygrométrie correspondent à la saison pluvieuse (Mai à Novembre).

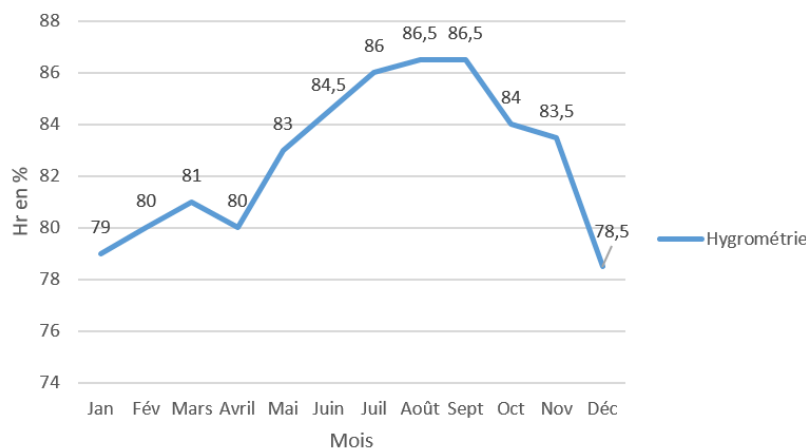


Figure 18 : Variations mensuelles de l'hygrométrie à Abidjan[25]

➤ Ensoleillement

Selon la base de données solaire en ligne GLOBAL SOLAR ATLAS de l'année 2019, nous avons les différentes valeurs journalières par m² du direct de la ville Abidjan avec des minimales

observées en saison des pluies ($1,6\text{kWh/m}^2$ pour le mois d'août), comme l'illustre la Figure 19. Notons que pour l'année 2019 en question selon ladite figure, la saison sèche a été un peu plus longue (d'environ 2 mois de plus) avec un début en octobre au lieu de décembre.

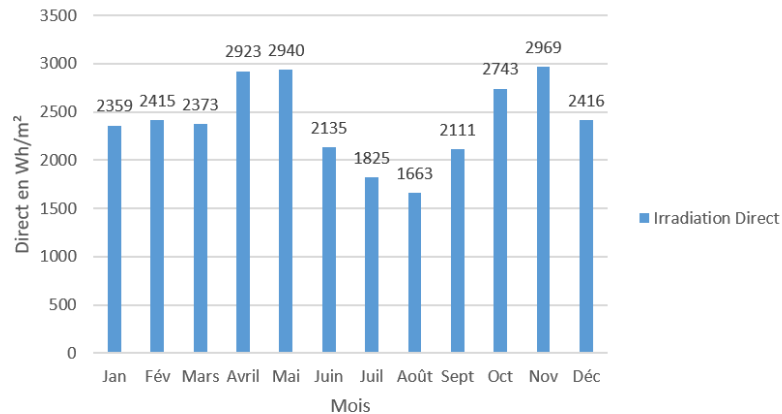


Figure 19 : Variations mensuelles de l'irradiation solaire (direct) [28]

➤ Rose des vents

La rose des vents de la ville d'Abidjan relevée par la station météo de l'aéroport de ladite ville entre le mois de juillet 2010 et celui de septembre 2020 présente une direction de vent **SW**(sud-ouest) vers **NE**(Nord-est) comme l'illustre la Figure 20, avec une vitesse moyenne de 8 nœuds (kts) équivalant à $14,82\text{ km/h}$.



Figure 20 : Vitesse et direction du vent à Abidjan[29]

➤ Hydrogéologie

L'agglomération d'Abidjan appartient au bassin sédimentaire côtier constitué d'argiles sableuses, de sables et de grès, de conglomérats, de sables glauconieux (contenant des silicates hydratés de potassium et de fer) et de marnes. Sur ce bassin, les réservoirs ayant un rôle

important sur le plan hydrogéologique sont au nombre de trois (3) parmi lesquels la commune du plateau appartient à l'aquifère du Continental Terminal (aquifère du Tertiaire) qui contient la nappe, la mieux indiquée pour l'alimentation en eau de consommation de l'agglomération d'Abidjan. On l'appelle communément « Nappe d'Abidjan » ou « Nappe du Continental Terminal » [25].

- Milieux biologiques et socio-économique

- Milieu biologique

Dans le DAA, en dehors de la forêt du Banco (étalée sur plus de 3000 Ha), on ne trouve plus de forêt du fait d'une urbanisation galopante. La végétation est composée de quelques arbres dits « tout venant » (manguiers, cocotiers, bananiers) et de hautes herbes dans les espaces non mis en valeur. Principalement la commune du plateau (plus précisément le site du projet), du fait de son statut de centre des affaires, ne présente aucune flore majeure [25].

- ✓ Milieu socio-économique

Le DAA dispose d'importantes infrastructures et équipements économiques et sociaux de base à l'instar du réseau routier bitumé à 49% (100% pour la commune du Plateau) et du système d'assainissement des eaux usées relativement développé, comprenant un collecteur de base Nord-sud de 30 km, et environ 1 000 km de collecteurs secondaires [25].

III.1.1.2. Forme et compacité du bâtiment

a. Forme

La conception de la Tour Entente s'inspire d'emblée des valeurs constitutives de l'institution (le Conseil de l'Entente) à savoir les idées de paix, de sécurité, ainsi que de stabilité dans un esprit de fraternité et de solidarité. Ces valeurs ont en effet engendré une forme circulaire simple et essentielle en plan, comme symbole de la réunion et du dialogue, et une allure en élévation dictée par le symbole de deux mains unies, signe universel de paix d'accord et de respect comme l'illustre la Figure 21(a).

Par ailleurs, sachant que le choix de la forme d'un bâtiment aura un impact important sur sa future consommation énergétique ainsi que son exposition aux éléments climatiques. Notre projet est quant à lui composé dans sa partie inférieure (excepté les sous-sols) d'un centre commercial de 7m de hauteur (galerie + mezzanine) de forme polygonale, et dans sa partie supérieure d'un ensemble de niveaux de bureaux et d'étages techniques ainsi que d'un restaurant totalisant 22 planchers, de forme assimilée à une superposition d'un cône sur un

cylindre pour un total de 98 m hauteur comme le présente en perspective la Figure 21(b).

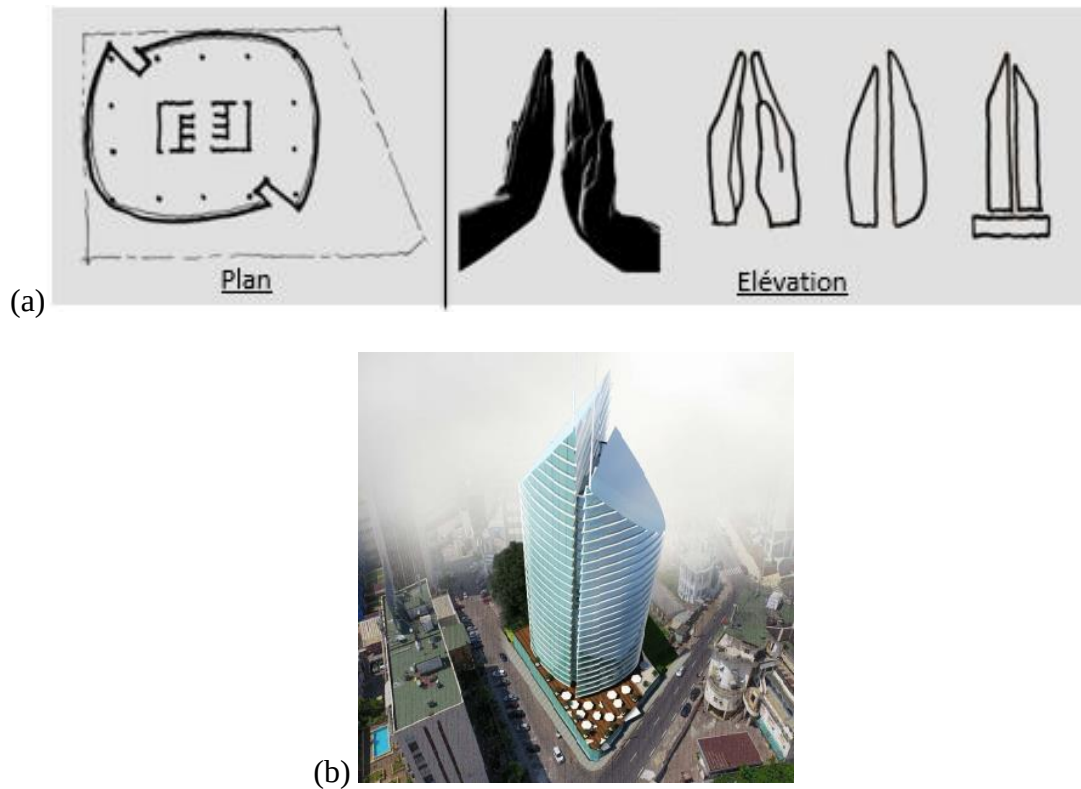


Figure 21 : (a) Bases de conception architecturale de la Tour Entente ; (b) Vue en perspective de la Tour Entente

b. Compacité

La compacité d'un bâtiment ou le coefficient de forme noté **Cf** exprimée en m^{-1} , est défini comme le rapport entre la surface de l'enveloppe extérieure et le volume habitable, il indique le degré d'exposition du bâtiment aux conditions climatiques ambiantes [16].

Une forme compacte est donc souhaitable pour réduire le coût du confort thermique (chauffage et/ou climatisation) des bâtiments. Pour ce qui est de notre projet, nous avons dans le Tableau 5 (également en annexe 1 de façon mieux détaillée) les différentes valeurs de compacité du centre commercial et de la partie supérieure de notre bâtiment :

Tableau 5 : Valeurs de compacité Cf de la Tour

	Surface enveloppe	Volume habitable	Cf (m^{-1})
Centre commercial	1295	9721	0,13
Partie supérieure de la Tour	11750	63363	0,19

On constate que la partie supérieure de la tour admet un coefficient de forme de **0,19** légèrement plus élevée (pas à la proportion de sa taille comparée à la partie inférieure) que celle de sa partie inférieure qui est de **0,13** ; on en déduit donc que ladite partie supérieure est plus économe en énergie que le centre commercial.

III.1.1.3. Orientation et protections solaires du bâtiment

a. Orientation

Le choix d'une orientation est soumis selon Baruch Givoni à de nombreuses considérations, telles que la vue dans différentes directions, la position du bâtiment par rapport aux voies, la topographie du site, la position des sources de nuisances, le rayonnement solaire et ses effets d'échauffement, ainsi que la ventilation en rapport avec la direction des vents dominants [16] Pour ce qui est de notre projet, le choix de l'orientation a été dicté par les projections des positions d'accès au bâtiment à savoir d'une part celle du parking et du centre commercial qui ont été fixées au niveau de la rue Verdier vue qu'elle est moins convoitée et secondaire à l'avenue Crosson Duplessis comme l'illustre la Figure 22.

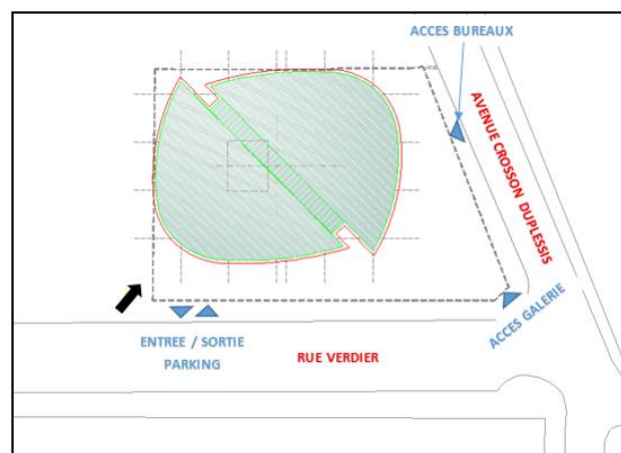


Figure 22 : Orientation de la Tour Entente

Par ailleurs, l'accès des bureaux a été fixé sur la dite avenue de sorte à marquer la distinction d'usage entre le centre commercial et les bureaux permettant ainsi de mieux maîtriser les flux d'entrée et de sortie.

Cette orientation bien que facilitant l'accès au bâtiment ne favorise pas la réduction d'exposition des grandes façades (cas du centre commercial) à l'ensoleillement.

b. Protections solaires

Ayant pour objectifs la limitation des surchauffes, de l'éblouissement ainsi que la gestion de l'éclairage naturel dans les pièces du bâtiment concerné, les protections solaires jouent un rôle

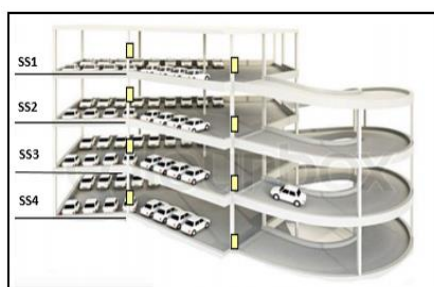
important dans la performance thermique et énergétique des bâtiments. Pour ce qui est de notre projet, nous avons en partie inférieure 72 ml de vitrage (soit 40% du linéaire total des parois du centre commercial), et en partie supérieure une enveloppe entièrement vitrée. Il s'agit en effet d'un double vitrage feuilleté COOL LITE avec d'une part, une protection solaire g (proportion du flux énergétique transmise par le vitrage) modérée de 0.37 intégrant des stores (en façade), de manière à protéger le bâtiment du soleil ainsi que des regards extérieurs, et d'autre part des cellules photovoltaïques (en toiture) de sorte à permettre une production électrique renouvelable non négligeable sans altérer l'architecture de la tour. On note également, qu'en plus d'une terrasse plantée faisant office de restaurant, les abords de la tour seront traités de façon soignée, par plantation d'arbustes, haies vives et engazonnement selon prescriptions du paysagiste.

III.1.2. Bases de la conception de detail

III.1.2.1. Organisation intérieure de la Tour

a. Sous-sols (SS)

Conçu pour le stationnement des véhicules avec une hauteur sous plancher en béton armé de 3m et une capacité totale de 380 places comme l'illustre la Figure 23(a) dont l'accès est régi par une barrière automatisée, commandée à distance par des agents de sécurité depuis le local de contrôle (situé au RDC Bas). L'ensemble des sous-sols SS1, SS2, SS3 et SS4 regorge également (comme le reste des niveaux de la tour) pour la desserte, des cages d'escalier/ascenseurs avec SAS, ainsi que des locaux techniques dédiés aux gaines et câbles (pour fluides et courant). On note aussi, au dernier niveau endogène (SS5), la présence des différentes bâches à eau de la tour, dédiées aux sanitaires, à l'alimentation et au SSI (sprinkler, RIA).



(a)



(b)



(c)

Figure 23 : (a)Aperçu des sous-sols faisant office de parking ; (b)Vue intérieure du centre commercial ; (c) Vue d'intérieur d'un bureau

b. Centre commercial

Etabli sur deux(2) niveaux (galerie et mezzanine) comme l'illustre la Figure 23(b), avec une hauteur sous plancher de 3.25 m, le centre commercial regorge une dizaine de concession de commerce, séparées entre elles par des cloisons modulables vitrées (simple vitrage), d'un ascenseur panoramique, d'une cuisine, d'un PCSI, d'un local de vidéo surveillance, d'un hall faisant office de Lobby bureau(où est géré le flux d'entrée et sortie de de la partie supérieure de la Tour), des sanitaires distincts (pour hommes et pour femmes) pour personnes valides et pour personnes à mobilité réduite (PMR) ainsi que des vestiaires.

c. Partie supérieure de la Tour

Elle admet d'emblée un restaurant au niveau R+1 avec toutes ses commodités (sanitaires, cuisines etc...) avec une vue sur le lobby bureau de la mezzanine du centre commercial, ainsi qu'une terrasse et un rez-de jardin à l'extérieur, et ensuite aux niveaux supérieurs, des bureaux spacieux, comme l'illustre la Figure 23(c). Elle regorge également des étages techniques abritant en plus de quelques bureaux, des locaux techniques avec des équipements dont le rôle est d'assurer et de maintenir le confort dans le bâtiment. Notons également que la hauteur sous plafond dans cette partie de la tour varie entre 3.25 m (pour le restaurant et les bureaux) et 3.75m pour les étages techniques.

III.1.2.2. Matériaux de construction et leurs performances thermo-acoustiques

Tableau 6 : Matériaux de construction de la tour et leurs performances thermo-acoustiques

Matériaux	Densité ρ (kg/m ³)	Poids surfacique (kg/m ²)	Conductivité thermique λ (W/m.K)	Indice Affaiblissement acoustique Rw (dB)
Bardage extérieur Type "Alucobond"	-	7,6	0,44	25
Béton armé (BA)	2500	-	2,5	55*
Bloc de béton creux (BBC)	1400	-	1,15	46*
Cloison modulable type "Placostil 98/62"	-	30	0,038	37
Enduit ciment	1400	-	1	-
Enduit Plâtre	1000	-	0,18	30

Tableau 7: Matériaux de construction de la tour et leurs performances thermo-acoustiques
(Suite)

Matériaux	Densité ρ (kg/m ³)	Poids surfaccique (kg/m ²)	Conductivité thermique λ (W/m.K)	Indice Affaiblissement acoustique Rw (dB)
Double vitrage feuilleté type "COOL LITE"	-	25	0,036	34
Cloison simple vitrage	-	20	1,4	30
Porte palière blindée type bois	600	-	0,09	41
Porte feuillus bois léger	500	-	0,15	25
Peinture acrylique "Satin"	0,0012	-	-	-
Plancher unidirectionnel type entrevous 24+8	1400	-	0,22	50
Faux plafond suspendu en plaque de plâtre	825	-	0,25	30
Revêtement sol intérieur type "Grès cérane"	2300	-	1,3	-
Revêtement sol extérieur type "Due HNT 205"	2300	-	1,3	-
Plinthes médium	30	-	-	-

Les matériaux de construction projetés de la tour sont consignés dans les Tableau 6 et Tableau 7 avec leurs performances thermo-acoustiques :

Notons que les valeurs de Rw associée à * ne sont valables que pour des épaisseurs de 15 cm des matériaux concernés.

III.1.3. Stratégies d'amélioration du confort

III.1.3.1. Systèmes de ventilation et de conditionnement d'air

a. Ventilation et désenfumage

- Au niveau des sous-sols (SS) et du 1^{er} niveau de parking (RDC Bas parking)

Le système de ventilation de cette partie de la tour a été couplé à son système de désenfumage dont le but est d'extraire en début d'incendie, une partie des fumées et des gaz de combustion afin de maintenir praticable la zone concernée. En effet, établi au regard des dispositions réglementaires nationales en la matière, et de la norme EN 12101, ce système se présente comme suit :

✓ Ventilation mécanique

Amenée d'air :

- 02 ventilateurs de débit 31 000 m³/h chacun pour les SS 5 et 4
- 02 ventilateurs de débit 47 000 m³/h chacun pour les SS 1, 2 et 3

Extraction d'air

- 02 ventilateur de débit 41 400 m³/h chacun pour les SS 5 et 4
- 02 ventilateurs de débit 62 700 m³/h chacun pour les SS 1, 2 et 3
- 01 ventilateur de débit 40 000 m³/h pour le parking RDC bas

✓ Ventilation naturel

Amenée d'air naturelle au parking RDC bas par l'entrée ainsi qu'une grille de 1×3m.

Les ventilateurs sus-évoqués sont à double vitesses avec une tenue au feu de deux (02) heures pour des fumées de 400°C (mode normal et mode incendie régit par le PCSI), et se situent distinctement en bloc au niveau de la terrasse du R+1 (l'extraction du côté de l'avenue Crosson Duplessis et l'amenée du côté de la mitoyenneté d'avec le voisin ORANGE-CI) comme l'illustre l'annexe 2.

- Au niveau du centre commercial et des niveaux supérieurs

Toujours au regard des dispositions réglementaires nationales, des normes ASHRAE, NF-C-15100 et du DTU, le système de ventilation de cette partie de la tour, assimilée à une VMC se décline comme suit :

✓ Ventilation de type double flux (voir Annexe 3)

Régulé par une CTA avec des grilles en façade (amenées et rejet) ce dispositif est situé à l'étage technique 11 pour les bureaux locataires comme le présente l'Annexe 4, et à la terrasse technique pour les bureaux du Conseil, avec hypothèse d'un apport d'air neuf de 25 m³/h/personne (avec comme densité d'occupation de 1pers/10m²).

✓ Ventilation de type simple flux

Régulé par un caisson à pression constante en plénum, avec des grilles anti-volatiles situées en terrasse R+1 pour l'air neuf et l'extraction (réseaux distincts), ce type de ventilation concerne le centre commercial comme l'illustre l'Annexe 2. On note également pour les blocs sanitaires (excepté ceux du restaurant et du centre commercial) une extraction mécanique d'air, régulé par également des caissons situés en terrasse technique.

✓ On a enfin des grilles de rejet et d'amenée en façade pour le restaurant situé au R+1, illustrées par l'Annexe 2.

○ Le désenfumage de la tour

Toujours selon, et les dispositions réglementaires nationales en la matière, et de la norme EN 12101, il se présente comme suit :

✓ Noyau central (Escalier + SAS + zone de Circulation Horizontale Commune CHC)

Le système choisit dans cette partie de la tour, illustré par l'Annexe 5, est la mise en surpression de la cage d'escalier (solution B) caractérisé par le soufflage de ladite cage et du SAS favorisant une extraction d'air de la zone CHC comme le présente la Figure 24. Il est régulé par quatre (4) ventilateurs à vitesse double de 400°C à 2h de type Tourelle, situés au niveau de la terrasse technique (2 en soufflage et 2 en extraction) comme l'illustre l'Annexe 6 et est régit par le PCSI :

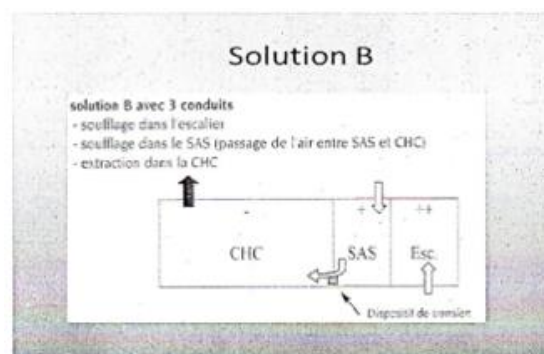


Figure 24 : Système de désenfumage Solution B[30]

✓ Hall (lobby bureaux) du centre commercial

Cette partie du bâtiment admet un système régulé par deux (2) ventilateurs à vitesse double de 400° à 2h, dont un en plénum (de type caisson) pour l'air neuf (fournit par une grille de la terrasse du R+1), et l'autre en façade (coté Avenue Crosson Duplessis) pour l'extraction comme

le présente l'annexe 7.

Par ailleurs, en plus des systèmes sus-évoqués, le bâtiment dispose d'un système de désenfumage de secours défini conformément aux dispositions suivantes :

- ✓ Chaque niveau comporte au moins quatre (4) ouvrants judicieusement repartis qui ne peuvent donc se retrouver tous sur la même façade
- ✓ La commande d'ouverture des ouvrants est facilement accessible aux services publics de secours et de lutte contre l'incendie(GSPM)

Notons enfin que le réseau aéraulique est équipé de clapets coupe-feu, régit par le PCSI, assurant en cas d'incendie, la circonscription du feu en limitant sa propagation.

b. Le conditionnement d'air

Au regard des DTU, des normes et réglementations en vigueur il prévoit :

- Un refroidissement par DRV

Avec l'unité extérieure placée en terrasse technique, et l'unité intérieure plafonnière de type gainable, ce système ne concerne que les niveaux de bureaux du Conseil comme l'illustre l'annexe 8.

- La climatisation par système de PAC sur boucle d'eau :

Raccordé à trois (3) tours de refroidissement situées en terrasse technique comme l'illustre l'annexe 9, ce système est propice à la ville d'Abidjan eu égard à sa forte hygrométrie, et assure également une possibilité de facturation de la consommation de refroidissement par niveau, pour l'ensemble du centre commercial et des bureaux locataires.

Notons que la température de consigne de ces différents systèmes sus-évoqués est de 24°C et que l'émission du froid est assurée par des diffuseurs plafonniers de type gainable comme l'illustre l'annexe 10.

III.1.3.2. Eclairage

L'éclairage de notre bâtiment est assuré par des luminaires dalles LED encastrés (blancs froids) en faux plafonds à basse luminance dont la commande est faite par détection de présence. Notons également, que les luminaires de l'ensemble des bureaux sont adaptés au travail sur écran, et que ceux des zones de circulation de la tour présentent un aspect décoratif.

III.2. DIAGNOSTIC DES PERFORMANCES ENERGETIQUES ET EVALUATION DU CONFORT DU BATIMENT

III.2.1. Diagnostic des performances energetiques selon la NF 15217

Défini comme une démarche réglementaire utilisée pour caractériser énergétiquement les performances d'un bâtiment (neuf ou en rénovation), la NF 15217 présente un ensemble assez complet de procédures de base à savoir :

- Les indicateurs permettant d'exprimer la performance énergétique à l'instar des consommations en chauffage/refroidissement, ventilation, ECS, éclairage et les auxiliaires,
- Des méthodes pour exprimer les exigences pour le neuf ou pour l'existant,
- Les moyens de définir des valeurs de référence.

III.2.1.1. Charges de refroidissement

Eu égard au climat, les charges de refroidissement représentent la principale charge énergétique des bâtiments en Côte d'Ivoire, nous évaluerons celle de notre bâtiment de la façon suivante :

- Comparaison des résultats issus des calculs numériques (avec le logiciel CYPECAD MEP) et manuels pour le cas d'un niveau de bureau (bureau type), permettant ainsi l'approbation de l'outil,
- La modélisation et l'exploitation des résultats de la tour entière issus du dit outil (avec la non-répétition des planchers similaires).

a. Cas du bureau Type

- 1ère variante : calcul manuel
 - ✓ Les charges externes
 - Apports de chaleur par transmission Q_{tr} à travers les parois extérieures

$$Q_{tr}(W) = U.S.\Delta T, \text{ avec}$$

U : Coefficient de transmission thermique de la paroi considérée en $W/m^2. ^\circ C$

S : Surface de la paroi en m^2

ΔT : Différence de température entre l'extérieur et l'intérieur en $^\circ C$

- Apport de chaleur par rayonnement solaire Q_{rs}

$$Q_{rs}(W) = a \cdot g \cdot S \cdot I, \text{ avec}$$

a : Coefficient d'absorption de la paroi vitrée

g : Facteur de réduction, fonction du mode de protection du vitrage

S : Surface de la paroi en m^2

I : Intensité de rayonnement solaire en W/m^2

- Apport de chaleur par renouvellement d'air et par infiltration

Gains sensibles par renouvellement d'air $Q_{sra} : Q_{sra}(W) = 0,33 \cdot q_v \cdot (T_e - T_i)$

Gains latents par renouvellement d'air $Q_{lra} : Q_{lra}(W) = 0,84 \cdot q_v \cdot (w_e - w_i)$, avec

q_v : Débit d'air extérieur de renouvellement en m^3/h

T_e/T_i : Température extérieure/intérieure en $^{\circ}C$

w_e/w_i : Teneur en eau de l'air extérieure/ intérieure, en g eau /kg d'air sec

0,33 : Capacité thermique volumique de l'air en $Wh/m^3 \cdot ^{\circ}C$

0,84 : Volume spécifique de l'air humide m^3/kg d'air sec

On suppose enfin **négligeable** les apports par infiltration d'air.

- ✓ Les charges internes

- Apports de chaleur par les occupants (métabolisme)

Gains sensibles des occupants $Q_{soc} : Q_{soc}(W) = n \cdot C_{soc}$

Gains latents des occupants $Q_{loc} : Q_{loc}(W) = n \cdot C_{loc}$, avec

n : Nombre d'occupants

C_{soc} : Chaleur sensible par occupants en W

C_{loc} : Chaleur latente par occupants en W

- Apport de chaleur par éclairage Q_{elec}

$Q_{elec}(W) = P_{led}$, avec P_{led} la puissance d'ampoule LED

- Apport de chaleur pour les machines et appareillages

$Q_{app}(W) = P_{app}$, avec P_{app} la puissance des appareils et machines.

- ✓ Les paramètres de calcul

- Géométrie et matériaux

Le plan du bureau type avec ses modes constructifs est présenté par la Figure 25:

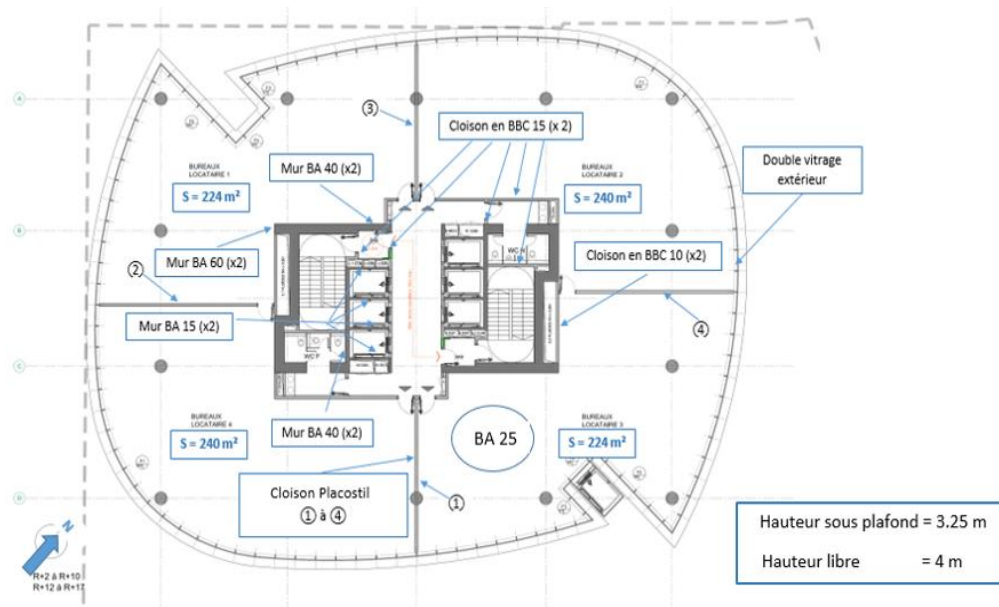


Figure 25 : Plan du Bureau Type et de ses ouvrages élémentaires

La composition des ouvrages élémentaires ainsi que leurs performances thermiques à savoir λ , R_{th} , U et $(R_{si} + R_{se})$ qui sont respectivement la conductivité thermique du matériau, la résistance thermique et le coefficient de transmission thermique de la paroi, ainsi que la résistance thermique d'échange aux surfaces (qui tient compte du sens du flux thermique), sont présentées par l'annexe 23.

➤ Données climatiques de base

Les données climatiques de base de la ville d'Abidjan issues des travaux de recherches de l'IEPF, organe subsidiaire de l'AIF, visant le développement du secteur de l'énergie dans les pays membres sont consignées dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Données climatiques de base de la ville d'Abidjan [31]

Mois le plus chaud			Février
Condition extérieure			
Température sèche Ts en °C	Température humide Th en °C	Hr %	we (kg eau/kg as)
32,5	27,5	68	0,0216
Condition intérieure			
Température sèche °C		Hr %	wi (kg eau/kg as)
24,5		65	0,0127

➤ Ensoleillement

Toujours selon les travaux de recherche de l'IEPF, l'orientation et la position géographique du site du projet induisent deux (2) façades d'exposition aux rayonnements solaires à savoir Sud-Est(S-E) et Sud-Ouest(S-O) dont leurs valeurs d'intensité sont renseignées dans le Tableau 9.

Tableau 9: Valeurs des intensités de rayonnement solaires du projet[31]

Façade exposée	Orientation	I (W/m²)
1	S-E	234
2	S-O	234

➤ Paramètres fonction du type de bâtiment

Avec un débit de ventilation **qv** de 25 m³/h/pers et une densité d'occupation de 0,1 pers/m², on a selon les travaux de recherche de l'IEPF, les hypothèses de calcul renseignées dans le Tableau 10.

Tableau 10 : Valeurs des apports internes du projet[31]

Appareillages et bureautiques				Métabolisme	
	Bureautique (W/unité)	Ordinateur (W/unité)	Autres charges (W/m²)	Csoc (W/personne)	Cloc (W/personne)
Puissance unitaire	250	879	5	67	49

➤ Résultats issus du calcul manuel

Après applications des différentes hypothèses évoquées plus haut comme l'élucide l'Annexe 11, nous obtenons les valeurs des différents types apports et de la charge de refroidissement au m² de **105,52W** du bureau type renseignés dans le Tableau 11.

Ces résultats permettent d'avoir une idée sur la répartition des différents types d'apports du bureau type, à raison de 60% d'apports externes contre 40% d'apports internes, comme l'illustre les camemberts de la Figure 26.

On en déduit selon le calcul manuel (sur la base des données du mois le plus chaud selon l'IEPF), que l'environnement extérieur du bureau type est plus apporteur de chaleur que l'intérieur du dit bureau.

Tableau 11 : Valeurs des types d'apports et de la charge de refroidissement du bureau type du calcul manuel

Type d'apports		Q (kW)	Surface habitable totale (m²)
Externes	Transmission	13,51	920
	Solaire	21,51	
	Renouvellement d'air	23,45	
Internes	Métabolisme	10,79	920
	Bureautiques et appareillages	27,83	
$\Sigma =$		97,09	
P (W/m²) =		105,52	

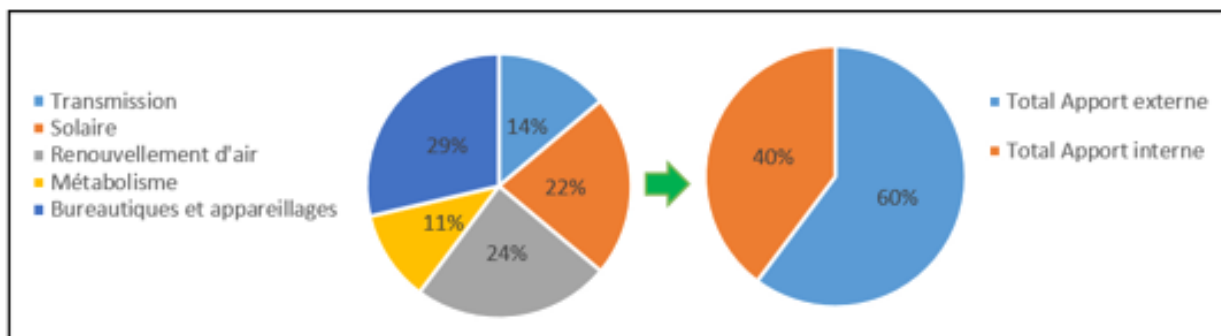


Figure 26 : Répartition des différents types d'apports selon la variante manuelle

- 2ème variante : calcul à l'aide du logiciel CYPECAD MEP

✓ Présentation de l'outil

Le logiciel CYPECAD MEP constitue une plateforme pour la conception énergétique et les études techniques fluides. Basé sur un environnement graphique propre à elle, cette application permet, à partir d'une modélisation unique d'un bâtiment :

- L'étude Réglementaire Thermique (RT-2012/RT-2005/RT-Existant) et acoustique (NRA2000),
- Le calcul des déperditions, des apports et de la demande énergétique,
- Le dimensionnement des installations de chauffage et de climatisation.

L'application se distingue également par une introduction graphique des données, élément par élément, sur la base de fichiers de logiciels CAO (dwg, dxf), de plans scannés (jpeg, bmp...) ou par import de fichiers IFC.

Les résultats des calculs sont consultables graphiquement dans l'espace de travail de l'utilisateur, et les notes de calcul détaillées peuvent être éditées et personnalisées par l'utilisateur [32].

✓ Paramètres généraux

Les données climato-géographiques de la ville d'Abidjan paramétrées dans le logiciel sont renseignées dans le Tableau 12:

Tableau 12 : Données climato-géographiques d'Abidjan paramétrées dans CYPECAD MEP

Emplacement	Latitude °	Ts en °C	Th en °C	ε jour °C	ε mens. °C
Abidjan	5,25	32,3	27,1	3,3	5,6

Avec,

ε jour : Oscillation moyenne quotidienne de la température

ε mens. : Oscillation moyenne mensuelles de la température

On note un rapprochement des valeurs des températures sèches et humides de base des deux variantes (manuel et numérique) avec les écarts suivants :

$$|\Delta T_s| = 0,2^{\circ}\text{C} \text{ et } |\Delta T_h| = 0,4^{\circ}\text{C}$$

✓ Matériaux et modes constructifs

La liste des caractéristiques thermiques issue de la bibliothèque de CYPECAD MEP des matériaux du bureau type est présentée dans l'Annexe 24.

On note que les valeurs des caractéristiques thermiques issues de la base de données de l'outil sont égales à celles utilisées pour le calcul manuel.

✓ Présentation du modèle

Après la modélisation du bureau type sur CYPECAD MEP, on obtient les vues extérieure et intérieure illustrées par la Figure 27.

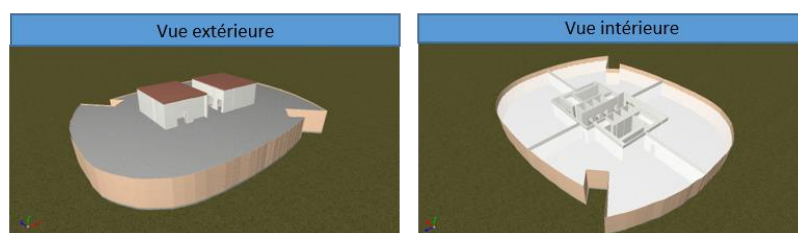


Figure 27 : Modèle du bureau type de CYPECAD MEP

✓ Résultats

Après le lancement du calcul, on obtient les différentes valeurs des apports thermiques des deux (2) surfaces jumelles de bureaux avec une charge de refroidissement au m² de leur ensemble de **106,33W** comme l'illustre le Tableau 13.

Tableau 13 : Valeurs des apports internes et externes du bureau type de CYPECAD MEP

Bureaux	Apports externes (kW)	Apports internes (kW)	Surfaces (m²)
Bureau 1 et 3	21,91	27,89	476
Bureau 2 et 4	21,94	26,08	444
Σ	43,85	53,97	920
	97,82		
P (W/m²) =	106,33		

Les résultats ci-dessus permettent d'avoir une répartition des deux (2) types d'apports de 55% pour les internes et de 45% pour les externes comme l'illustre la Figure 28.

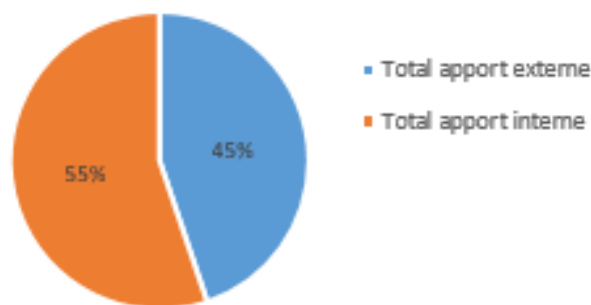


Figure 28 : Répartition des différents types d'apports selon la variante numérique

On en déduit selon le calcul numérique que l'environnement extérieur du bureau type est moins apporteur de chaleur que l'intérieur du dit bureau.

○ Synthèse et discussion des résultats

Les deux (2) variantes étayées plus haut, permettent de constater que les apports externes sont plus importants dans le calcul manuel comparativement aux apports internes (60% contre 40%), ce qui est tout à fait le contraire pour les résultats du logiciel CYPECAD MEP (45% contre 55%), cela s'explique par la différence des données climatiques, essentiellement les intensités solaires, et des méthodes de calcul des apports solaires utilisées. On note par conséquent un

rapprochement des écarts de près de (740W) entre les apports présentés par lesdites variantes, comme l'illustre la Figure 29.

Nous utiliserons donc le logiciel CYPECAD MEP pour le calcul des charges de refroidissement de la tour entière.

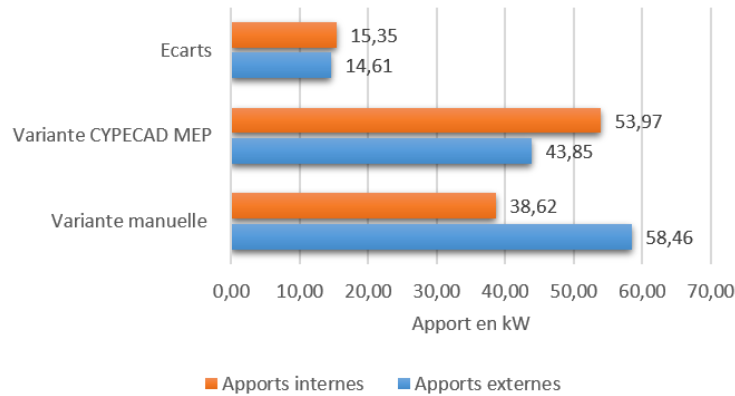


Figure 29 : Synthèse des résultats des variantes manuelle et numérique

b. Cas de la Tour entière

○ Paramètres généraux

Dans un souci de cohérence entre le DPE et l'évaluation du confort, nous avons concernant le paramétrage des données climatiques, utilisé la base de données de la ville d'Abidjan disponible sur le référentiel des données climatiques en ligne <http://climate.onebuilding.org/> qui présente selon le pas horaire les variations annuelles de températures, d'ensoleillements, des vitesses du vent et bien d'autres aspects climatiques(azimut, température du ciel...), Il affiche le mois de mars comme le mois le plus chaud avec 28,05°C et le mois d'août comme le plus froid avec 24,2° ainsi que les différentes plages d'oscillations de températures journalières et mensuelles comme l'illustre le Tableau 14.

Tableau 14 : Données climatiques de bases d'Abidjan selon Climate.onebuilding[33]

Emplacement	Latitude °	Ts en °C	Th en °C	ε jour °C	ε mens. °C
Abidjan	5,25	28,05	24,02	4,2	3,9

○ Modélisation

Pour éviter au maximum les bugs, nous avons modélisé un résumé de la tour en évitant la répétition des niveaux similaires, ainsi nous avons obtenu un modèle qui présente le bâtiment (sans masque solaire engendré par le voisinage, étant le cas le plus défavorable) du RDC –Bas

à la première (1^{ère}) terrasse technique en passant par le restaurant, les étages techniques et les types des bureaux locataires et du Conseil comme le présente la Figure 30.

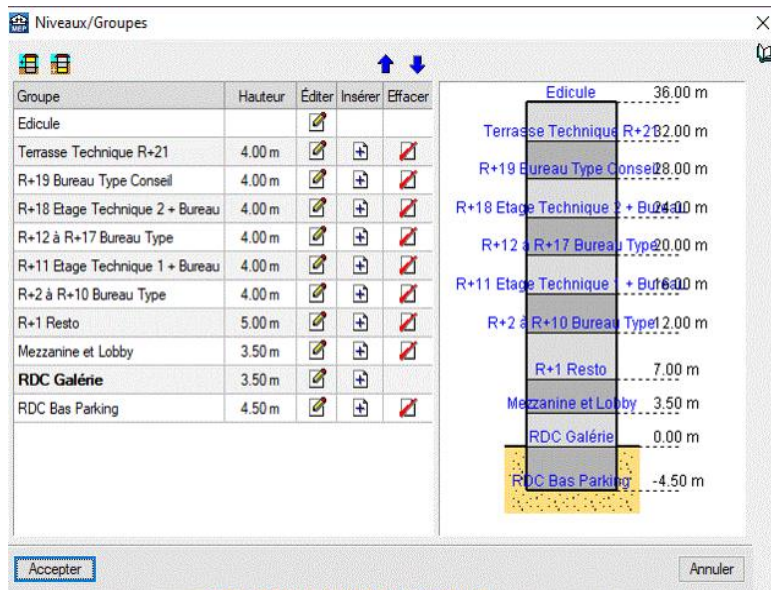


Figure 30 : Modèle de la tour entière sur CYPECAD MEP

Notons également, que nous avons considéré la terrasse technique comme toiture eu égard à l'impossibilité de reproduire une toiture conique, ce qui n'est aucunement préjudiciable au modèle car les valeurs des deux surfaces d'exposition (conique et planes) se rapprochent on a :

- Surface plane = surface terrasse technique + surface parois verticales édicule $\approx 1350 \text{ m}^2$
- Surface latérale conique (avec un apothème de 21m et un rayon d'environ 20m) $\approx 1320 \text{ m}^2$

Notre toiture modélisée correspond donc au cas le plus défavorable car supérieure en terme de surface à la toiture conique,

➤ Matériaux et modes constructifs

En complément à la liste des matériaux inventoriée dans l'Annexe 24, nous avons selon l'Annexe 25, les caractéristiques thermiques des matériaux de la tour entière :

➤ Résultats

Eu égard au fait qu'ils n'ont pas le même usage, les calculs des charges de refroidissement du centre commercial et de celles de l'ensemble des planchers de bureaux, du restaurant et des étages techniques, ont été effectués séparément comme l'illustre le Tableau 15.

Tableau 15: Charges de refroidissement de la tour entière de CYPECAD MEP

Refroidissement		
Ensemble	Puissance par surface (W/m ²)	Puissance totale (W)
Centre commercial	160,9	473901,9
Bureaux et Restaurant	118,9	565073,1

Les charges de refroidissement illustrées par le Tableau 15 induisent au fil du temps, sur la période d'un an, une consommation énergétique **de 695,52 kWh/m².an** pour le centre commercial et de **399,84 kWh/m².an** pour l'ensemble des bureaux, illustrée par le Tableau 16. Elle a évalué sur la base des scénarii d'occupation suivants :

- Bureaux : du lundi au vendredi de 6h à 20h → **3360** heures au cours de l'année
- Centre commercial : du lundi au samedi de 6h à 21h → **4320** heures au cours de l'année

On remarque que la consommation énergétique du refroidissement du centre commercial vaut pratiquement le double de celle de l'ensemble des bureaux. Cela s'explique par la différence des densités et des scénarii d'occupations.

Notons également que le coefficient de conversion de la consommation en énergie primaire (l'énergie disponible dans l'environnement directement exploitable sans transformation) est de **2,58** pour l'électricité et de **1** pour les autres charges.

Tableau 16 : Consommation énergétique du refroidissement

Ensemble de locaux	P refroidissement (W/m ²)	Temps d'utilisation (h)	Consommation (kWh/m ² .an)
Centre commercial	161	4320	695,52
Bureaux	119	3360	399,84
			1095,36

III.2.1.2. Charges de ventilation et de désenfumage

a. Désenfumage

Comme évoqué plus haut le système de désenfumage de la tour est assuré par des ventilateurs à double vitesse 400°C-2h, de type Tourelle et des caissons en plus du réseau aéraulique (gainés), qui engendrent au cours de leur fonctionnement permanent une consommation énergétique annuelle de **32,033 kWh/m².an** pour l'ensemble des bureaux et sous-sols (SS)

et de **01,159 kWh/m².an** pour le centre commercial, illustrée par le Tableau 17.

On note que la consommation énergétique du désenfumage du centre commercial est insignifiante face à celle de l'ensemble des bureaux + sous-sols. Cela est due aux neuf (9) ventilateurs des parkings dimensionnés sur la base d'un débit unitaire par véhicule de 600m³/h.

Tableau 17 : Consommation énergétique du désenfumage

Gamme de désenfumage	Puissance unitaire (kW)	Quantité	P totale (kW)	Temps d'utilisation (h)	Surface utile de la tour (m²)
Caisson amenée Escalier	1,5	2	3	8760	30246
Caisson commerce	4	1	4		
Caisson pour Parking	18,5	5	92,5		
Batterie cuisine Restaurant	1,5	1	1,5		
Tourelles et caissons amenée	1,2	6	7,2		
Tourelles et caissons extraction,	1,6	4	6,4		
			114,6		
Conso désenfumage des bureaux et SS (kWh/m².an)				32,033	
Conso désenfumage du Centre commercial (kWh/m².an)				01,159	

b. Ventilation

Elle est assurée par un système VMC supposé permanent, qui engendre une consommation énergétique annuelle de **196,574 kWh/m².an** pour le centre commercial et de **59,568 kWh/m².an** pour l'ensemble des bureaux détaillée dans le Tableau 18.

Tableau 18 : Consommation énergétique de la ventilation

Ensemble de locaux	Densité d'occupation (pers/m²)	Débit d'air (m³/h.pers)	Rho.Cp (Wh/m³.K)	ΔT (°K)	P ventilation (W/m²)	Conso (kWh/m².an)
Centre commercial	0,33	25	0,33	8	22,44	196,574
Bureaux	0,1	25	0,33	8	6,8	59,568
						256,142

On remarque que la consommation énergétique de la ventilation du centre commercial vaut pratiquement le triple de celle de l'ensemble des bureaux. Cela s'explique, comme pour le cas du refroidissement, par la différence des densités et des scénarii d'occupations.

III.2.1.3. Charges de l'ECS

La tour regorge des équipements d'ECS électriques pour les sanitaires et les vestiaires dont la consommation énergétique annuelle, à supposer qu'ils sont utilisés selon le scénario d'occupation le plus défavorable (du lundi au samedi), est de de **05,713 kWhep/m².an** pour le centre commercial et de **25,823 kWhep/m².an** pour l'ensemble des bureaux et sous-sols et est détaillée dans le Tableau 19.

On remarque que la consommation énergétique de l'ECS de l'ensemble des bureaux et sous-sols est pratiquement le quintuple de celle du centre commercial. Cela s'explique essentiellement par le fait que la surface utile de ce dernier est moins importante que celle du dit ensemble de bureaux et sous-sols.

Tableau 19 : Consommation énergétique de l'ECS

Type d'ECS	Puissance unitaire (kW)	Quantité	Puissance Totale (kW)	Temps d'utilisation(h)	Surface utile de la Tour (m²)
Chauffe-eau vestiaires	3	1	3	4320	30246
Chauffe-eau commerces	2	17	34		
Chauffe-eau sanitaires commerces	3	1	3		
Chauffe-eau sanitaires autres	1,6	113	180,8		
			220.8		
Consommation ECS du Centre commercial (kWhep/m².an)				05,713	
Consommation ECS des bureaux et SS (kWhep/m².an)				25,823	

III.2.1.4. Charges de l'éclairage

L'éclairage artificiel de notre bâtiment dans son entièreté est assuré par les luminaires de type LED dont la consommation énergétique annuelle est évaluée également selon le scénario d'occupation le plus défavorable (du lundi au samedi) est de **100,310 kWhep/m².an** et présentée par le Tableau 20.

Tableau 20 : Consommation énergétique de l'éclairage

Puissance lumineuse au m ² (W/m ²)	Temps d'utilisation(h)	Conso Luminaire (kWh/m ² .an)
9	4320	100,310

III.2.1.5. Autres charges

En plus des types de charges sus-évoqués, la tour admet un certain nombre d'équipements (surpresseurs, lave-vaisselle à condensation, four à convection etc...) illustré par l'annexe 11 dont la consommation énergétique n'est nullement infime. Cette consommation a été déterminé d'emblée selon le temps d'utilisation supposé permanent en ce qui concerne les équipements des locaux techniques, et ensuite selon le scénario d'occupation le plus défavorable pour les autres équipements; elle est évaluée à **10,911 kWh/m².an** et est illustrée par le Tableau 21.

Tableau 21 : Consommation énergétique des autres charges

Consommation Autre charge (kWh/m ² .an)	10,911
--	---------------

III.2.1.6. Récapitulatif

Selon l'étiquetage énergétique défini par la NF 15217 illustrée par la Figure 31, on a les plages de consommations énergétiques allant de A, pour celles inférieures ou égales à 50 kWh/m².an(bâtiment économe), étant la classe la plus optimale à I pour celle supérieures à 750 kWh/m².an(bâtiment énergivore), étant la classe la plus médiocre

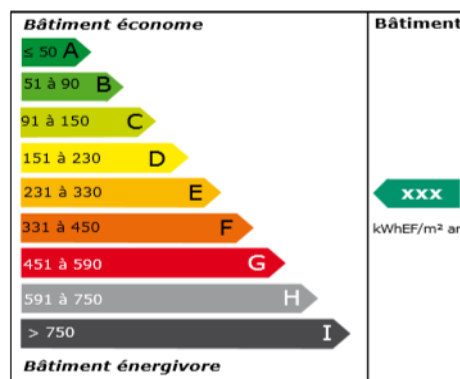


Figure 31 : Etiquetage énergétique de la norme 15217[34]

Le récapitulatif du DPE de notre bâtiment eu égard à l'étiquetage énergétique de la NF 15217 présenté par le Tableau 22 donne des consommations énergétiques annuelles de **999,276 (Classe I) kWh/m².an** pour le centre commercial et de **628,485 (Classe H)** pour l'ensemble des bureaux et des sous-sols(SS).

Tableau 22 : Récapitulatif du DPE de la tour entière

CONSOMATION ENERGETIQUE DE LA TOUR en kwep/m².an		
Types de conso.	Centre commercial	Bureaux et SS
Refroidissement	695,520	399,840
Ventilation et désenfumage	197,733	91,601
ECS	05,713	25,823
Eclairage	100,310	100,310
Autres charges	0	10,911
	999,276 (Classe I)	628,485 (Classe H)

Les résultats du Tableau 22 permettent également d'avoir une idée sur les répartitions des différents types de charges énergétiques du centre commercial et de l'ensemble Bureaux + SS dictées par le DPE présentées par la Figure 32.

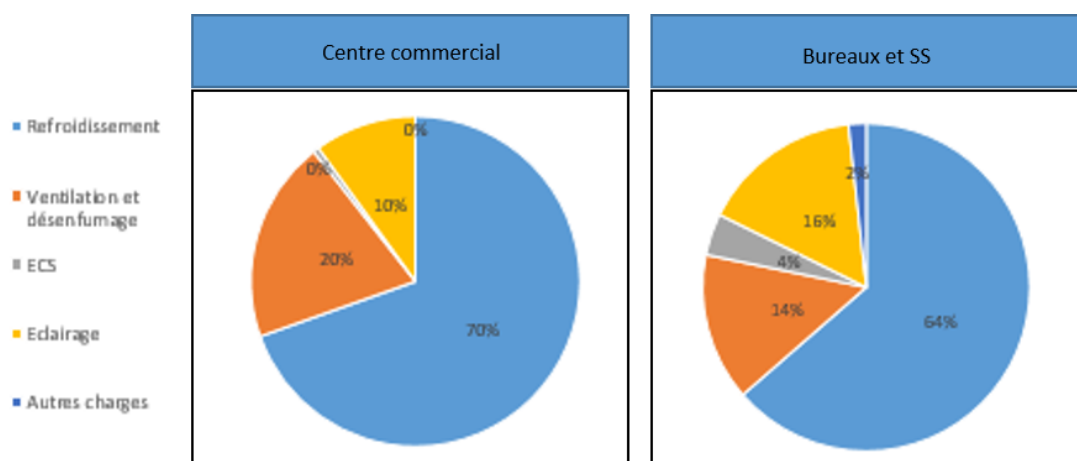


Figure 32 : Répartition de la consommation énergétique de la tour Entente

On constate d'emblée de ce qui précède que les charges de refroidissement occupent environ les 2/3 des consommations énergétiques du centre commercial et des Bureaux + SS. Par ailleurs, selon l'étiquetage de la NF 15217, notre bâtiment composé de deux (2) blocs à usages distincts (le centre commercial et l'ensemble des bureaux + SS) ne présente pas des classes énergétiques satisfaisantes, ce sont les classe I pour le centre commercial et H pour l'ensemble bureaux + SS, classes jugées énergivores et très éloignées des classe E (jugée classe acceptable) et A (classe souhaitée par la certification HQE™).

Notons également que les panneaux photovoltaïques (au nombre de 800) installés en toiture

(comme évoqué plus haut) sur 84% de la surface, produiront avec un rendement de 50% une puissance totale crête de **240 kWc**, comme l'illustre la note présentée par l'annexe 12. De façon plus précise, le pré dimensionnement de ce système défini sur 1336 m² génère une énergie renouvelable électrique de **269 kWh/m²**.

III.2.2. Evaluation du confort

III.2.2.1. Confort thermique

Nous évaluerons le confort thermique du bâtiment selon la théorie du confort adaptif définie par la norme EN 15251, qui dresse trois (3) catégories de plages de confort selon les valeurs des températures extérieures et opératives (intérieures) du local considéré. En ce qui concerne la température extérieure, nous avons utilisé la base de données climatique de la ville d'Abidjan disponible sur le référentiel des données climatique en ligne énoncé plus haut, <http://climate.onebuilding.org/>. Egalement pour le calcul de la température opérative qui est la moyenne de la somme des températures d'ambiance intérieure et de celle des parois, nous avons émis des hypothèses que nous déclinerons par la suite.

a. Centre commercial

○ Hypothèses

✓ Scénario d'occupation

Le scénario d'occupation hebdomadaire du centre commercial défini à différents taux selon le pas de temps horaire du lundi au samedi (supposé être fermé le dimanche) est présenté par la Figure 33.

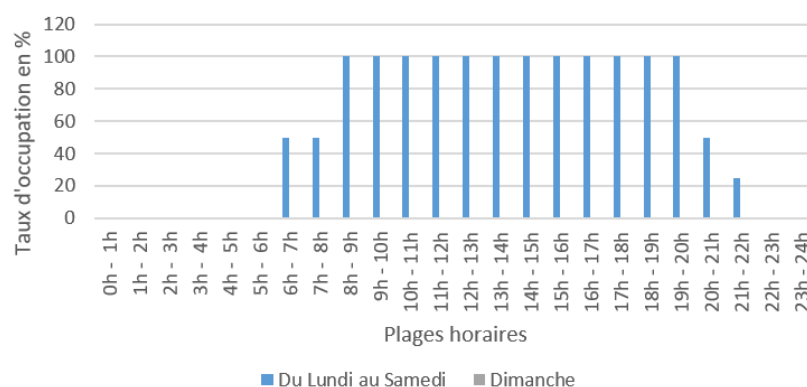


Figure 33 : Scénario d'occupation du centre commercial de la Tour

✓ Températures d'ambiance intérieures

Pour un niveau d'habillement de 0,5Clo, un PMV de +2 (due à une densité d'occupation de 0,5

personnes au m² selon les données du projet) impliquant un PPD de 75%, nous obtenons les températures intérieures de 30,5°C pour 100% de taux d'occupation, et supposons 24° (correspondant à la température de l'air de référence selon la réglementation française pour la protection du travail RGPT) [16] pour un local vide, le reste des températures étant déterminé au prorata du taux d'occupation.

✓ Températures des parois

Nous supposons d'emblée une température de 28°C pour toute la période de 19h et 5h du matin (période de non-enseillement), correspondant à la température extérieure ambiante moyenne durant cette plage pour le jour le plus chaud (21^{ème} jour) du mois de mars comme l'illustre les Figure 34 et Figure 35.

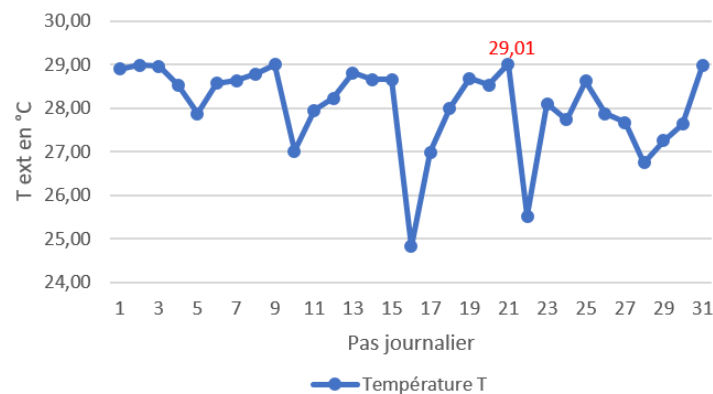


Figure 34 : Illustration du jour le plus chaud du mois de mars

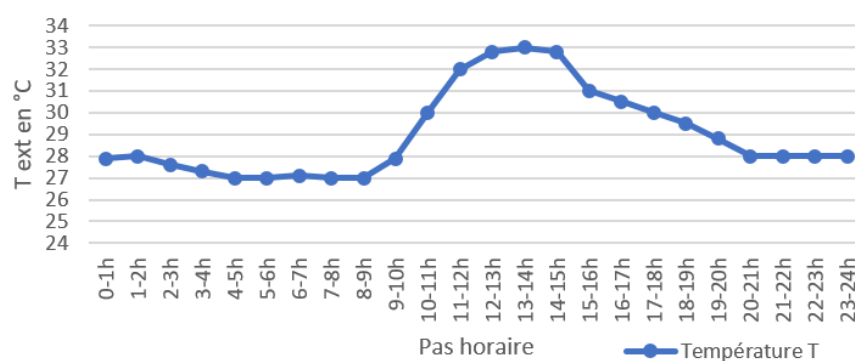


Figure 35 : Variation des températures du 21^{ème} jour de Mars selon le pas horaire

Par ailleurs, concernant les plages de temps d'enseillement comprises entre 6h et 18h, nous supposons d'emblée une température de 33°C correspondant à la température maximale ambiante du 21^{ème} jour comme l'illustre la Figure 35, pour la période de l'enseillement

maximale (entre 13h et 14h), et ensuite pour les autres plages horaires, les températures sont déterminée au prorata du taux d'ensoleillement présenté par la Figure 36.

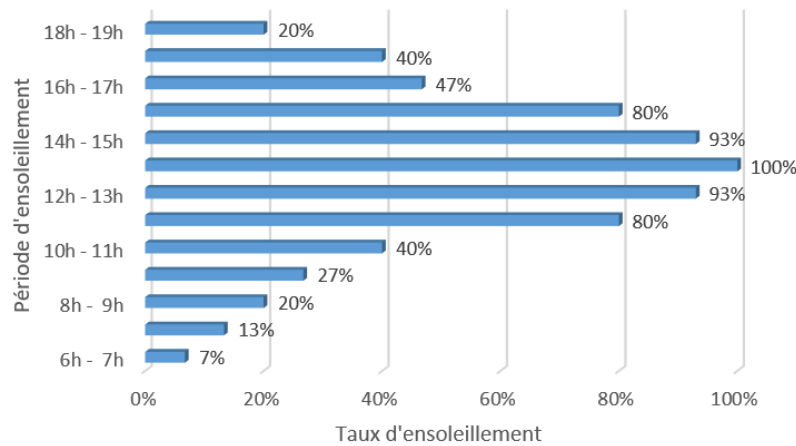


Figure 36 : Taux d'ensoleillement du jour le plus chaud (21^{ème} jour du mois de Mars)

○ Résultats

✓ Températures opératives Top

Suite à l'application des hypothèses sus-évoquées, nous obtenons comme l'illustre la Figure 37, la variation des températures d'ambiance intérieures hebdomadaires (températures opératives Top du lundi au samedi et celles du dimanche) et extérieures maximales (T ext. du jour le plus chaud) selon le pas de temps horaire :

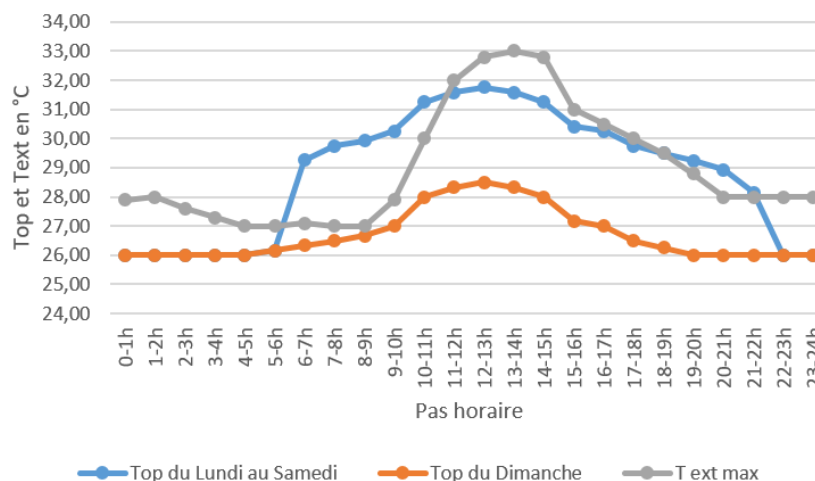


Figure 37 : Variations des températures opératives hebdomadaires du centre commercial et extérieures maximales

On peut observer sur le graphe ci-dessus que les températures d'ambiances intérieures du centre commercial de 7h à 11h et celles de 19h à 22h sont supérieures aux températures d'ambiances extérieures du fait d'une part, du taux et la densité d'occupation (100% de taux et

0,5personne/m² comme densité) et aussi du faible taux d'ensoleillement observés dans le dit centre commercial durant ces plages.

✓ Taux d'inconfort selon la norme 15251 (diagramme de BRAGER)

Le diagramme de BRAGER illustrée par Figure 38 présente le taux d'inconfort du centre commercial selon la catégorie II (cat II correspond au niveau de confort normal) constaté durant le mois de mars :

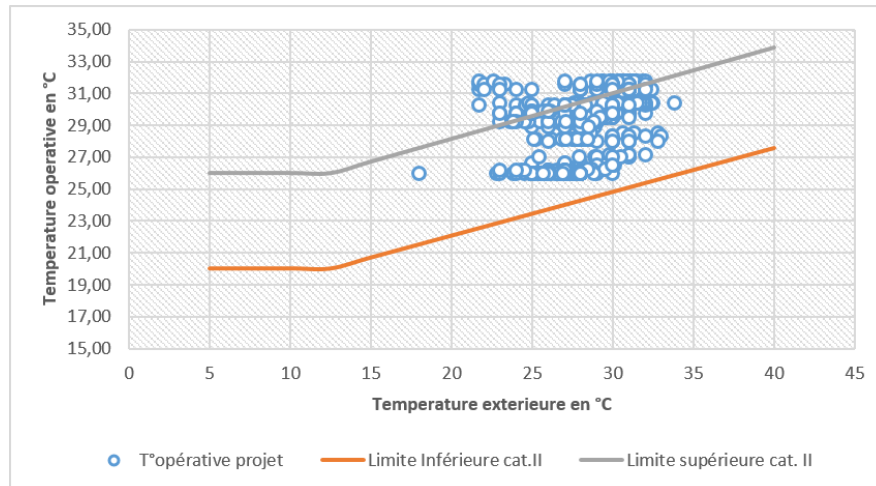


Figure 38 : Diagramme de BRAGER du centre commercial

Ce taux de 74 heures d'inconfort sur les 744 que comporte le mois de mars avoisine les **10%**.

b. Le bureau type

○ Hypothèses

✓ Scénario d'occupation

Le scénario d'occupation hebdomadaire des bureaux, prévus être ouverts que les jours ouvrés (du lundi au vendredi), est défini à différents taux selon le pas de temps horaire et présenté par la Figure 39.

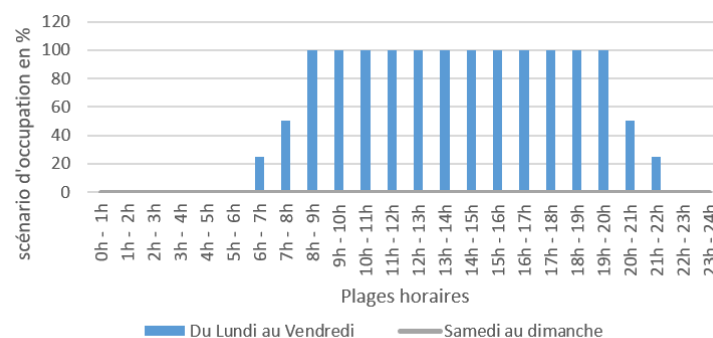


Figure 39 : Scénario d'occupation des bureaux

✓ Températures d'ambiance intérieures

Pour un niveau d'habillement de 0,5Clo, un PMV de +1 impliquant un PPD de 25%, nous obtenons les températures intérieures de 28,5°C pour 100% de taux d'occupation, et supposons 24° selon le RGPT [16] pour un local vide, le reste des températures étant déterminées au prorata du taux d'occupation.

✓ Températures des parois

Nous maintenons les mêmes hypothèses que celles définies pour le centre commercial à savoir 28°C entre 19h et 5h du matin, 33°C pour l'heure du pic d'ensoleillement (13h) et des valeurs de températures définies au prorata du taux d'ensoleillement pour les autres heures.

○ Résultats

✓ Températures opératives

Suite à l'application des hypothèses sus-évoquées, nous obtenons comme l'illustre la Figure 40 la variation des températures d'ambiance intérieures hebdomadaires (températures opératives Top du lundi au samedi et celles du dimanche) et extérieures maximales (T ext. du jour le plus chaud) selon le pas de temps horaire :

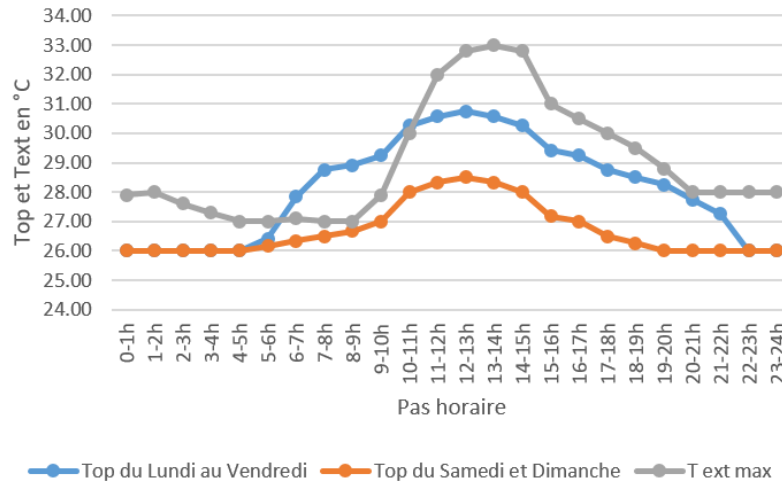


Figure 40 : Variations des températures opératives hebdomadaires des bureaux et extérieures maximales

On peut observer selon la Figure 40 que contrairement au centre commercial, les températures d'ambiances intérieures des bureaux surpassent celles de l'extérieur que dans la plage de 7h à 11h, eu égard à la faible densité d'occupation des dits-bureaux (1 personnes pour 10 m²).

✓ Taux d'inconfort selon la NF 15251 (diagramme de BRAGER)

Le diagramme de BRAGER illustrée par la Figure 41 présente le taux d'inconfort des bureaux

selon la catégorie II (cat II correspond au niveau de confort normal) constaté durant le mois de mars :

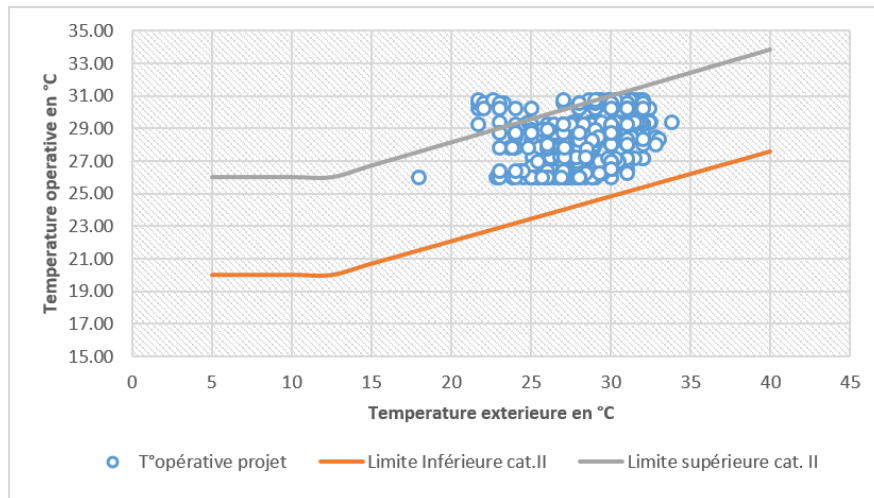


Figure 41 : Diagramme de BRAGER des bureaux

Ce taux de 22heures d'inconfort sur les 744 que comporte le mois de mars avoisine les 3%.

c. Récapitulatif

On retient qu'eu égard à leurs usages distincts, les taux d'inconfort selon la théorie du confort adaptatif de la NF 15251 du centre commercial et des bureaux se présentent comme suit :

- ✓ Centre commercial : 74heures (équivalent à **3 jours**) d'inconfort sur les 744 que compte le mois de mars soit un taux d'inconfort de **10%**
- ✓ Bureaux : 22heures (équivalent à **1 jour**) d'inconfort sur les 744 que compte le mois de mars soit un taux d'inconfort de **3%**

Ces différences s'expliquent essentiellement par les densités d'occupations de ses parties de notre bâtiment à savoir 1personne/2m² pour le centre commercial et 1/10m² pour les bureaux.

III.2.2.2. Confort acoustique

Nous évaluerons le confort acoustique de notre bâtiment selon la réglementation européenne NF S 31-080 qui définit des valeurs minimales d'isolement acoustique des bruits intérieurs et extérieur (respectivement $D_{nT,A}$ et $D_{nT,A,tr}$) des locaux réceptifs. Pour ce faire nous définiront par la suite des hypothèses.

Tableau 23 : Isolement acoustique des locaux de la tour selon la NF S 31-080

Locaux émissifs	Locaux réceptifs	Matériaux principaux de la surface	RA (dB)	RA,tr (dB)	Rw (dB)	DnT,w (dB)	DnT,A (dB)	DnT,A,tr (dB)	Règlementation NF S 31080
Ascenseurs	Escaliers	BA 25	66	62	66	63	62	-	53
Locaux techniques	Bureaux	BBC 15	39	36	40	36	35	-	
R+1 Restaurant	R+2 Bureau Type	Dalle BA 25	66	62	66	61	60	-	
Extérieur	Commerces	BA 40	68	63	67	69	-	65	30
		Vitrage COOL LITE	33	30	34	36	-	32	
	Bureaux & Commerce	BA 40	68	63	67	69	-	65	
		Vitrage COOL LITE	33	30	34	35	-	31	
	Escaliers	BA 40	68	63	67	69	-	65	

- Hypothèses
- Nous supposons comme l'indique la fiche technique en Annexe 14, des facteurs de correction C des bruits roses (bruits d'ambiances intérieures) et Ctr des bruits routiers du double vitrage COOL LITE (bruits extérieurs liés au trafic routier, ferroviaire etc...) de respectivement : C = -1 dB et Ctr = -4 dB
- Pour le calcul du temps de réverbération (la persistance sonore des sons émis dans une pièce fermée) et de l'isolement acoustique, nous considérons uniquement les matériaux principaux des ouvrages élémentaires (correspondant au cas le plus défavorable)
- Résultats

Les résultats de l'évaluation du confort acoustique sont consignés dans le Tableau 23.

On constate que le confort acoustique de la tour est assuré, excepté dans les bureaux situés en étage technique. La valeur de l'indice d'isolement acoustique aux bruits intérieurs de cette zone du bâtiment est inférieure à celle prescrite par la NF S 31080 (**35dB<53dB**), cela s'explique par le manque d'isolation acoustique des parois séparant les dits-bureaux des locaux techniques.

III.2.2.3. Confort visuel

a. La lumière naturelle

Elle est évaluée à l'aide du FLJ, qui donne en pourcentage une mesure de la capacité intrinsèque du bâtiment à capter la lumière naturelle dont les valeurs préconisées par la norme HQE™ sont illustrées par le Tableau 24.

Tableau 24 : Les valeurs de FLJ préconisées par le référentiel HQE™[35]

Valeur de FLJ préconisées par le référentiel HQE™	
Solution de base	FLJ $\geq$ 1,5 dans 80% des locaux
Solution performante	FLJ $\geq$ 2% dans 80% des locaux et FLJ $\geq$ 1,5% dans les 20% restants
Solution très performante	FLJ $\geq$ 2,5% dans 80% des locaux et FLJ $\geq$ 1,5% dans les 20% restants

Pour ce qui est des valeurs du FLJ de notre bâtiment, ils sont présentés dans le Tableau 25. En sachant que le centre commercial est extérieurement vitré à 40% avec des cloisons modulables en simple vitrage à l'intérieur et que les bureaux dits bureaux vert (vitrés extérieurement à 360°) sont séparés à l'intérieur par des cloisons modulables de type « Placostil ».

Tableau 25 : les FLJ de la tour

	Centre commercial	Bureau Type I	Bureau Type II
Hauteur paroi extérieure (m)	7	4	4
Surface paroi vitrée extérieure (m²)	504	476	444
Surface Totale St (m²)	6127	756	674
Transmission Lumineuse du vitrage	0.5		
Coefficient de saleté	0.9		
Angle de vue du ciel α	90		
Facteur de réflexion moyen R	0.5		
FLJ	5%	10%	11%

On remarque de ce qui précède que les différents FLJ de la tour, correspondant à une solution très performante, sont conforme au référentiel HQE™ (confère le Tableau 24).

b. La lumière artificielle

La lumière artificielle de notre bâtiment est assurée comme évoqué plus haut par des dalles LED dont la température est comprise entre 3000 K – 4000 K. Ils offrent une lumière légèrement bleue et froide, stimulante qui contribue pleinement au confort visuel des personnes présentes dans les locaux concernés (selon le diagramme de **Kruithof**).

III.2.2.4. Confort olfactif et qualité de l'air

Les systèmes permanents de désenfumage et de ventilation mis en place dans le bâtiment permettent d'assurer la qualité de l'air dans les locaux du dit bâtiment et d'y garantir un confort olfactif.

III.3.LA GESTION DE L'EAU ET DES DECHETS

III.3.1. Aménagement en eau potable

III.3.1.1. Génération

L'approvisionnement en eau potable (eau froide sanitaire et cuisine) est assuré par une bâche à eau de **368 m³** (comme l'illustre l'annexe 15) située en **SS5** qui est alimentée par le réseau général d'eau potable de la ville avec des hypothèses de besoin d'eau renseignées dans le

Tableau 26 (avec confrontation des valeurs de référence selon le référentiel HQE™).

Tableau 26 : Valeurs de base de la conception du bâtiment et de référence HQE™ des besoins en eau[35]

Type d'appareil	Conso de base de la conception (l/s)	Conso de référence HQE™ (l/s)
Robinet de Lavabo	0,20	0,16
Douche	0,20	0,20
Evier	0,33	0,17
W.C	0,12	0,10
Urinoir avec robinet	0,15	0,05

On note que les valeurs de base de la conception de notre bâtiment concernant les besoins par type d'appareils en eau sont supérieures à celle du référentiel HQE™.

Aussi, la qualité de l'eau contenue dans ladite bâche est assurée par un dispositif de traitement et d'un filtre à cartouche comme l'illustre l'Annexe 16.

III.3.1.2. Distribution et régulation

La distribution de l'eau est assurée par des colonnes humides dont le diamètre varie entre Le DN 100 (colonne principale) et le DN 20. Quant à la régulation, elle est assurée par les dispositifs suivants illustrés par l'annexe 17 :

- Une vase d'expansion qui assure la compensation des fluctuations de volume dans la bâche suite aux variations de température,
- Un suppresseur à variateur de vitesse qui veille à la régulation de la pression dans le système,
- Des détendeurs en début de colonne secondaires pour assurer la réduction de la pression de l'eau issue de la colonne principale, évitant ainsi la détérioration des conduites et les nuisances sonores,
- Des vannes d'isolement à chaque plancher desservi assurant ainsi une flexibilité dans la manœuvre de la colonne concernée,
- Des dispositifs d'anti-bélier destiné à amortir l'onde de choc provoquée par la fermeture rapide d'un robinet ou d'une vanne.

III.3.2. Gestion des eaux pluviales et usées

III.3.2.1. Drainage des eaux pluviales

La tour étant totalement couverte, excepté le rez-de jardin au niveau R+1, le système de drainage des eaux pluviales se fait d'emblée par des collecteurs sur ce dit niveau, des caniveaux à grille au niveau des SS, et ensuite des colonnes (verticales en local technique, et horizontales en sous face plancher) jusqu'au SS4 avant de refouler ces eaux dans le réseau général à l'aide d'une fosse de relevage avec pompe immergée comme l'illustre l'annexe 18. On note donc une non-participation de eaux pluviales au système de desserte en eau de la tour.

III.3.2.2. Assainissement des eaux usées

Les eaux usées du bâtiment sont acheminées par des colonnes vers une station de traitement équipée d'un déshuileur et une fosse de relevage, située au SS5, comme l'illustre l'annexe 19, avant d'être évacuées dans le réseau général.

III.3.3. Protection incendie

Pour lutter efficacement contre les incendies, la tour dispose en plus du système de désenfumage, d'un RIA et d'un réseau sprinkler (pour les parkings).

III.3.3.1. RIA

Etant un équipement de première intervention pour la lutte contre les incendies, alimenté en eau, et capable d'être utilisé au moins 20 minutes avant l'arrivée des secours, le RIA de notre bâtiment est assuré en génération par une bache à eau de 120 m³ (comme le présente l'annexe 20) située au SS5 et par des colonnes humides DN 100 en distribution. Sa mise en œuvre se fait également par l'actionnement du robinet diffuseur des dévidoirs installés à chaque niveau à raison de quatre (4) du SS5 au RDC et de deux (2) pour les autres niveaux supérieurs, comme l'illustre l'annexe 21.

III.3.3.2. Sprinkler

Etant un système fixe d'extinction automatique à eau, avec un réseau de canalisation en acier maintenu sous pression permanente, et régit par un poste de contrôle, celui de la tour concerne les niveaux de parking à savoir les SS1,2,3 4 (inclus) ainsi que le parking bas, et est alimenté par une bache à eau de 300 m³ (comme le stipule l'annexe 22) situé au SS5.

III.3.4. Gestion des déchets

Aucun système particulier de gestion des déchets n'a été projeté eu égard au caractère locatif

des locaux de la tour (hormis les bureaux du conseil).

III.4.CLASSIFICATION DU BATIMENT EN PERFORMANCE HQE™

III.4.1. Cibles et indicateurs de la démarche HQE™ concernés par la conception de la tour

Nous considérons, parmi les quatorze (14) cibles de la démarche HQE™, celles qui sont relatives à la phase de conception du projet qui nous est soumis, comme l'indique la Figure 42 (celles entourées). Les cibles mis en évidence ont retenu notre attention en fonction des critères suivant :

- Caractéristiques de la phase conception, étant la phase créative d'un projet.
- Les données et informations mis à notre disposition

Notons également, qu'eu égard au fait que les bureaux soient destinés à la location (exceptés ceux du conseil), nous ne saurons nous prononcer sur la qualité sanitaire des espaces ainsi que la gestion des déchets produits par la tour.

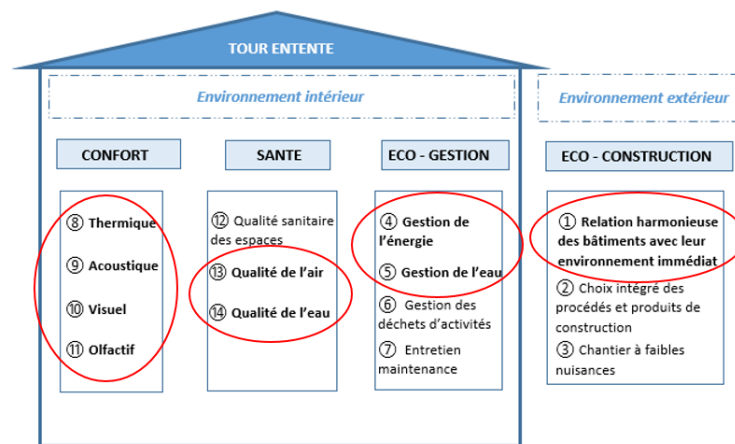


Figure 42 : Les cibles de la démarche HQE™ prise en compte dans notre évaluation

Il découle de notre analyse de la conception de la tour des indicateurs permettant d'évaluer le niveau d'atteinte des cibles de la démarche HQE™ de ladite tour à l'instar du taux d'inconfort, de la consommation énergétique et de l'isolement acoustique, présentés dans les Tableau 27.et Tableau 28

Ces derniers dressent en plus du récapitulatif des résultats d'évaluation des cibles HQE™ obtenus au cours de notre analyse, les performances optimales souhaitées par le référentiel.

Tableau 27 : Les cibles et les indicateurs de la démarche HQE™ relatives à la conception de la tour entente

Cibles	Indicateurs	Unités	Résultats de l'analyse		Référentiel	
			Centre commercial	Bureaux et SS		
Thermique	Taux d'inconfort	%	10	3	≈ 0	
Visuel	FLJ	%	5	10	A minima FLJ≥1,5 dans 80% des locaux	
	Température de couleur (Tc) et Eclairage (Ecl)	K et Lux	Ecl = 300 Lux Tc = 3500 K	Ecl = 500 Lux Tc = 3500 K	SI Ecl = 300 Lux → 3000 K<Tc<3500 K	SI Ecl = 500 Lux → 3000 K<Tc<5000 K
Acoustique	DnT,A et DnT,A,Tr	dB	Conformité des deux types d'isolement	Conformité du DnT,A et Non-conformité du DnT,A	DnT,A ≥ 53 et DnT,A,Tr ≥30	
Olfactif	Type de ventilation	-	VMC permanente		Bonne ventilation	
Qualité de l'air	Type de ventilation et désenfumage	-	VMC permanente et Désenfumage par caisson et tourelles			
Qualité de l'eau	type de réseau AEP	-	Réseau général avec traitement amélioré et un bon système de régulation		eau de bonne qualité	
Gestion de l'énergie	Consommation Energie primaire	kWhép/m².an	999 (Classe I)	629 (Classe H)	≥ Classe C	
	Consommation Energie renouvelable	kWhép/m².an	135	135	-	
	Consommation Energie non renouvelable	kWhép/m².an	864 (Classe I)	494 (Classe G)	Classe A	

Tableau 28: Les cibles et les indicateurs de la démarche HQE™ relatives à la conception de la tour entente (Suite)

Cibles	Indicateurs	Unités	Résultats de l'analyse		Référentiel
			Centre commercial	Bureaux et SS	
Gestion de l'eau	Consommation d'eau potable	m³/personne.an	48,23		40,42
	Recours aux eaux non potables	-	Non	Non	Traitement et réutilisation des eaux non potables
	Drainage des eaux pluviales	-	Par des collecteurs et des colonnes d'eau vers le SS4 avant d'être refouler par une fosse de relevage avec pompe immergé dans le réseau général de la ville		Bonne gestion des eaux pluviales
	Assainissement des eaux usées	-	Par des collecteurs vers une station de traitement équipée d'un déshuileur et d'une fosse de relevage le refoulement vers le réseau général.		assurance de l'assainissement des eaux usées
Relation harmonieuse du bâtiment avec l'environnement extérieur immédiat	Relation avec l'environnement extérieur	-	Prise en compte de l'environnement extérieur (voisinage et réseau routier) dans la conception architecturale (accès, extraction d'air)		Bonne cohabitation avec l'environnement immédiat
	Cadre de vie	-	Avec un Centre commercial à 40% vitrée en façade, ainsi que des bureaux vitrés à 360° avec rez de jardin planté, la tour présente à ses abords un paysage soigné composé d'arbuste, haies vives et engazonnement		Organisation du projet à créer un cadre de vie agréable

III.4.2. Evaluation du niveau d'atteinte des cibles

Eu égard aux données des Tableaux 27 et 28, et à l'aide du barème suivant :

- Niveau 1 : aucun des indicateurs n'est conforme aux prescriptions du référentiel
- Niveau 2 : au moins un indicateur est conforme aux prescriptions du référentiel
- Niveau 3 : tous les indicateurs satisfont le référentiel

Nous évaluons le niveau d'atteinte des cibles HQE™ de la tour à l'aide de la Figure 43.

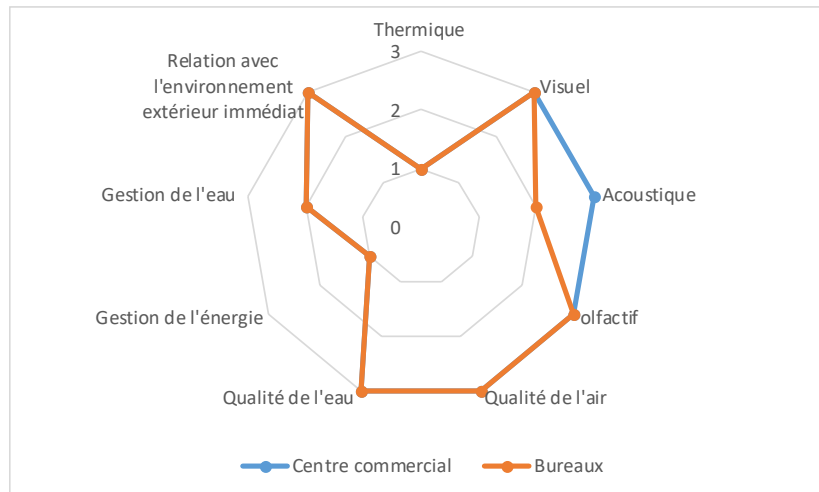


Figure 43 : Niveau d'atteinte des cibles HQE™ de la Tour Entente

On constate d'emblée une colinéarité du niveau d'atteinte des cibles HQE™ du centre commercial et des bureaux excepté les cibles de confort acoustique. Ensuite, excepté les cibles de confort acoustique et thermique ainsi que de la gestion de l'eau et de l'énergie, l'ensemble du bâtiment est conforme aux prescriptions du référentiel HQE™.

III.5. CONCLUSION PARTIELLE

Dans cette partie de notre document, nous avons de façon succincte analysé la conception de la Tour Entente au regard des prescriptions(cibles) de la démarche HQE™, il en ressort pour l'ensemble de la Tour qu'excepté les cibles de confort thermique et acoustique ainsi que de gestion d'énergie et de l'eau, toutes les cibles présentent une conformité avec ladite démarche. Nous aborderons subséquemment le chapitre 4 qui présentera une série de solutions en vue d'améliorer les performances HQE™ de notre bâtiment.

CHAPITRE IV. OPTIMISATION DE LA CONCEPTION DE LA TOUR EN VUE D'UNE AMELIORATION DE SES PERFORMANCES HQE™

Ce chapitre est consacré à l'optimisation de la conception de notre bâtiment, laquelle optimisation consiste à proposer des solutions en vue d'une amélioration des performances HQE™ du dit bâtiment, ainsi qu'au chiffrage de ladite optimisation.

Défini sur la base de la théorie adaptative (défini par la norme EN 15251) qui concerne les bâtiments dont le conditionnement d'air est assuré par une ventilation naturelle, le taux d'inconfort du centre commercial et du reste de la tour, définit plus haut, sera réduit à néant par le système de refroidissement sur boucle d'eau projeté. On note donc une interaction entre la cible de confort thermique et celle de la gestion d'énergie, visant à trouver le meilleur compromis entre un bon confort pour les usagers et des consommations d'énergie sobres et maîtrisées. Par ailleurs, l'amélioration du confort acoustique des locaux exposés au bruit doit se faire en phase avec celle du confort thermique eu égard à leur colinéarité.

IV.1. PROPOSITIONS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES HQE™ PAR CIBLE

IV.1.1. Gestion de l'énergie

En vue de réduire les consommations d'énergie non renouvelable, nous optons pour une toiture en panneaux solaires du local technique assurant par le biais des ventilateurs à double vitesse le rejet d'air du système de désenfumage. Ayant une surface de 98m² (28x3.5), notre système photovoltaïque générera avec un rendement de 11%, comme pour le cas de la toiture de la tour, une puissance crête de **10,78 kWc**.

IV.1.2. Gestion de l'eau

En vue de réduire les besoins en eau de la tour, nous proposons un recours aux eaux pluviales dont l'objectif sera la récupération des eaux de pluies pour l'alimentation des chasses.

IV.1.3. Confort acoustique

En vue d'assurer le confort acoustique dans les locaux faisant office de bureau au niveau des étages techniques, nous proposons deux solutions à savoir :

- Un doublage sur ossature métallique **Placostil M48** :

Ce mode constructif est constitué d'une plaque de plâtre **Placo** phonique BA 13mm, vissée sur une ossature métallique autoporteuse servant de gabarit à la couche d'isolant de laine minérale de 120 mm comme l'illustre la Figure 44, le tout adossé au BBC assurant la mitoyenneté entre les dits bureaux et les locaux techniques.

Ledit doublage offre selon la fiche technique une performance phonique d'écart en indice d'affaiblissement acoustique vis-à-vis des bruits roses de $\Delta R_A = + 25 \text{ dB}$ (pour le type Grand confort). On obtient par conséquent :

$R_A = 66 \text{ dB}$ et $R_w = 65 \text{ dB} \rightarrow D_{nT,A} = 60 > 53 \text{ dB}$ (isolement acoustique conforme)

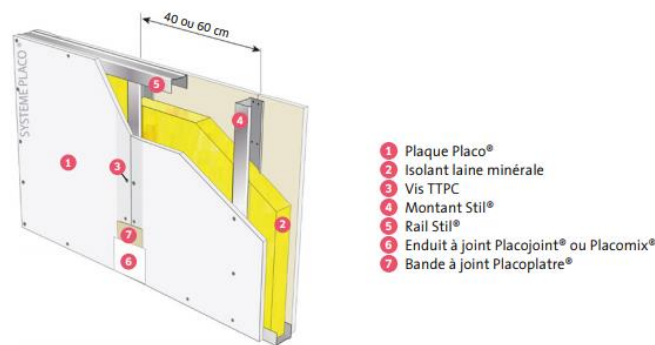


Figure 44 : Mode constructif pour l'amélioration du confort acoustique des bureaux situés en étage technique

○ La BTC

Etant une véritable alternative écologique aux matériaux de constructions conventionnels issue d'une ressource locale, la BTC constitue un bon isolant acoustique en atténuant la transmission des sons (atténuation de 56 dB à 500 Hz, pour un mur en terre de 40 cm) [36]. On aura donc un indice d'affaiblissement acoustique vis-à-vis des bruits roses de **$R_A = 56 \text{ dB}$** qui assurera un isolement acoustique au local réceptif conforme au référentiel HQE™ de **$D_{nT,A} = 53 \text{ dB}$** .

Notons également qu'outre ses atouts acoustiques, la BTC est reconnue pour son pouvoir de régulation thermique et hygrométrique. Elle possède en effet la propriété de pouvoir échanger de la vapeur d'eau avec l'air intérieur, à température ambiante, et ainsi de favoriser le maintien de la température et de l'humidité de l'air dans la zone de confort [36]. Cependant, du point de vue structurel, la forte inertie des BTC engendrera une reconsidération des charges permanentes appliquées au plancher qui les supporte, ce qui augmenterait très certainement les sections (armature et forme) des éléments porteurs de l'ossature (poutres, poteaux...) de notre bâtiment.

On retient enfin de ces deux (2) solutions sus-mentionnées qu'en dépit de son accessibilité du point de vue local pas aisée, le mode constructif **Placostil M48** reste le plus optimale eu-égard

à sa faible inertie comparativement au BTC.

IV.2. CHIFFRAGE DES PROPOSITIONS D'AMELIORATION DES PERFORMANCES HQE™

IV.2.1. Gestion de l'énergie

La toiture en panneaux photovoltaïque des locaux techniques de désenfumage sera de type « polycristallin » et fournira une puissance de **10,78 kWc** comme l'illustre la note de calcul présentée dans l'Annexe 26. Notons également qu'en dépit de son coût d'installation estimé à **6.135.386 FCFA** comme l'illustre le Tableau 29, lesdits panneaux induiront une économie de **6.522.915 FCFA/an** eu-égard au prix moyen du kWh en Côte d'Ivoire qui est de 70 FCFA[37].

Tableau 29 : Chiffrage de l'installation des panneaux photovoltaïque en toiture des locaux techniques de désenfumage

Désignation	Marque	Quantité	Prix Unitaire HT en FCFA	Prix Total HT en FCFA
Panneaux polycristallin solaire 10,78 kWc	Victronenrgy	32	142.400	4.556.800
Onduleur 9 kVA	STP8.0-3AV-40	1	1.126.000	1.126.000
Câblages U1000R02V 3G2,5mm ²	Nexans	15	650	9.750
Câblages U1000R02V 3G1,5mm ²	Nexans	45	600	27.000
Coffret raccord DC + parafoudre	Legrand	1	122.175	122.175
Boitier d'interconnexion	Legrand	5	300	1.500
Divers	-	-	-	292.161
				6.135.386

IV.2.2. Gestion de l'eau

La récupération des eaux pluviales pour l'alimentation des chasses d'eau sanitaires permettra une réduction de la consommation en eau de la tour. De façon pratique nous projetons comme équipements dans un premier temps des filtres à tamis sur les gouttières et les caniveaux à grilles situés respectivement au rez de jardin et au premier niveau de parking dont le rôle est de préfiltrer l'eau avant son acheminement dans la fosse de relevage. La section de ladite fosse est de 4×2×1,5m et a été déterminée sur la base de la consommation journalière d'une chasse de WC à Abidjan qui est de 145 l comme l'illustre le Tableau 30 [38].

Tableau 30: Consommation en eau des WC de la tour

Parties de la tour	Nombre de WC	Consommation par chasse (l/jour)	Coefficient de simultanéité	Consommation (m3/jour)
Bureaux & sous-sols	168	145	0,4	9,744
Centre commercial	18	145	0,8	2,088
				12

Par ailleurs, nous projetons un système automatisé de drainage de ces eaux pluviales muni de vannes motorisées de fermeture d'arrivée d'eau situées en amorce de gouttière et actionnées par consigne lorsque le volume d'eau de la fosse atteint **12m³**, le surplus d'eau étant ensuite évacué dans le système général par des gouttières de rejet.

Enfin, notons qu'en dépit de son coût d'installation estimé à **1.348.000 FCFA** comme l'illustre le Tableau 31, le système de récupération des eaux pluviales génère une économie de **5.088FCFA/jour de pluie** (sachant que à Abidjan on a 6mois de saison sèche et 6mois de saison de pluies) eu égard au prix moyen du m³ en Côte d'Ivoire qui est de 424 FCFA[38].

Tableau 31 : Chiffrage de l'installation de récupération des eaux pluviales

Désignation	Marque	Quantité	Prix Unitaire HT en FCFA	Prix Total HT en FCFA
Vanne motorisées de fermeture DN 100	WILTEC	6	33.000	198.000
Suppresseur d'eau chasse WC 2kW	PEDROLO	1	1.150.000	1.150.000
				1.348.000

IV.2.3. Confort acoustique

Etant le choix optimal du point de vue confort acoustique des bureaux situés au niveau des deux (2) étages techniques R+11 et R+18, le doublage « Placostil M48 » adossé sur les cloisons BBC des dits niveaux totalise une surface de **291,2m²** comme l'illustre la Figure 45.

Il est composé comme évoqué plus haut d'une plaque de plâtre « Placo » vissée sur une ossature métallique autoporteuse servant de gabarit à la couche d'isolant de laine minérale de verre de 120 mm. Le choix de la laine de verre se justifie par son coût ainsi que de son pouvoir isolant supérieur à celui de la laine de roche [39].

En vue d'appréhender l'impact financier du doublage sur le projet, nous avons établi sur la base des fiches techniques son devis qui prend en compte la fourniture et la main d'œuvre estimé à **10.526.880 FCFA** comme l'illustre le Tableau 32.

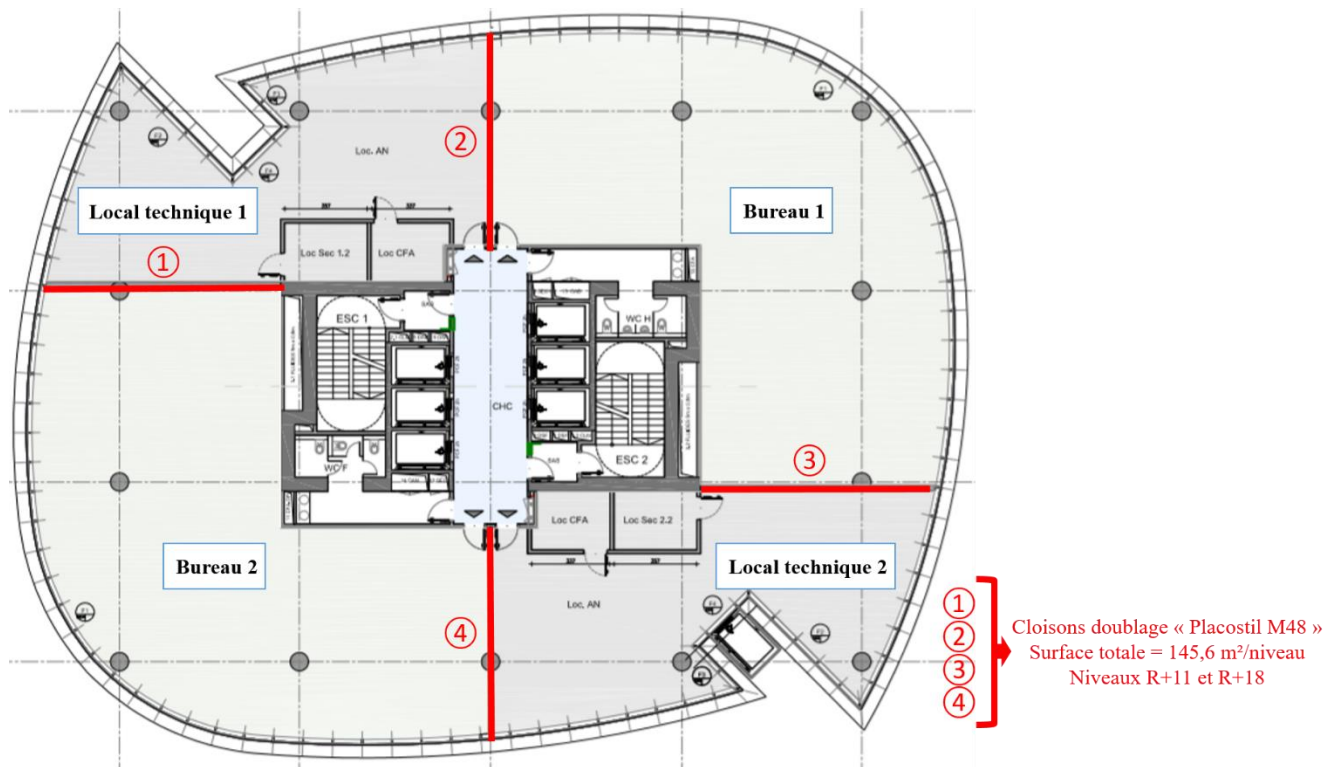


Figure 45 : Plan type des étages techniques

Tableau 32: Chiffrage du doublage « Placostil »

Désignation		Unité	Quantité	Prix Unitaire HT en FCFA	Prix Total HT en FCFA
Fourniture	« Placo » BA 13 et ossature métallique	m²	291,2	16.500	4.804.800
	Laine minérale	m²	291,2	13.100	3.814.720
	Main d'œuvre	m²	291,2	6.550	1.907.360
					10.526.880

CONCLUSION

Au terme de notre analyse dont l'objectif était d'évaluer d'emblée l'impact sur son environnement extérieur en termes de gestion de l'énergie, de l'eau, des déchets ainsi que la relation avec le voisinage, de la tour Entente, et ensuite cerner les conditions de vie qu'elle offre à ces usagers sur la base des prescriptions établies en la matière par la démarche HQE™ à savoir les 14 cibles. Il en ressort qu'en dépit du cadre vie agréable extérieur assorti d'une bonne cohabitation avec son environnement immédiat, du confort visuel et olfactif ainsi que la qualité de l'eau qu'elle offre en son sein, le bâtiment présente de l'inconfort thermique (évalué selon la théorie adaptative) et acoustique(uniquement au niveau des bureaux situés en étage technique) ainsi qu'une mauvaise gestion de l'énergie et de l'eau caractérisée respectivement par une consommation énergétique excédant largement le seuil maximal prescrit malgré le recours aux énergies renouvelables à savoir la toiture solaire, et le non recours pour la consommation en eau, des eaux pluviales.

Des solutions ont été également proposées à l'effet d'améliorer les performances HQE™ de notre bâtiment à l'instar du doublage sur ossature métallique (solution optimale) et de la BTC pour l'amélioration du confort acoustique des bureaux en étages techniques, l'augmentation de la production d'énergie renouvelable par des panneaux photovoltaïques en rez de jardin et la récupération des eaux pluviales pour l'alimentation des chasses des sanitaires.

Cependant, eu- égard aux performances thermo-acoustiques et environnementales de l'architecture vernaculaire africaine, ne serait-il pas temps de l'étudier dans le but d'en dégager des principes et réglementation normatives utiles à la bonne conduite des projets de construction contemporains durables ?

BIBLIOGRAPHIE

Ouvrages scientifiques et polycopiés de cours

- [1] Global Alliance for Buildings and Construction (2018), Bilan mondial 2018
- [2] Céline MANDALLEN(2006), Elaboration et application d'une méthode d'évaluation de la QEB tertiaires en exploitation), Thèse de doctorat, Université Bordeaux 1
- [3] ADEME(2002), Bâtiment et Démarche HQE™
- [4] Ministères Français de l'égalité des territoires et du logement(2013), La performance Environnementale des Bâtiments, support de formation pour les acteurs de la construction
- [6] CTB(2017), Eco-construction et efficience énergétique dans les Bâtiments, Manuel de bonnes pratiques architecturale
- [9] CDDP DE L'HERAULT(2009), - Thém@doc - Architecture et lumière),
- [15] Nicolas Morel & Edgard Gnansounou(2007), Energétique du Bâtiment, Cours section Génie Civil 4^{ème}/5^{ème} année, EPFL)
- [16] Mazari Mohamed(2012), Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public, Mémoire de Magister en Architecture, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Algérie
- [18] Cécile BATIER(2016), Confort thermique et énergie dans l'habitat social en milieu méditerranéen, Thèse mécanique-génie civil-architecture, ENSAM

[19] HAMZA BELKHOUE(2017), Etude de l'impact des modèles de confort sur la consommation énergétique pour les bâtiments NZEB's type bureaux (Cooling dominated), TFE Université de Liège

[20] Madi Kaboré(2015), Enjeux de la simulation pour l'étude des performances énergétiques des bâtiments en Afrique sub-saharienne, Thèse Génie civil & science de l'habitat, 2IE- Université Grenoble Alpes

[22] Céline MANDALLENA(2006), Elaboration et application d'une méthode d'évaluation et d'amélioration de la qualité environnementale de bâtiments tertiaires en exploitation, Thèse mécanique, Université Bordeaux 1,

[23] ADEME (2020), Rénover l'éclairage des bâtiments tertiaires

[25] 2Dconsulting Afrique(2018), EIES projet Entente

[30] : GSPM_Côte d'Ivoire (2020), Notice de sécurité Incendie de la Tour Entente

[31] IEPF, Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale - Tome 1 : Conception des nouveaux Bâtiments

[34] Roger Cadiergues, Performances et étiquettes énergétique, MémoCad nR14.a

[35] CSTB (2011), Référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments tertiaires Bâtiment et Démarche HQE™

[36] BTC le Village – Cavaillon(2015), la terre sociale et solidaire

[38] IFGDG :(2019), Économie d'eau des toilettes, une approche crédible de réduction du déficit en eau potable de la ville d'Abidjan (Côte d'Ivoire)

Sites internet

[5]<https://www.qualitel.org/professionnels/certifications/hqe-international-certification-cerway-reseaux/>

[7] <https://www.soleil.info/uv-meteo/soleil-terre-et-uv/>

[8] <https://energieplus-lesite.be/theories/climat8/ensoleillement-d8/>

[10]<https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/facteur-de-lumiere-du-jour/>

[11] https://www.guide-clea.fr/clea_projet/flj/

[12] <https://www.techno-science.net/definition/1743.html>

[13] <http://thesis.univ-biskra.dz/2707/4/Chapitre%202.pdf>

[14] https://meteo45.com/classifications_des_vents.html

[17] <https://energieplus-lesite.be/theories/confort11/le-confort-thermique-d1/>

[21] <https://www.anses.fr/fr/content/qualit%C3%A9-de-l%E2%80%99air-int%C3%A9rieur>

[24]<https://fr.scribd.com/document/474802313/acoustique-cours-procedes-generaux-de>

[construction-pdf](#)

[26] <https://www.google.com>

[27] [www.unicef.org/french/wash/files/Cote_Ivoire_Rapport_final_des_zones_favorables_\(FINALE\).pdf](http://www.unicef.org/french/wash/files/Cote_Ivoire_Rapport_final_des_zones_favorables_(FINALE).pdf)

[28] <https://globalsolaratlas.info/>

[29] <https://www.windfinder.com/windstatistics/abidjan>

[32] <http://cypecadmep.cype.fr>

[33] <http://climate.onebuilding.org/>

[37] https://macieenligne.ci/eagence_mobile/tarifs

[39] <https://conseils-thermiques.org/contenu/laine-de-verre-ou-laine-de-roche.php>

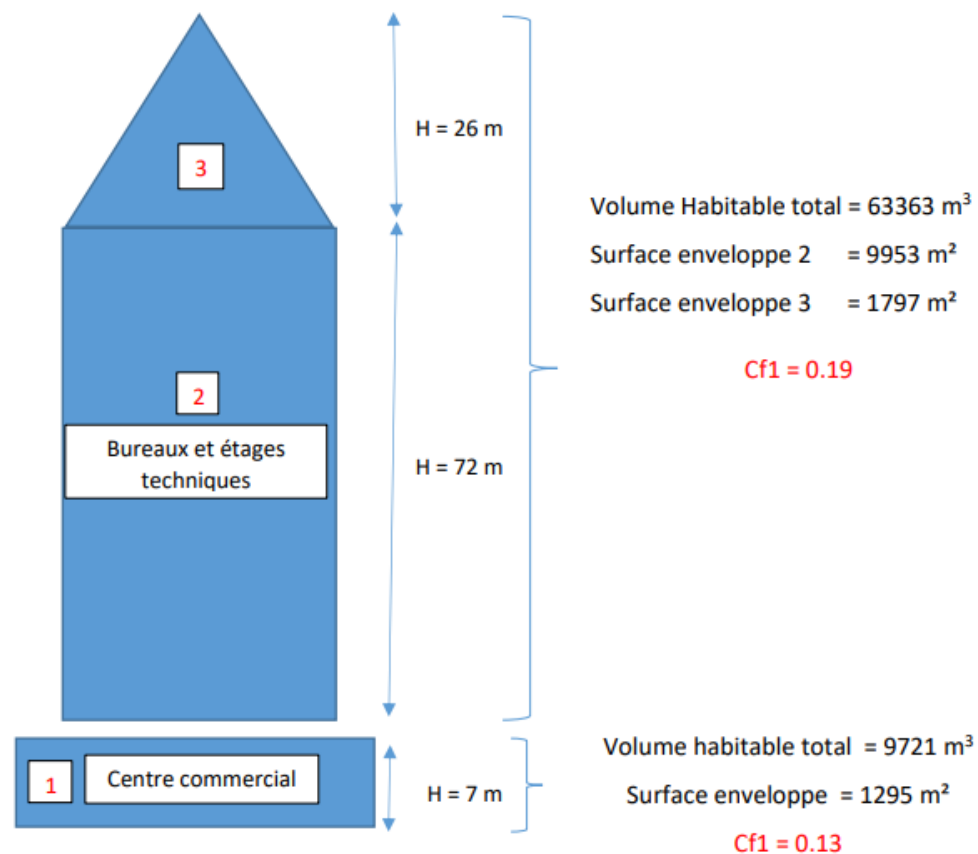
[40] <https://www.amee.ma/>

ANNEXES

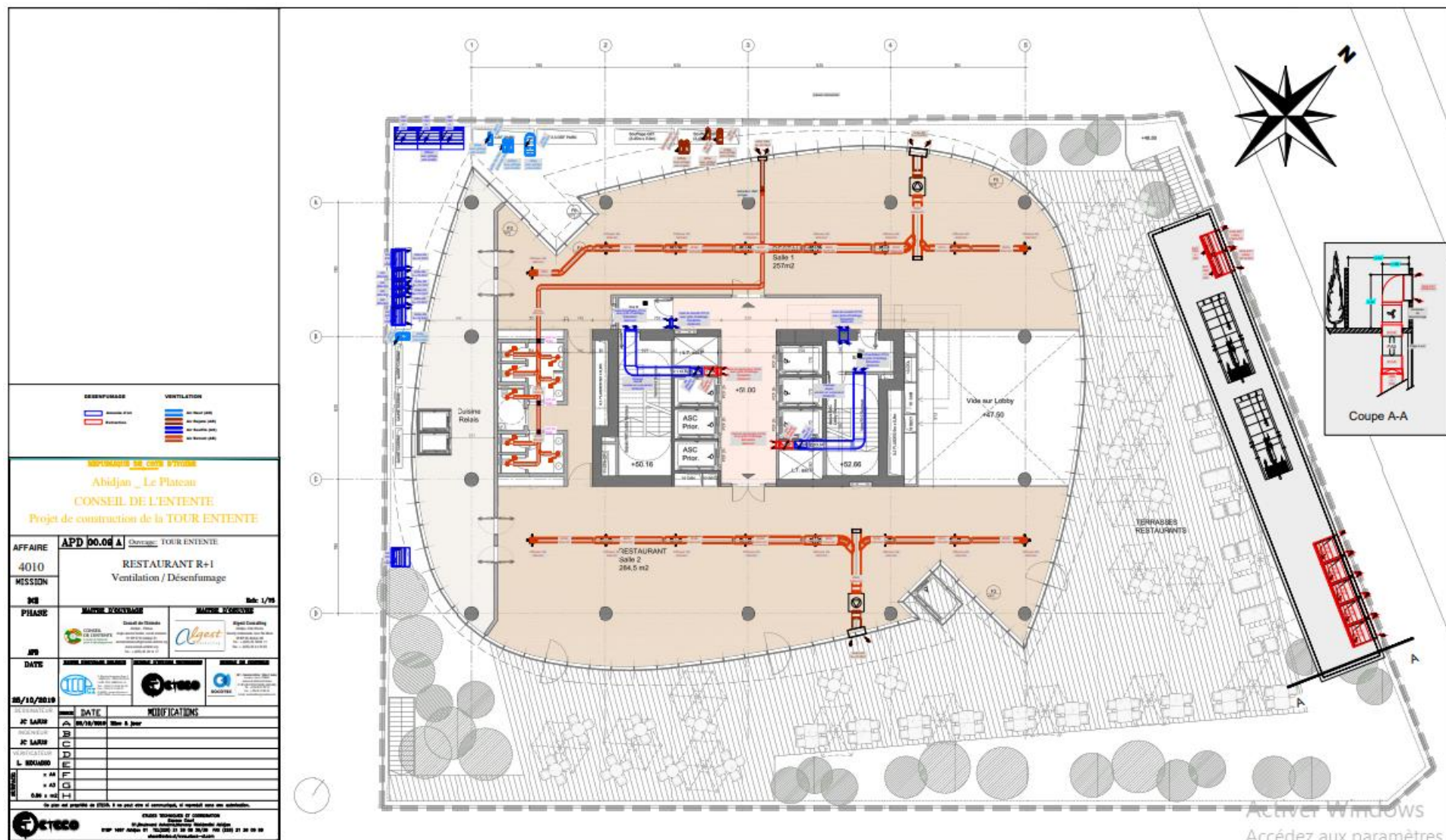
Annexe 1 : Calcul de la compacité de la Tour Entente	I
Annexe 2 : Plan de l'Amenée et du rejet d'air des sous-sols, du centre commercial et du Restaurant R+1	II
Annexe 3 : Plan de la VMC bureaux étage type	III
Annexe 4 : Fiche synoptique de la VMC des bureaux locataires.....	IV
Annexe 5 : Plan de désenfumage du noyau central de la tour.....	VI
Annexe 6 : Fiche synoptique du désenfumage du noyau central de la Tour.....	VII
Annexe 7 : Plan de désenfumage du hall du centre commercial.....	IX
Annexe 8 : Fiche synoptique du refroidissement type DRV des bureaux du Conseil	X
Annexe 9 : Schéma de principe du refroidissement par PAC sur boucle d'eau du centre commercial et des bureaux locatifs	XI
Annexe 10 : Plan des équipements d'émission du refroidissement	XII
Annexe 11 : Calcul manuel détaillé des types d'apports et de la charge de refroidissement du bureau type	XIII
Annexe 12 : Les autres charges du DPE par équipements	XVII
Annexe 13 : Note d'utilisation des panneaux PV en toiture	XVIII
Annexe 14 : Fiche technique du double vitrage COOL LITE	XXI
Annexe 15 : Note de calcul Eau froide sanitaire et cuisine.....	XXII
Annexe 16 : Plan de génération et de traitement de l'eau potable	XXIII
Annexe 17 : Fiche synoptique de la distribution et la régulation de l'eau potable	XXIV
Annexe 18 : Plan du système de collecte et d'évacuation des Eaux pluviales.....	XXVI
Annexe 19 : Fiche synoptique d'évacuation des eaux usées.....	XXVII
Annexe 20 : Note de calcul du RIA	XXIX
Annexe 21 : Fiche synoptique du RIA	XXX
Annexe 22 : Note de calcul du Sprinkler	XXXII
Annexe 23: Caractéristiques thermiques des ouvrages élémentaires du bureau type	XXXIII

Annexe 24: caractéristiques thermiques des matériaux du bureau type de CYPECAD MEP	XXXV
Annexe 25: Complément des matériaux de la tour et leurs caractéristiques thermiques de CYPECAD MEP	XXXVI
Annexe 26: Note de calcul de l'installation du système PV	XXXVII

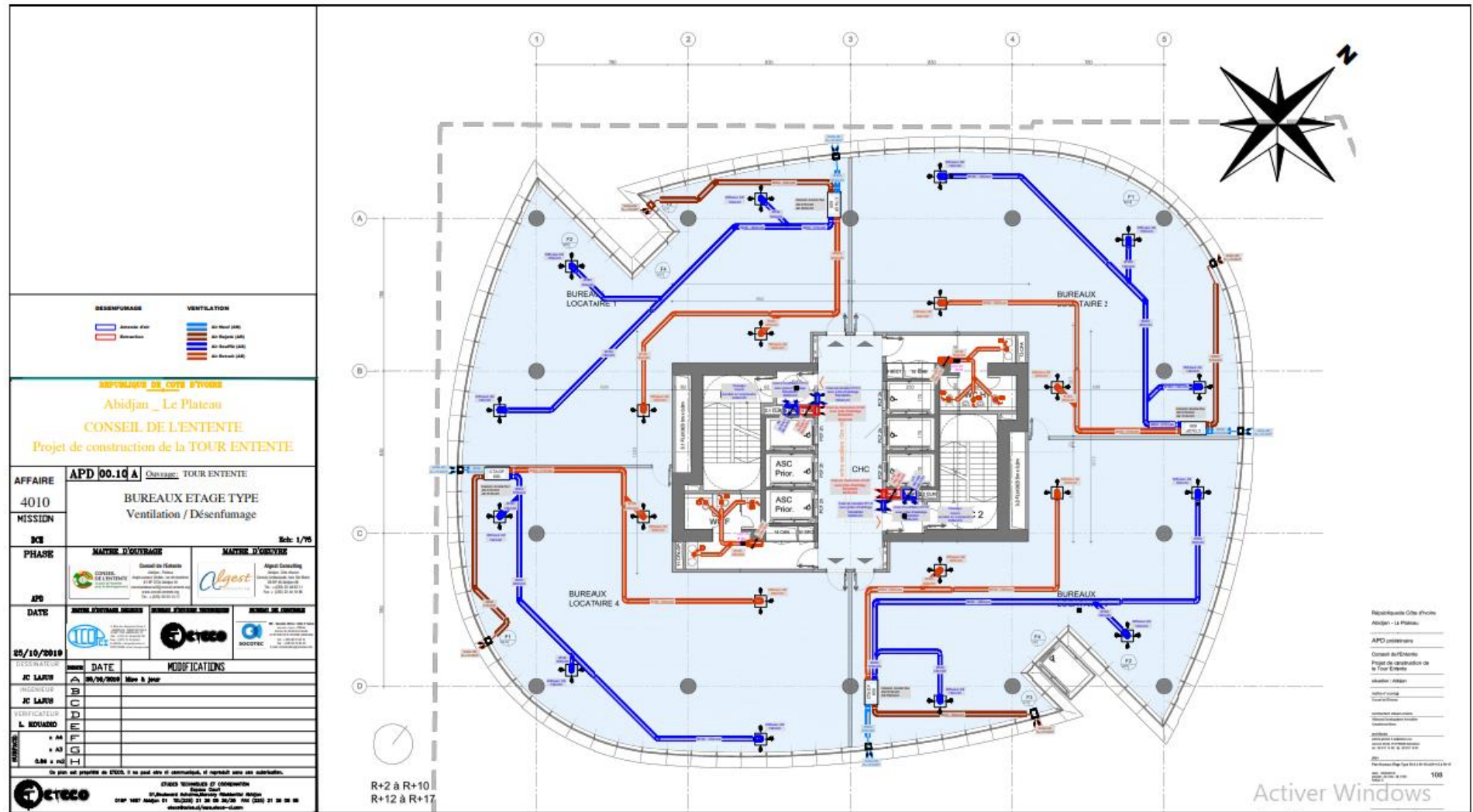
Annexe 1 : Calcul de la compacité de la Tour Entente



Annexe 2 : Plan de l'Amenée et du rejet d'air des sous-sols, du centre commercial et du Restaurant R+1

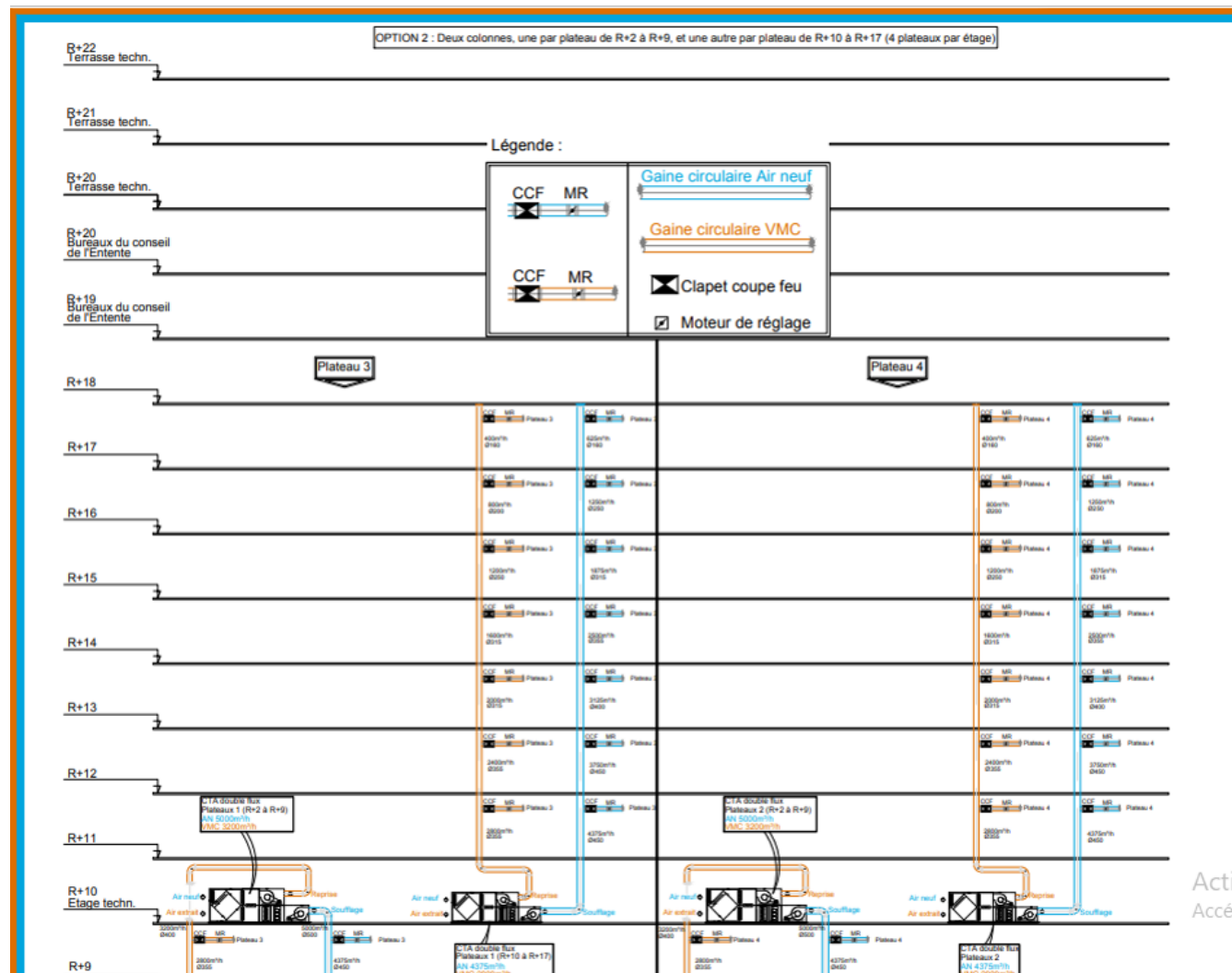


Annexe 3 : Plan de la VMC bureaux étage type

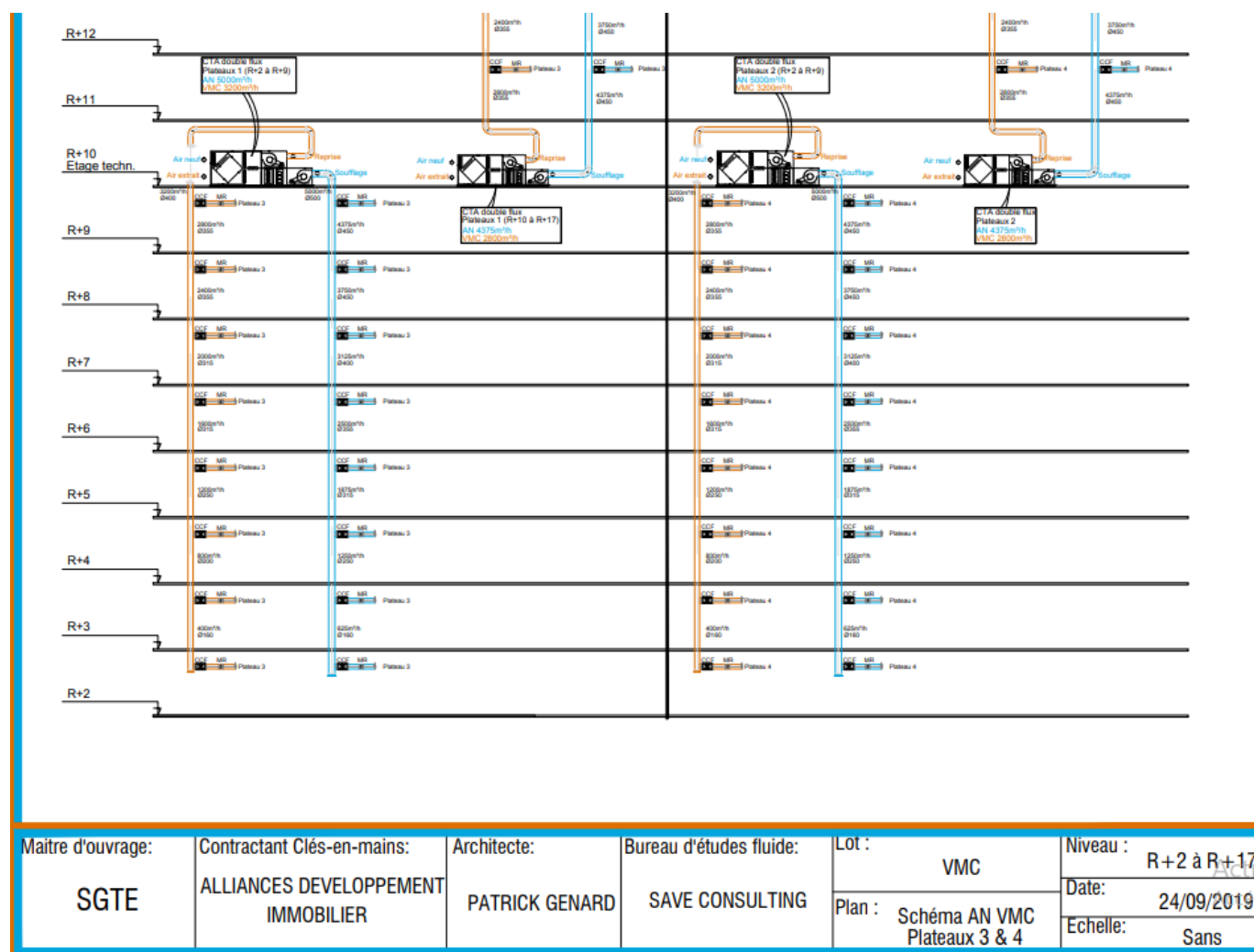


Annexe 4 : Fiche synoptique de la VMC des bureaux locataires

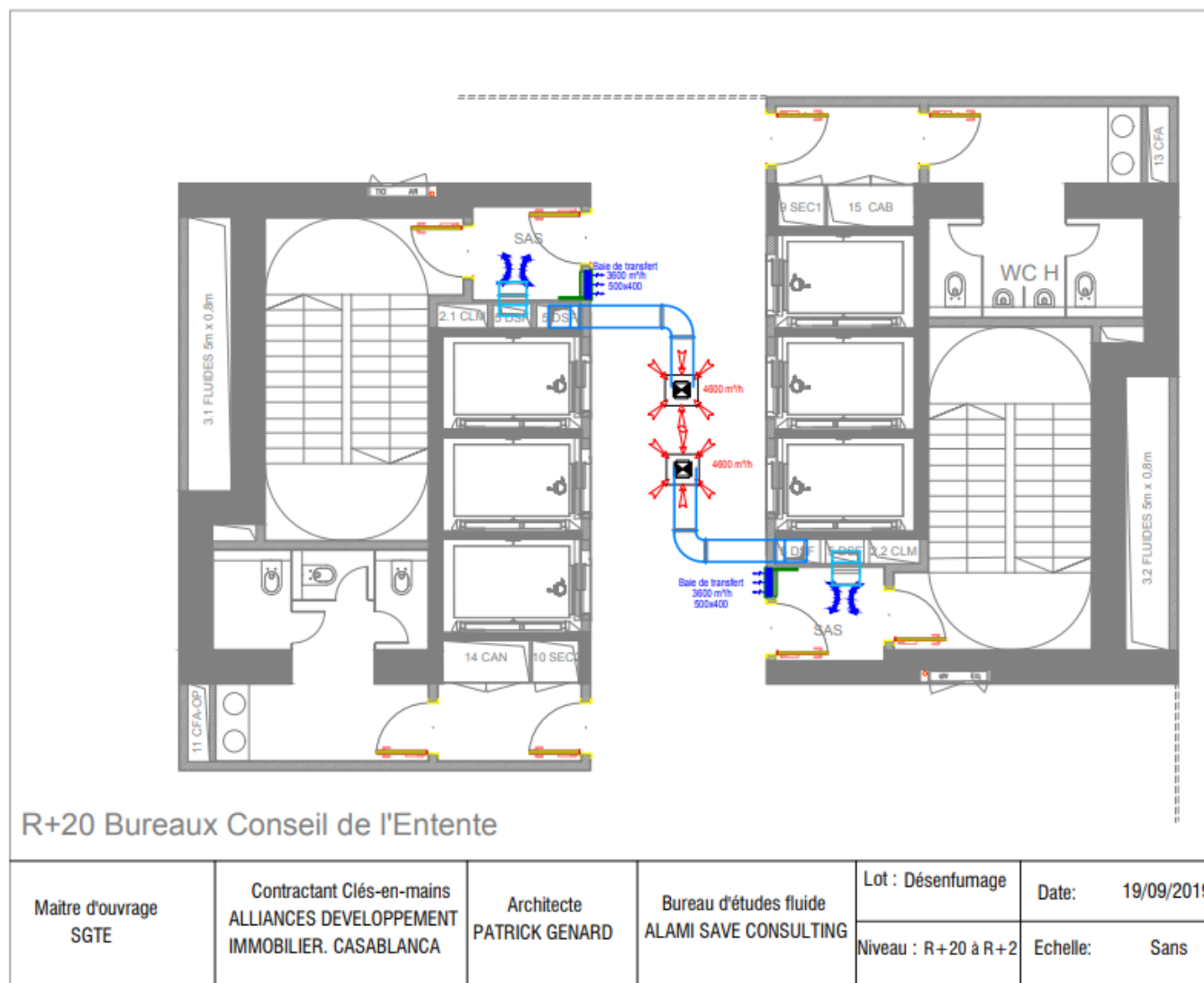
1)



2)

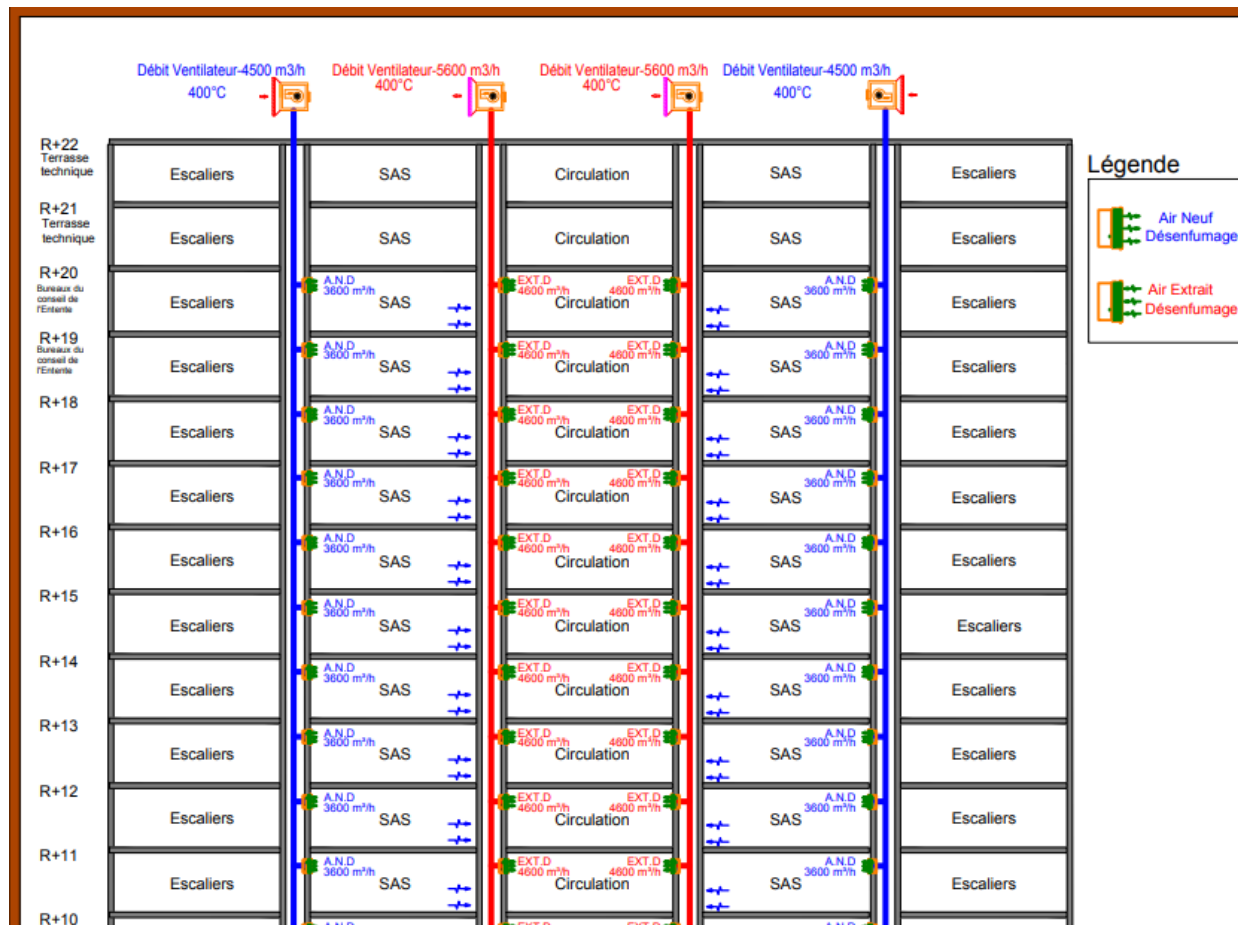


Annexe 5 : Plan de désenfumage du noyau central de la tour



Annexe 6 : Fiche synoptique du désenfumage du noyau central de la Tour

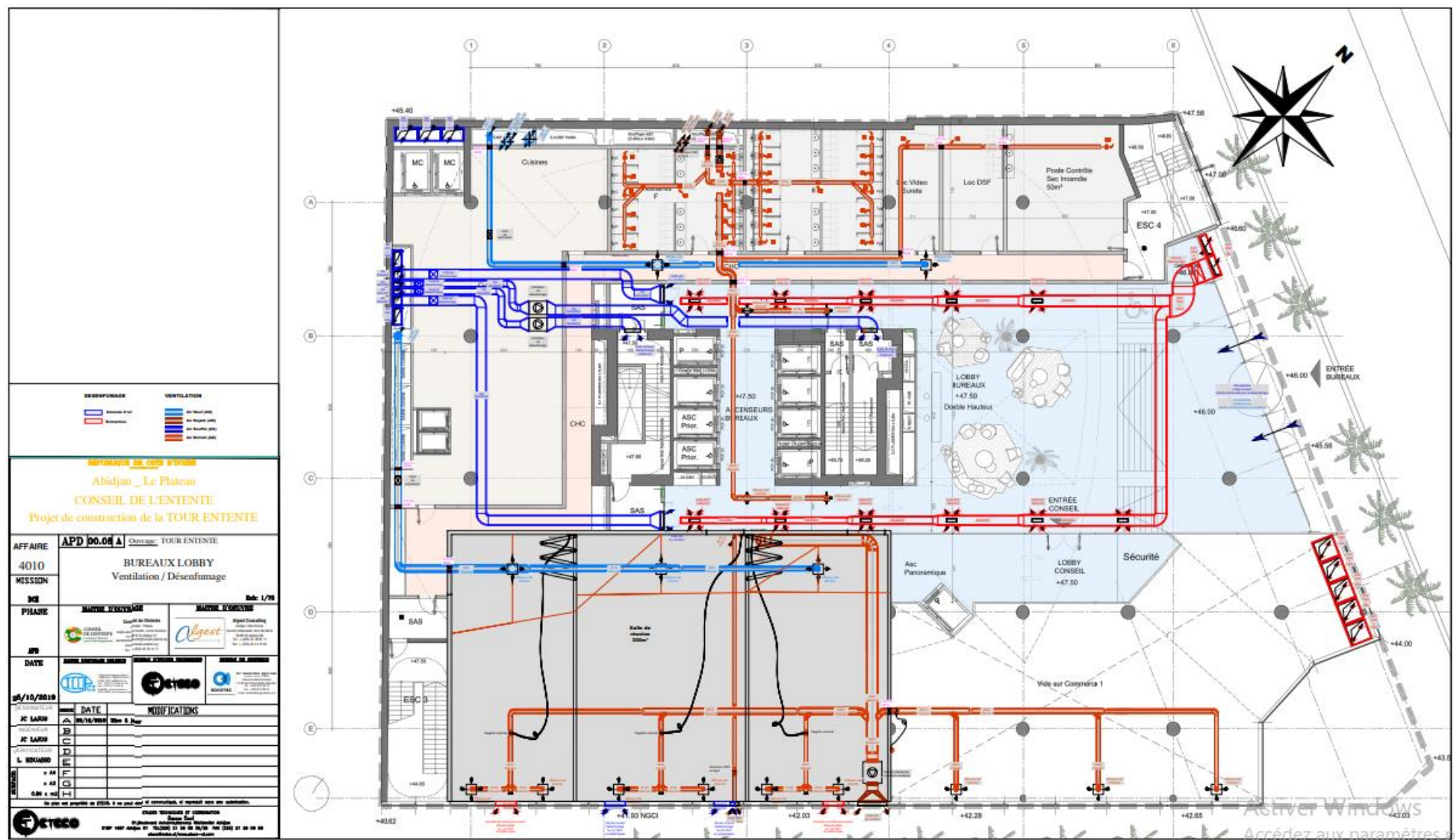
1)



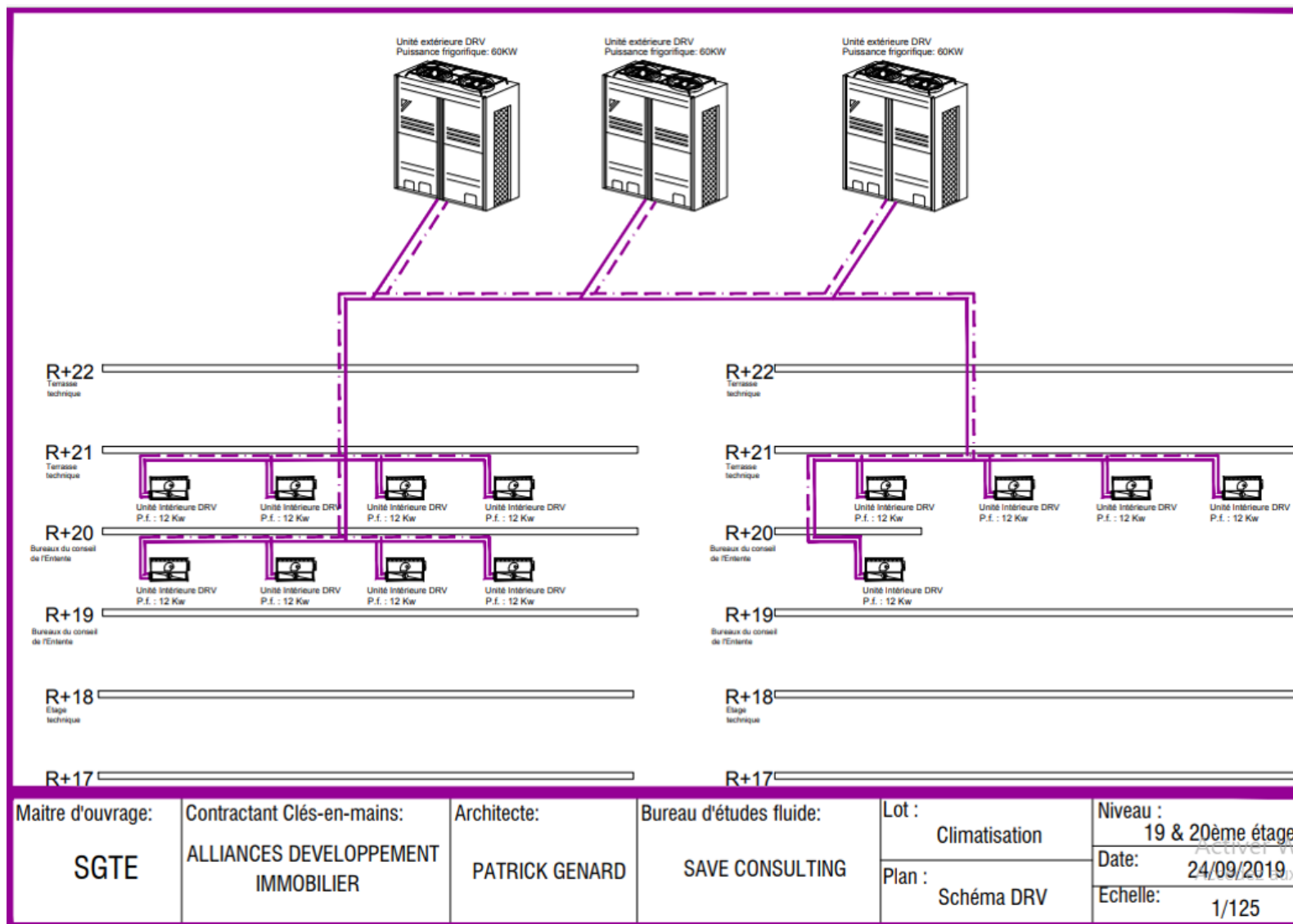
1)

	Escaliers	SAS	Circulation	SAS	Escaliers
R+10 Etage technique	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
R+9	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
R+8	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	Escaliers 3600 m³/h SAS	SAS
R+7	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
R+6	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
R+5	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
R+4	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
R+3	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
R+2	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
R+1	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	Escaliers 3600 m³/h SAS	SAS
Mezz	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
RDC	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
RDC bas	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
SS1	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
SS2	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
SS3	Escaliers	A.N.D 3600 m³/h SAS	EXT.D 4800 m³/h Circulation	SAS 3600 m³/h A.N.D	Escaliers
SS4					
SS5					
Maître d'ouvrage SGTE		Contractant Clés-en-mains ALLIANCES DEVELOPPEMENT IMMOBILIER, CASABLANCA	Architecte PATRICK GENARD	Bureau d'études fluide ALAMI SAVE CONSULTING	Lot : Désenfumage Date: 19/09/2019 Niveau : SS5 à R+22 Echelle: Sans

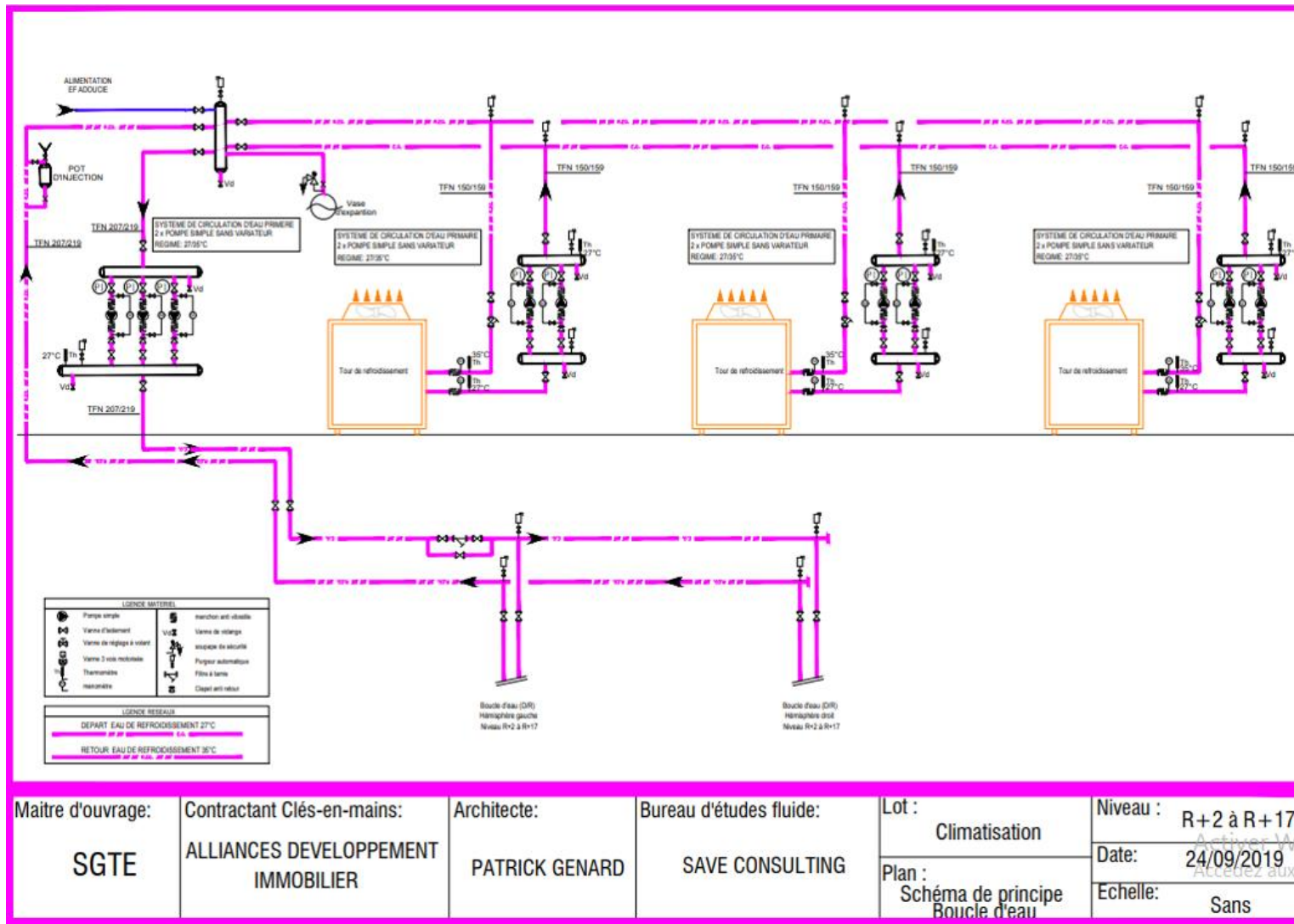
Annexe 7 : Plan de désenfumage du hall du centre commercial



Annexe 8 : Fiche synoptique du refroidissement type DRV des bureaux du Conseil



Annexe 9 : Schéma de principe du refroidissement par PAC sur boucle d'eau du centre commercial et des bureaux locatifs



Annexe 10 : Plan des équipements d'émission du refroidissement



Annexe 11 : Calcul manuel détaillé des types d'apports et de la charge de refroidissement du bureau type

APPORT PAR TRANSMISSION							
Zone habitable	Paroi	U (W/m².K)	Longueur(m)	Hauteur (m)	Surfaces (m²)	ΔT (°K)	QTr (W)
	Vitrage extérieur	1,400	138,000	4,000	552,000	8,000	6182,400
	Mur intérieur BA 60	1,768	29,000	4,000	116,000	5,000	1025,440
	Mur intérieur BA 40	2,059	4,300	4,000	17,200	5,000	177,074
	Mur intérieur BBC 15	1,170	38,600	3,250	118,548	5,000	693,506
	Portes	1,640	-	-	6,902	5,000	56,596
	Plancher Bas	1,593	107,522	0,250	26,881	8,000	342,566
	Plancher haut	0,185	-	-	1377,473	8,000	2038,661
Edicule	Mur intérieur BA 60	1,768	29,000	4,000	116,000	3,000	615,264
	Mur intérieur BA 40	2,059	4,300	4,000	17,200	3,000	106,244
	Mur intérieur BBC 15	1,170	38,600	4,000	154,400	3,000	541,944
	Toiture	4,170	-	-	138,000	3,000	1726,380
						Σ =	13506,075

APPORT PAR RAYONNEMENT SOLAIRE						
Façade exposée	Orientation	Coefficient d'absorption α	Facteur de réduction g	S (m²)	I (W/m²)	Qrs (W)
1	S-E	0,9	0,37	138	234	10753,236
2	S-O	0,9	0,37	138	234	10753,236
					$\Sigma =$	21506,472

APPORT PAR INFILTRATION D'AIR NEGLIGE						
---------------------------------------	--	--	--	--	--	--

APPORT PAR RENOUVELLEMENT D'AIR								
	Surfaces	Densité d'occupation (pers/m²)	Débit d'air (m³/h)	Capacité thermique volumique de l'air Rho.Cp (Wh/m³.K)	Volume spécifique de l'air humide (m³/kg d'air sec)	ΔT (°K)	Δw (g eau/kg d'air sec)	Qra (W)
Gains sensibles	920	0,1	2300	0,33	0,84	8	8,9	6256
Gains latents	920	0,1	2300	0,33	0,84	8	8,9	17194,8
							$\Sigma =$	23450,8

APPORT PAR METABOLISME				
	Surface (m²)	Nombre d'occupants	Chaleur/occupant (W)	Qmet (W)
Gains sensibles occupants	920	93	67	6231
Gains latents occupants	920	93	49	4557
			$\Sigma =$	10788

APPORT DES BUREAUTIQUES ET APPAREILLAGES			
	Sensible	Latent	Quantité
	Eclairage(LED)		
	8352	0	
	Bureautique		
photocopieuse et imprimante	879		4
Ordinateur	250	0	62
Autre charge	460	276	
$\Sigma =$	19476	276	
		$\Sigma =$	28104

RECAPITULATIF DES RESULTATS DU CALCUL MANUEL			
Types d'apports		Q (W)	Surface habitable totale (m²)
Apport externe	Transmission	13506,076	920
	Solaire	21506,472	
	Renouvellement d'air	23450,8	
Apport interne	Métabolisme	10788	
	Bureautiques et appareillages	28104	
	Σ =	97355,348	
P (W/m²) =		105,821	

Annexe 12 : Les autres charges du DPE par équipements

Niveau	Appareillages	Quantité	P unitaire (kW)	Total (kW)	Temps d'utilisation (h)
Sous-sol technique	Surpresseur AEP	1	2	2	8760
	Surpresseur Sprinkler	1	6	6	
	Ventilation local sprinkler	1	0.5	0.5	
	Surpresseur colonne humide	1	4	4	
	Surpresseur RIA	1	2	2	
Restaurant	Lave-vaisselle à condensation	1	9	9	4320
	Armoire positive 1400L	1	0.39	0.39	
	Armoire négative 1400L	1	1	1	
	Congélateur professionnel 750l	1	0.5	0.5	
	Vitrine réfrigérée verticale 1300l	1	0.4	0.4	
	Armoire de maintien en température mobile 20 niveaux GN2/1	1	3	3	
	Bain-marie 2 cuves GN1/1	1	1.4	1.4	
	Friteuse 2 cuves	1	14	14	
	Ventilation cuisine	1	1	1	
	Ventilation lave-vaisselle	1	1.2	1.2	
	Four micro-onde	2	1.55	3.1	
	Four à convection 10 niveaux GN 1/1	1	12	12	

Annexe 13 : Note d'utilisation des panneaux PV en toiture

SIMULATION PHOTOVOLTAIQUE

I-Hypothèses de calcul

Surface totale disponible en m ²		1.600,00
Surface occupée par les panneaux solaires : 83,5% de la surface totale		1.336,00
Surface unitaire du panneau en m ²	1,67	Nombre de panneaux maximum 800

II-Résultats :

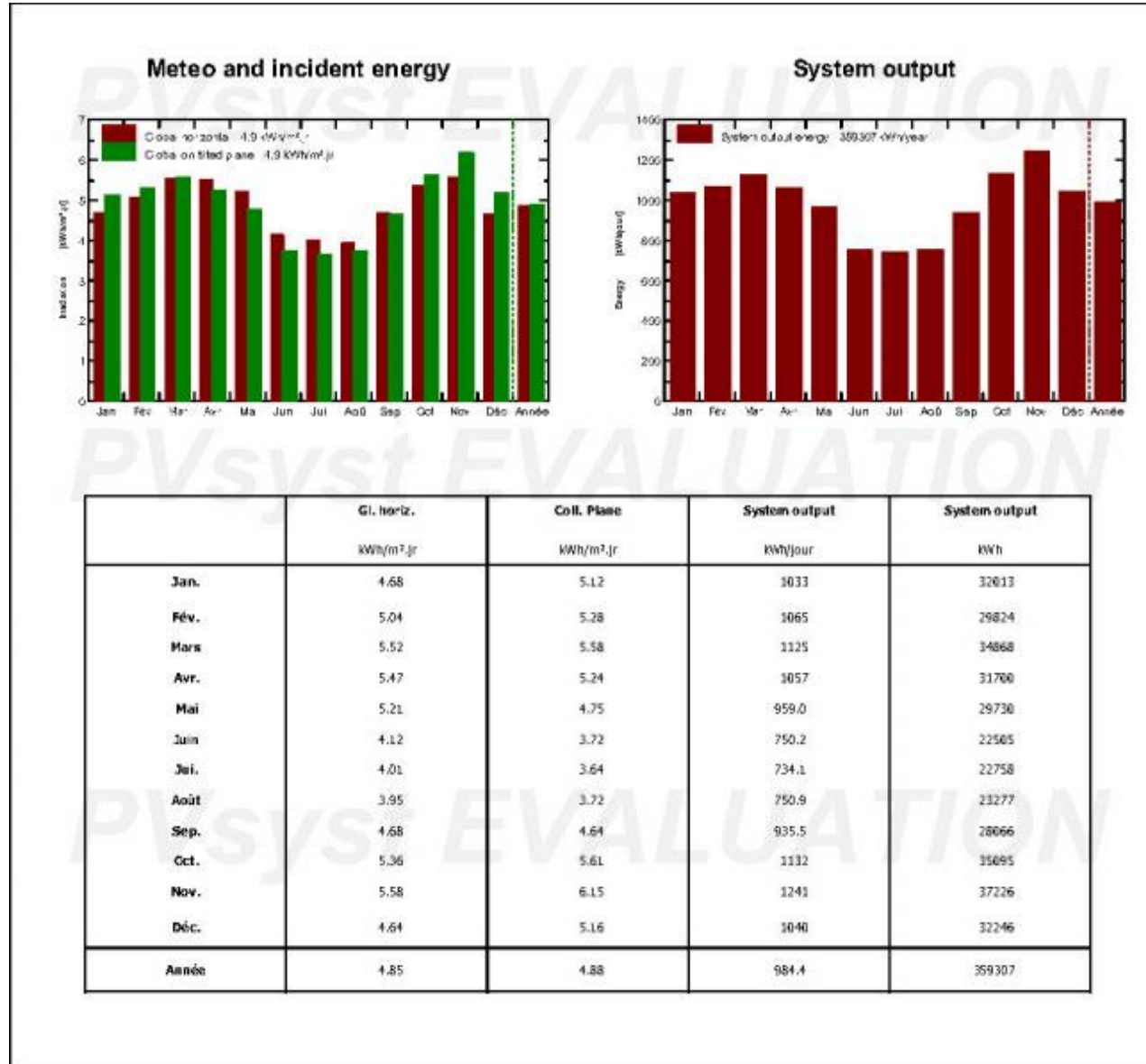
Nombre de panneaux	Puissance unitaire crête panneau en Wc	Puissance totale crête en kWc
800	300	240

Cette simulation a été effectuée sur la base d'une surface totale des toitures d'environ 1.600 m², occupées à 83,5% par des panneaux solaires.

En partant d'un coefficient de rendement de 50% des panneaux, l'énergie générée par ces panneaux, de l'ordre de 120 kW, serait en mesure de couvrir l'ensemble des besoins en éclairage des zones communes de la tour.

De plus, avec l'énergie ainsi économisée, les émissions de CO2 seront réduites d'environ 150 tonnes annuellement.

PVSYST V6.86		19/02/20	Page 1/1
Pré-dimensionnement système réseau			
Site géographique	Abidjan	Pays	Ivory Coast
Situation	Latitude 5.35° N	Longitude	-4.00° W
Temps défini comme	Temps légal Fus. horaire TU	Altitude	41 m
Orientation plan capteurs	Inclinaison 15°	Azimut	0°
PV-field installation main features			
Module type	Standard		
Technology	Polycrystalline cells		
Mounting method	Flat roof		
Back ventilation properties	Ventilated		
System characteristics and pre-sizing evaluation			
PV-field nominal power (STC)	Pnom	240 kWp	
Collector area	Acoll	1600 m²	
Annual energy yield	Eyear	359 MWh	Specific yield 1497 kWh/kWp
Economic gross evaluation	Investment	428379 EUR	Energy price 0.08 EUR/kWh



Annexe 14 : Fiche technique du double vitrage COOL LITE

PERFORMANCES D'ISOLATION ACOUSTIQUE

En complément des caractéristiques énergétiques, lumineuses et thermiques, les vitrages peuvent également présenter de hautes performances dans le domaine de l'isolation acoustique (see STADIP SILENCE).

Ce tableau reprend, à titre indicatif, une liste de compositions acoustiques.

* Simples vitrages feuilletés

R_p (dB)	R_a (dB)	$R_{a,w}$ (dB)	Composition (mm')	Ép. (mm)	Masse (kg/m²)
34	33	32	see STADIP PROTECT 44.2	9	20
37	37	34	see STADIP SILENCE 44.2	9	20
35	35	34	see STADIP PROTECT 55.2	11	25
38	38	36	see STADIP SILENCE 55.2	11	25
37	36	34	see STADIP PROTECT 66.2	13	30
39	39	37	see STADIP SILENCE 66.2	13	30
38	38	36	see STADIP PROTECT 88.2	17	40
41	41	38	see STADIP SILENCE 88.2	17	40

* Doubles vitrages

R_p (dB)	R_a (dB)	$R_{a,w}$ (dB)	Composition (mm')			Ép. (mm)	Masse (kg/m²)
			Verre 1	Interc. (Ar)	Verre 2		
34	33	30	4	16	4	24	20
35	33	30	22.1 Si	16	4	25	20
38	33	29	44.2	15	44.2	33	40
35	34	30	44.2	16	4	29	30
35	33	30	8	16	6	30	35
36	34	31	44.2	15	6	30	35
38	36	32	22.1 Si	16	8	27	25
38	35	32	10	15	6	31	40
42	40	35	44.2 Si	16	6	31	35
42	39	34	44.2 Si	15	8	32	40
39	37	34	55.2	15	8	34	45
41	39	36	66.2	15	44.2	37	50
44	41	36	44.2 Si	15	44.2 Si	33	40
40	39	36	66.2	16	10	39	55
44	42	37	44.2 Si	15	10	34	45
43	41	37	66.2 Si	16	8	37	50
44	42	37	44.1 Si	16	10	34	45
48	44	40	55.2 Si	15	55.2 Si	37	50
48	45	40	66.2 Si	16	44.2 Si	38	50
50	48	43	66.2 Si	15	66.2 Si	41	60
47	45	41	66.2 Si	20	10	40	60
45	44	42	86.2 Si	24	10	49	60
45	44	43	66.2 Si	24	12	40	60
49	47	43	66.2 Si	20	44.2 Si	42	50
52	50	44	88.2 Si	15	88.2 Si	49	80
52	49	44	86.1 Si	24	44.1 Si	47	55
53	52	47	86.2 Si	24	64.2 Si	50	60

* Triples vitrages

R_p (dB)	R_a (dB)	$R_{a,w}$ (dB)	Composition (mm')					Ép. (mm)	Masse (kg/m²)
			Verre 1	Interc.	Verre 2	Interc.	Verre 3		
31	30	26	4	12	4	12	4	36	30
35	34	30	22.1 Si	12	4	12	4	37	30
36	34	30	44.2	12	4	12	4	41	40
38	37	32	22.1 Si	12	4	12	6	39	35
39	38	34	8	12	4	12	6	42	45
41	38	34	44.2 Si	12	4	12	6	43	45
42	41	37	44.1 Si	12	4	12	6	42	45
47	45	41	44.1 Si	12	4	12	44.1 Si	46	50
45	43	39	44.1 Si	12	4	12	8	44	50
48	44	40	44.1 Si	12	6	12	10	48	60
48	47	42	66.1 Si	12	4	12	44.1 Si	49	60
50	48	44	66.1 Si	12	6	12	44.1 Si	51	65

- Le terme Si signifie : PVB "Silence"
- R_p (C; Ctr) est l'indice global de l'isolation acoustique d'une paroi, en dB, selon la norme européenne EN 12354-3.
- $R_a = R_p + C$ s'utilise pour les sources de bruit avec peu de basses fréquences (trafic routier ou ferroviaire rapide, proximité d'un aéroport, activités de vie, conversations, jeux d'enfants).
- $R_{a,w} = R_p + C_{tr}$ s'utilise pour les sources de bruit avec beaucoup de basses fréquences (trafic urbain, musique disco, trafic ferroviaire lent, avions à grande distance). L'indice tr vient de "trafic". En France, on utilise souvent l'indice $R_{a,w}$.
- Les facteurs suivants n'ont pas d'influence sur l'indice d'isolation acoustique : le sens du vitrage, la présence de couches (ITR, antireflet ou de contrôle solaire, la présence de verre trempé.

* Seul verre feuilleté



SAINT-GOBAIN

Glass Bâtiment France
Les Miroirs
18, avenue d'Alsace
92400 Courbevoie

www.saint-gobain-glass-batiment.fr
www.glassolutions.fr
www.vitrage-et-fenetre.com
www.saint-gobain.fr

NOUS CONTACTER :

0 820 810 820 Service 8,12 € / min
* prix appel

glassinfo.fr@saint-gobain.com

VOLUME TOTAL BACHE DE STOCKAGE EAU FROIDE SANITAIRE	368 m3
--	--------

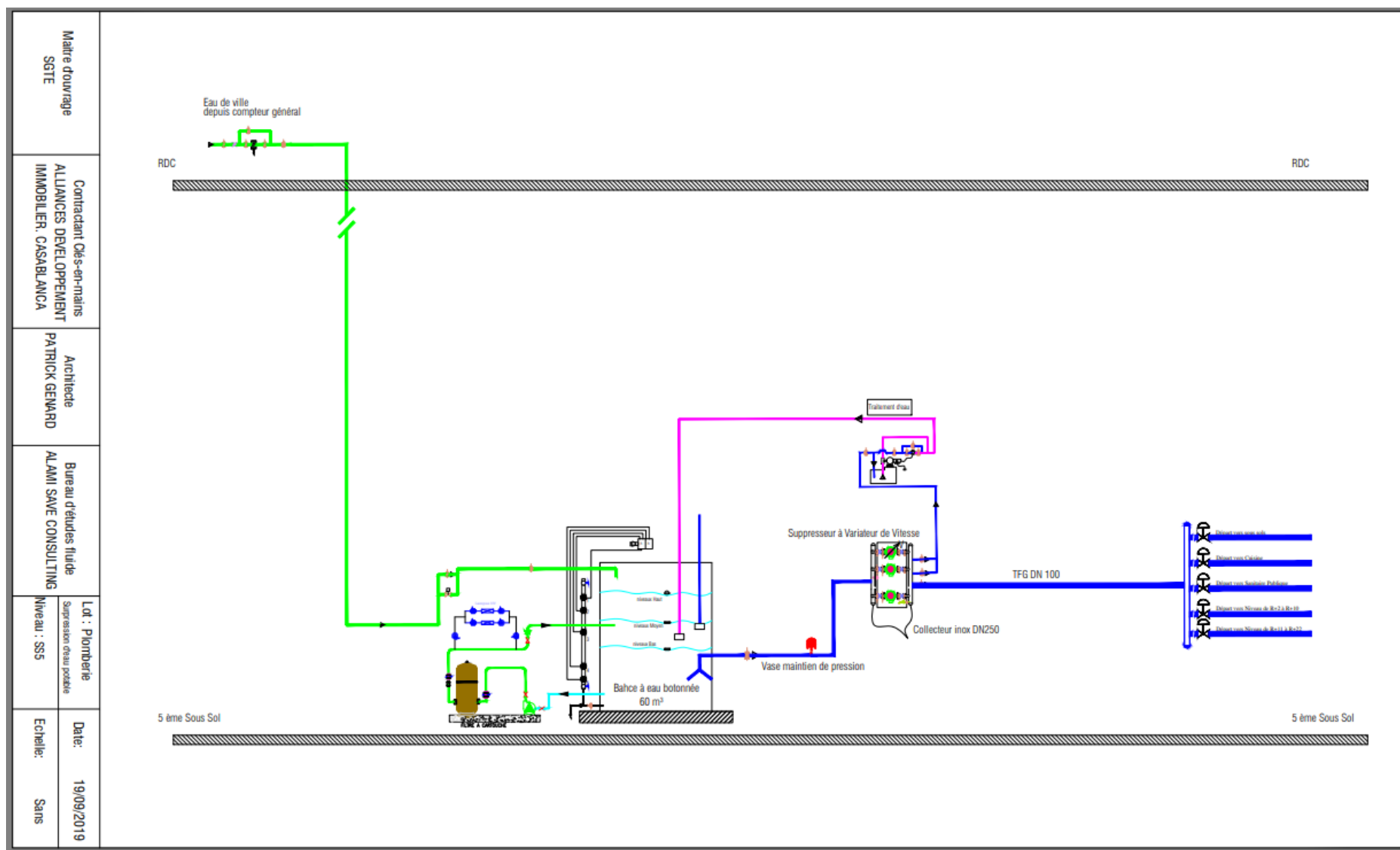
**HYPOTHESE SANITAIRES SUPPLEMENTAIRES
EN ATTENTES**

Ces sanitaires en attentes seront composés de :

- 1 Lavabo
- 1 WC avec réservoir

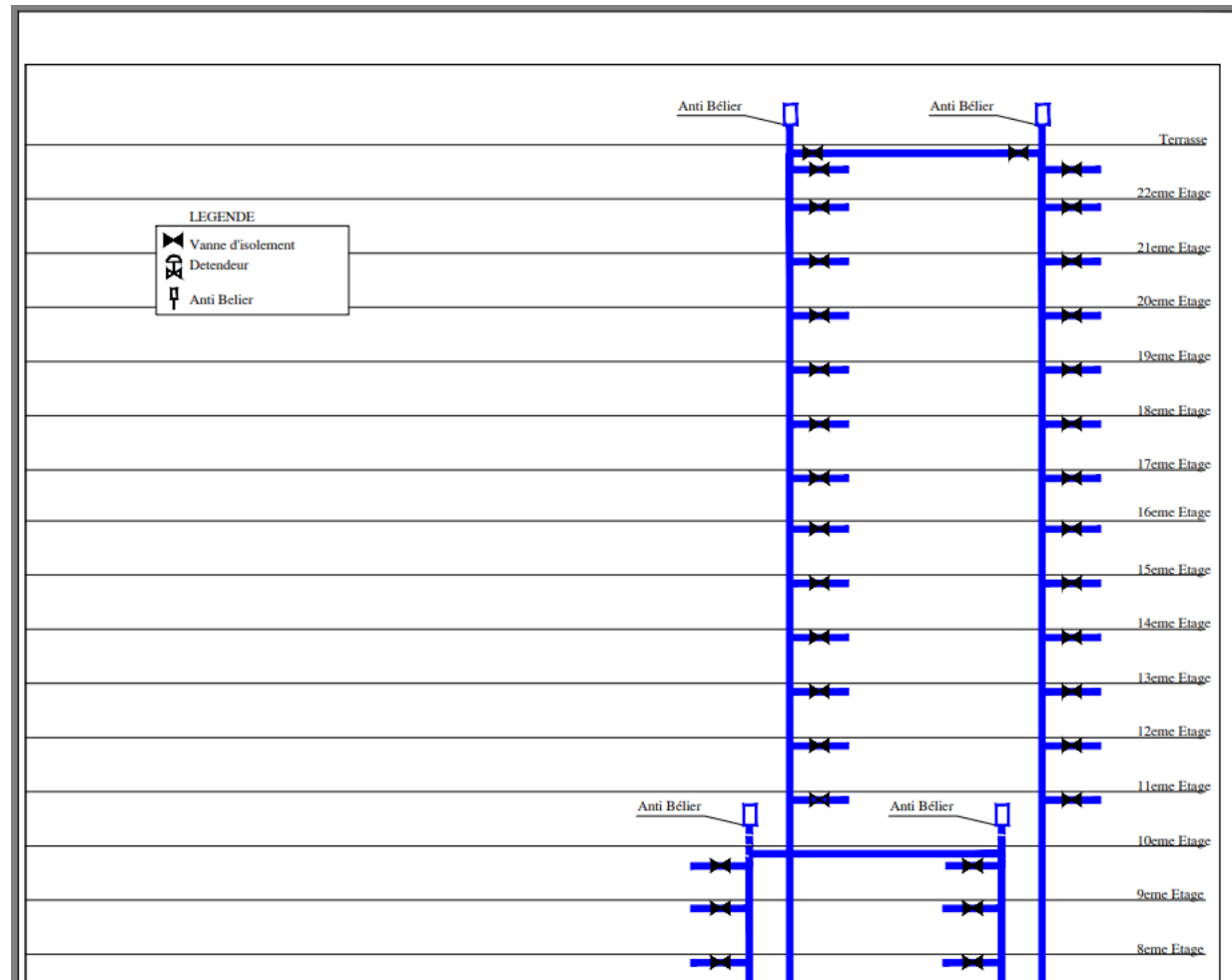
VOLUME BACHE DE STOCKAGE AUTONOMIE : 24H EAU FROIDE CUISINE	132 m3
---	--------

Annexe 16 : Plan de génération et de traitement de l'eau potable

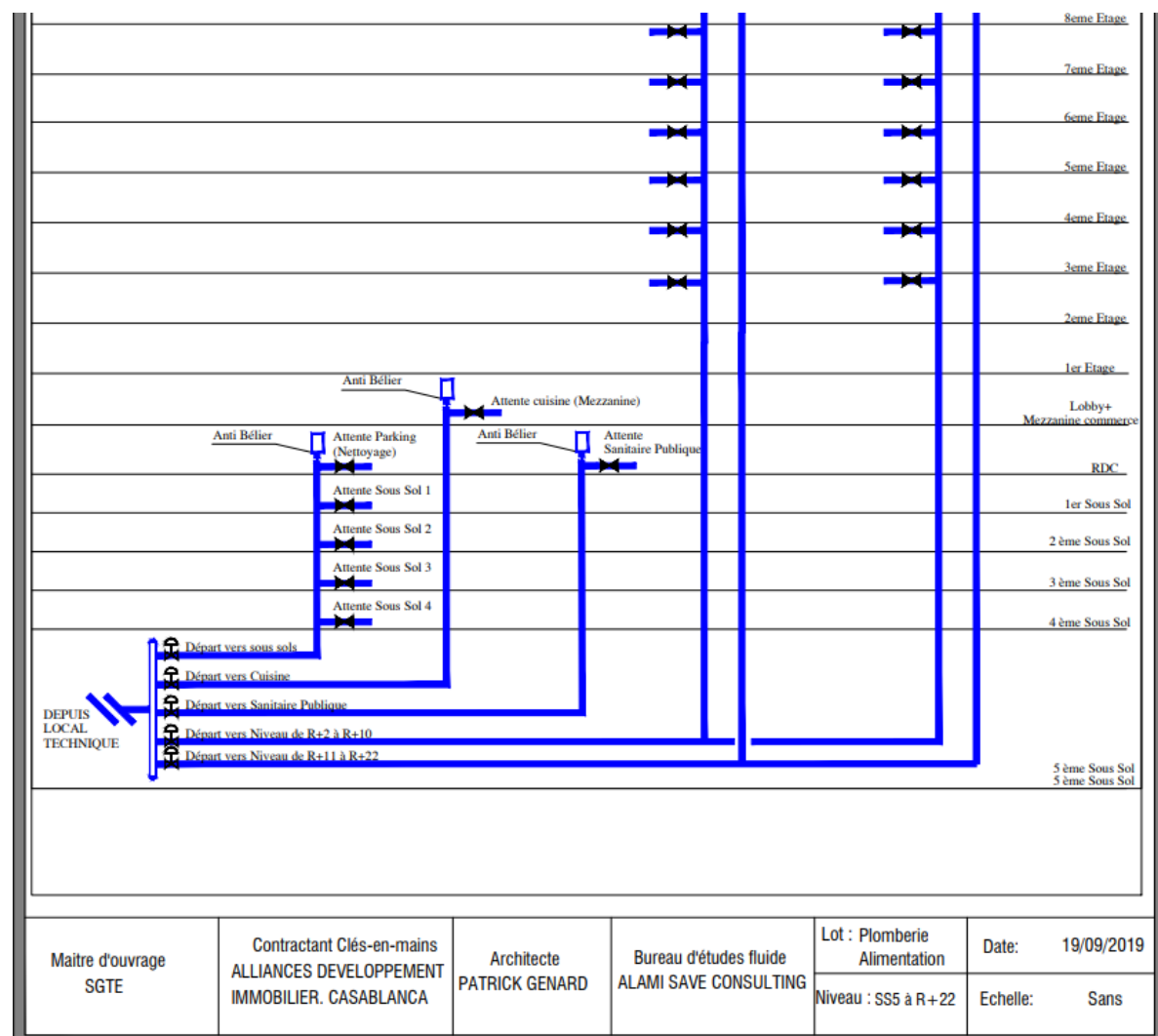


Annexe 17 : Fiche synoptique de la distribution et la régulation de l'eau potable

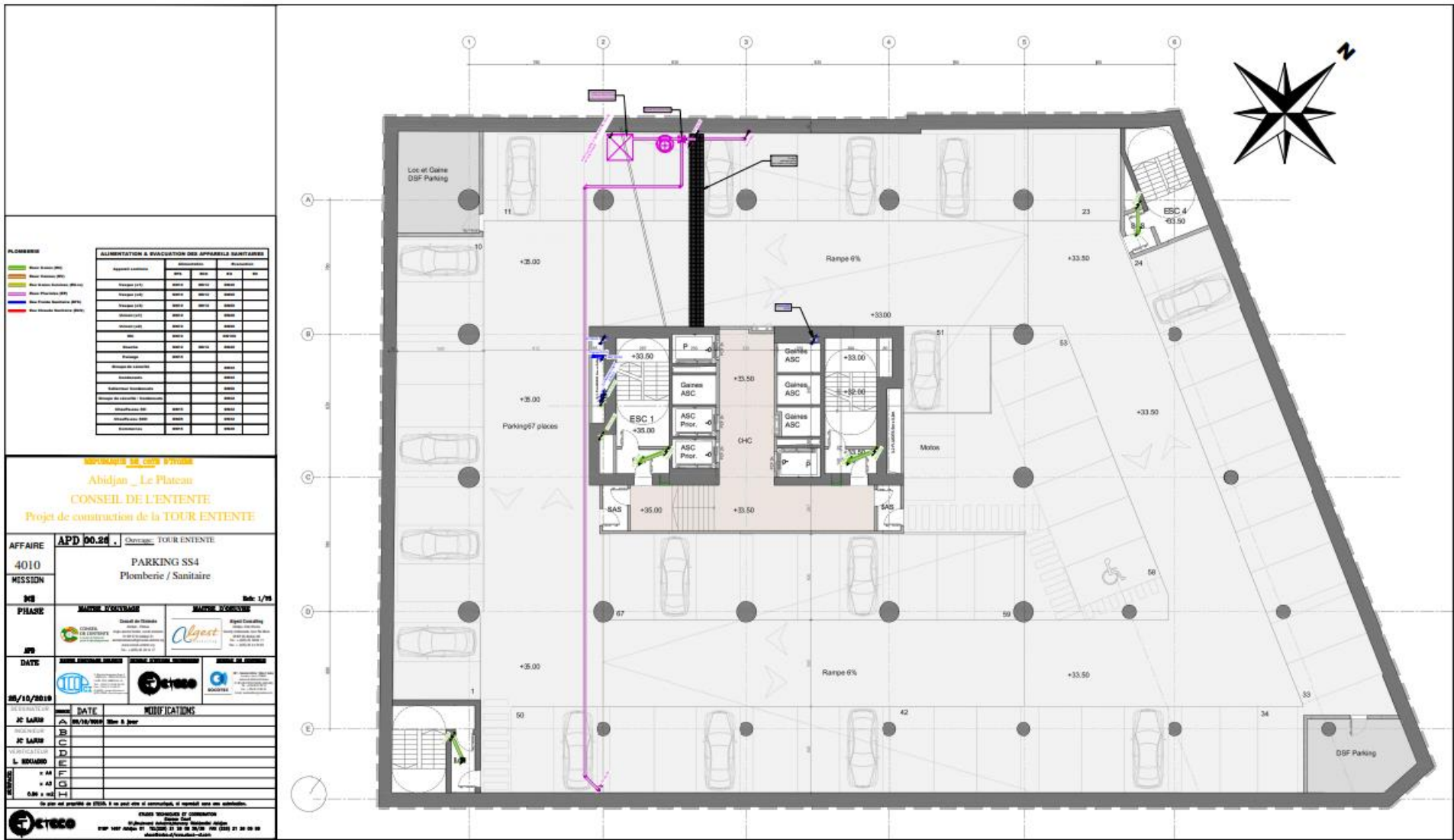
1)



2)

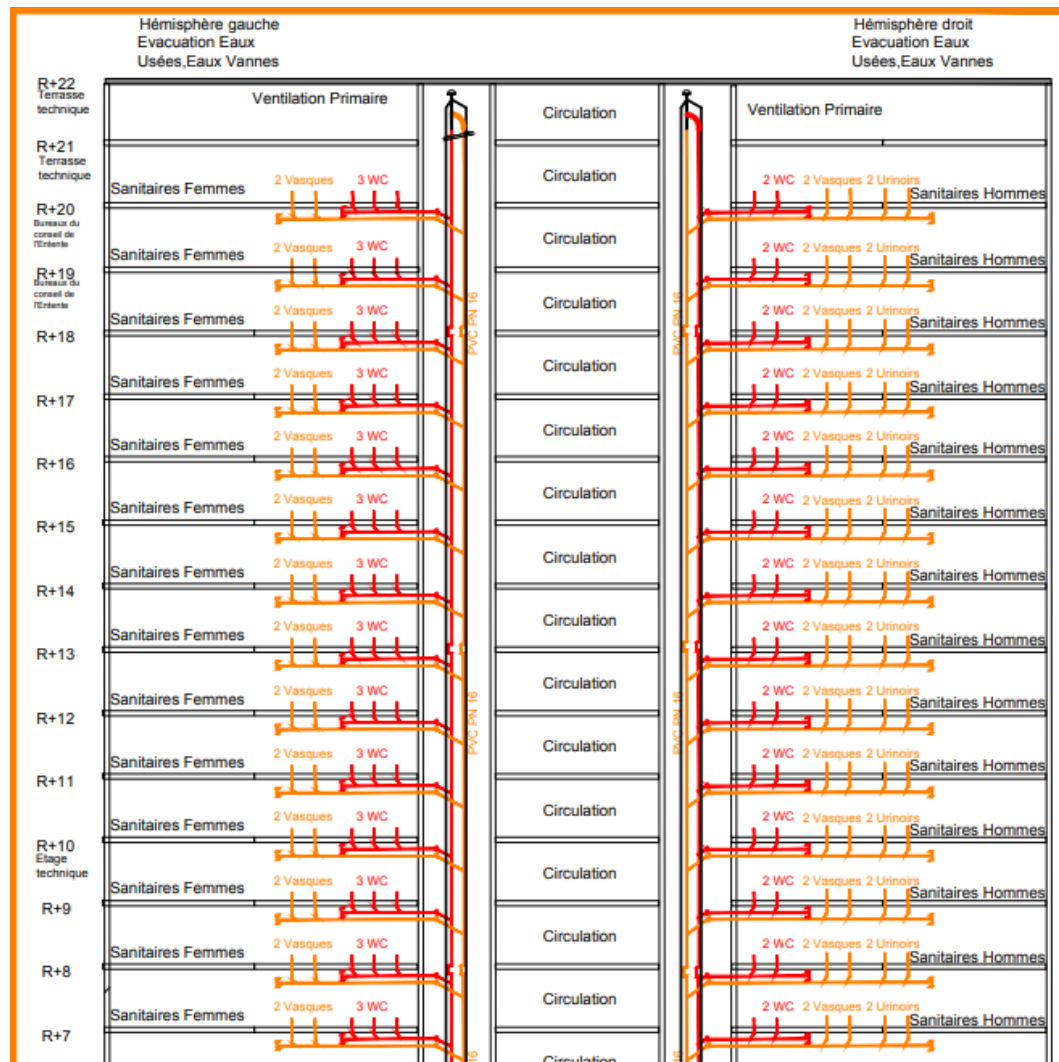


Annexe 18 : Plan du système de collecte et d'évacuation des Eaux pluviales

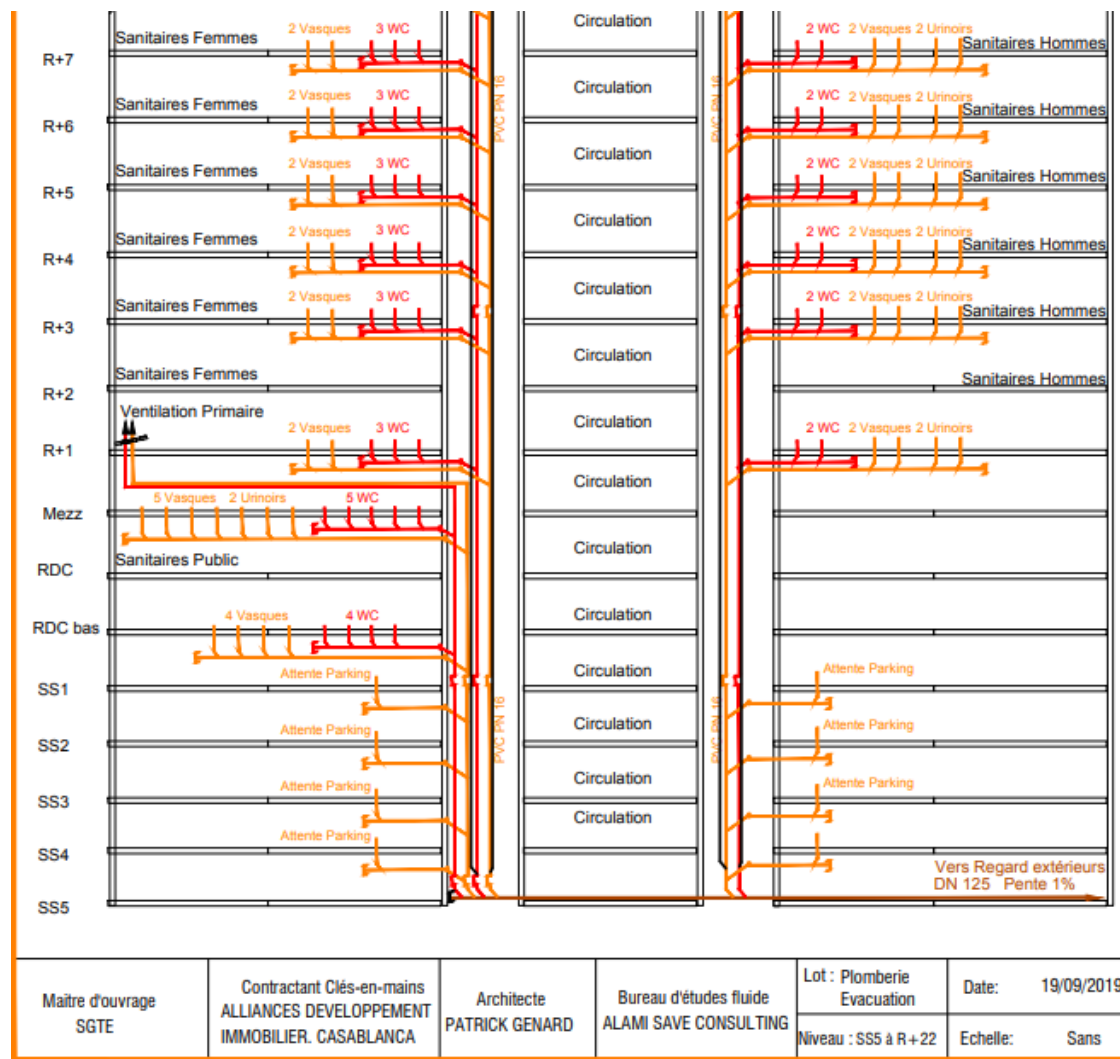


Annexe 19 : Fiche synoptique d'évacuation des eaux usées

1)



2)

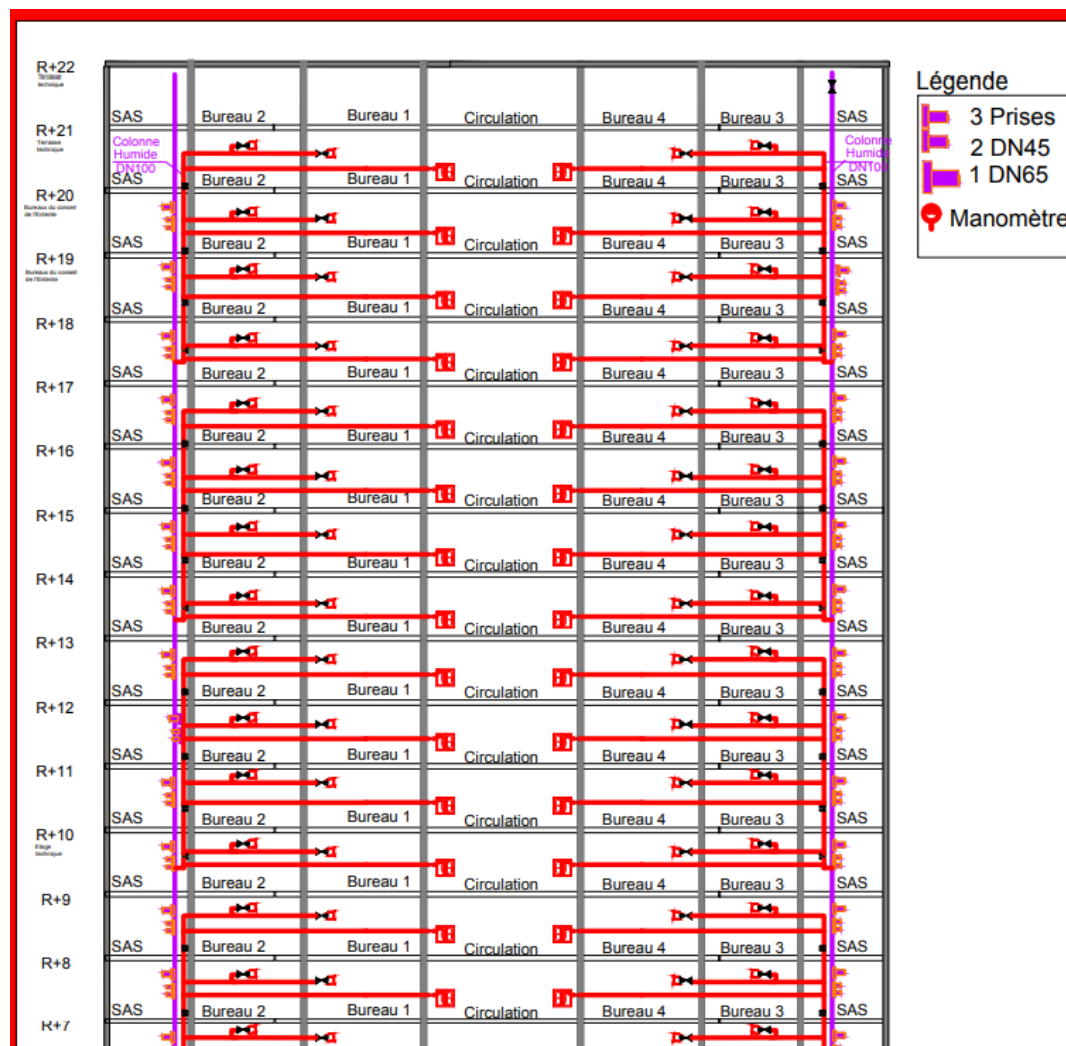


Annexe 20 : Note de calcul du RIA

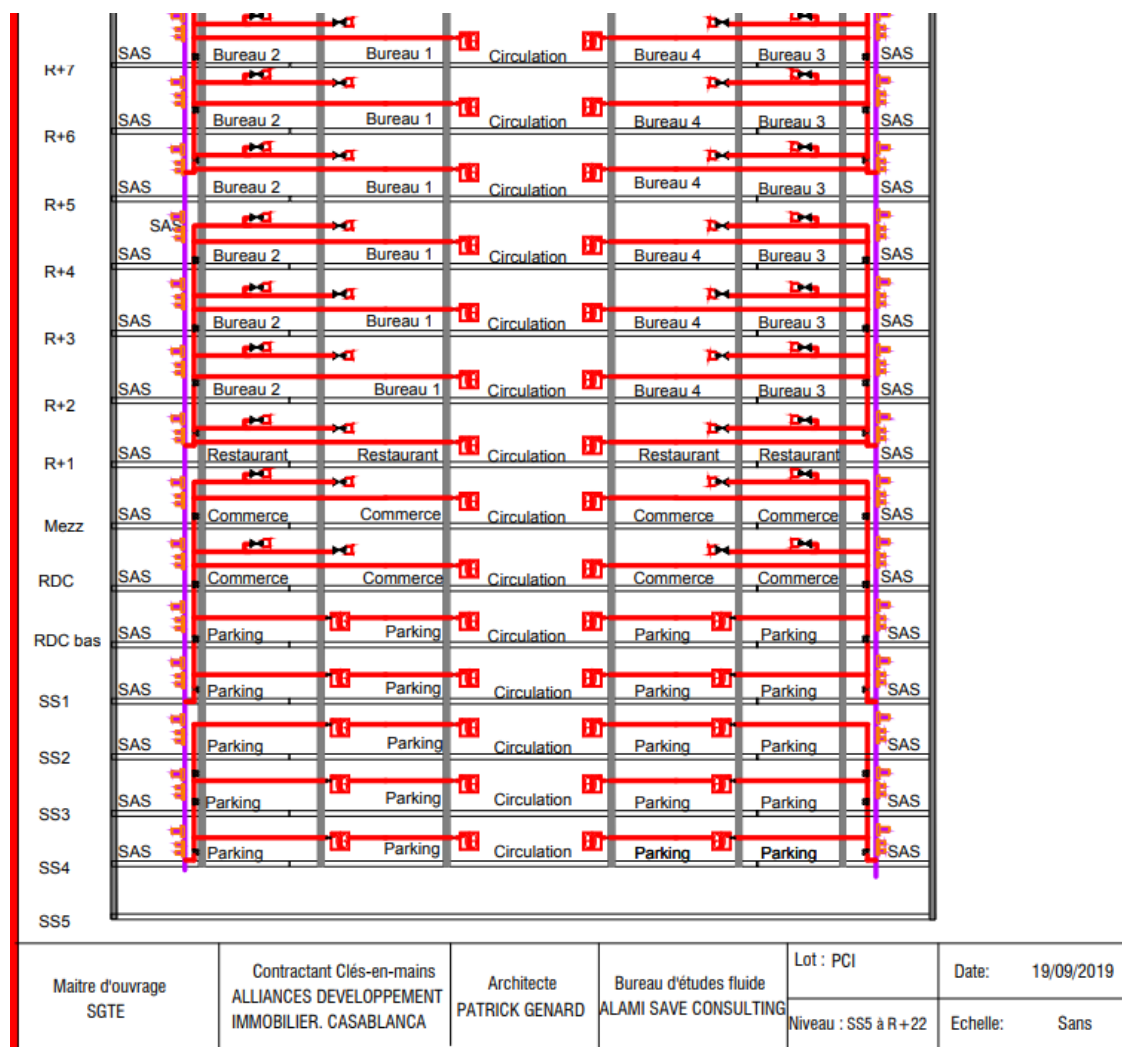
NOTE DE CALCUL BACHE MINIMALE RIA	
Nombre de RIA de l'installation	7 et plus
Nombre de RIA pour le calcul	4
Diamètre du RIA /Diamètre (mm) de l'orifice du robinet diffuseur	33/12
Débit nominal correspondant	111 l/min
Les sources doivent être capables d'alimenter simultanément pendant 20 minutes 4 RIA dont le débit est 111l/min	
Le volume minimal calculé de la source sera donc de	8880 l
	8,88 m3
La capacité de la source d'alimentation doit, en tout état de cause, toujours être supérieure ou égale à	10.00 m3
CAPACITE MINIMALE DE LA BACHE RIA	10 m3

Annexe 21 : Fiche synoptique du RIA

1)



2)



Annexe 22 : Note de calcul du Sprinkler

NOTE DE CALCUL BACHE SPRINKLER	
Classement au risque	OH2 (Parking)
Débit max requis à chaque poste de contrôle	1000 l/min
Nombre de poste de contrôle du projet (1 par niveau)	5
Durée de fonctionnement à stocker (suivant classement au risque)	60 min
Le volume minimal calculé de la source sera donc de	300000 l
	300 m3
La capacité de la source d'alimentation doit, en tout état de cause, toujours être supérieure ou égale à	125.00 m3
CAPACITE BACHE SPRINKLER	300 m3

NOTE DE CALCUL BACHE COLONNES HUMIDES POUR RIA	
Hauteur de l'immeuble	>50m
Superficie par compartiment	>750m²
La capacité de la source d'alimentation est déterminée par l'article GH55 de l'arrêté du 30 décembre 2011	120 m3
CAPACITE BACHE COLONNES HUMIDES	120 m3

Annexe 23: Caractéristiques thermiques des ouvrages élémentaires du bureau type

Ouvrage élémentaire		Composition des parois	Epaisseur d (m)	λ (W/m.K)	Rth (m²k/W)	Rsi + Rse (m²k/W)	U (W/m²K)
Parois verticales	Double vitrage extérieur	Double vitrage feuilleté COOL LITE SKN	0,026	-	-	-	1,400
	Cloison modulaire Bois		0,030	-	-	-	2,170
	Mur BA 60	Béton armé	0,600	2,500	0,240	0,260	1,768
		Enduit de ciment	0,010	1,000	0,010		
		Enduit de plâtre	0,010	0,180	0,056		
	Mur BA 40	Béton armé	0,400	2,500	0,160	0,260	2,059
		Enduit de ciment	0,010	1,000	0,010		
		Enduit de plâtre	0,010	0,180	0,056		
	Mur BA 25	Béton armé	0,250	2,500	0,100	0,260	2,350
		Enduit de ciment	0,010	1,000	0,010		
		Enduit de plâtre	0,010	0,180	0,056		
	Mur BA 15	Béton armé	0,150	2,500	0,060	0,260	2,594
		Enduit de ciment	0,010	1,000	0,010		
		Enduit de plâtre	0,010	0,180	0,056		
	Mur BBC 15	Bloc de Béton Creux	0,150	0,310	0,484	0,260	1,170

		Enduit de plâtre	0,010	0,180	0,056		
		Enduit de plâtre	0,010	0,180	0,056		
	Mur BBC 10	Bloc de Béton Creux	0,100	0,310	0,323	0,260	1,442
		Enduit de plâtre	0,010	0,180	0,056		
		Enduit de plâtre	0,010	0,180	0,056		
Parois horizontales	Plancher bas Bureau Type	Béton armé	0,250	2,500	0,100	0,210	1,593
		Enduit de ciment	0,010	1,000	0,010		
		Revêtement céramique	0,020	0,065	0,308		
	Plancher haut Bureau Type	Faux plafond en plâtre	1,250	0,250	5,000	0,140	0,185
		Lame d'air non ventilée	0,500	-	0,160		
		Béton armé	0,250	2,500	0,100		

Notons que : $R_{th} = \frac{d}{\lambda}$ et $U = \frac{1}{R_{se} + R_{si} + R_{th}}$

Annexe 24: caractéristiques thermiques des matériaux du bureau type de CYPECAD MEP

Couches					
Matériaux	e	ρ	λ	RT	Cp
Béton armé	60	2500	2,5	0,24	1000
Bloc de béton creux	15	700	0,31	0,4839	1000
Carreaux "grès céramique"	2	400	0,065	0,3077	1500
Enduit ciment	1	1800	1	0,01	1000
Double vitrage "COOL LITE"	2,6	-	0,036	0,7143	1000
Plancher béton armé	25	2500	2,5	0,1	1000
Enduit plâtre	1	600	0,18	0,0556	1000
Faux plafond continu suspendu lisse en plaques de plâtre	1,25	825	0,25	0,05	1000
Cloisons modulables "Placostil"	3	500	0,15	0,2	1600
e Épaisseur (cm)	RT Résistance thermique ($m^2 \cdot K/W$)				
ρ Densité (kg/m^3)	Cp Chaleur spécifique ($J/(kg \cdot K)$)				
λ Conductivité thermique ($W/(m \cdot K)$)					

Annexe 25: Complément des matériaux de la tour et leurs caractéristiques thermiques de CYPECAD MEP

Couches					
Matériaux	e	ρ	λ	RT	Cp
Bardage extérieur Type "Alucobond"	0,6	1390	0,17	0,0353	1900
Dalle pleine 40	40	2500	2,5	0,16	1000
Faux plafond "PLACO" en plaques de plâtre	1,5	800	0,25	0,06	1000
Plancher unidirectionnel 24+8 (Entrevous en béton)	32	1400	1,468	0,218	1000
Simple vitrage type Quartz glass	0,6	-	1,4	0,0043	750
e	Épaisseur (cm)		RT	Résistance thermique ($m^2 \cdot K/W$)	
ρ	Densité (kg/m^3)		Cp	Chaleur spécifique ($J/(kg \cdot K)$)	
λ	Conductivité thermique ($W/(m \cdot K)$)				

Annexe 26: Note de calcul de l'installation du système PV

Lieu : En toiture des locaux technique de désenfumage d'extraction situé au rez de jardin de la Tour Entente

1- Dimensionnement

✓ Puissance crête

$$Po = Go.S.\eta = \mathbf{10,78\ kWc}$$

Avec,

$$Go = 1\ kW/m^2(\text{ensoleillement STC})$$

$$S = 98\ m^2(\text{surface disponible orienté sud})$$

$$\eta = 11\%(\text{rendement du module PV})$$

✓ Nombre de module PV

Avec le choix des modules de 330W-24V Poly 1956 x 992 x 40mm de chez Victronenrgy on obtient 32 modules dont 8 en séries et 4 en parallèle.

$$\text{On a } \mathbf{Po(exact) = 10,56\ kWc}$$

2- Composants du système

- Onduleur 9 kVa STP8.0-3AV-40
- Câblages U1000R02V 3G2,5mm² et 3G1,5mm²
- Coffret raccord DC + parafoudre
- Boitier d'interconnexion
- Divers

