DIAGNOSTIC DU PARC DE CLIMATISATION ET PROPOSITION D'UN SYSTÈME DE MAINTENANCE DU SITE K1

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

SPÉCIALITÉ : GÉNIE ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 19/01/2026 par

Sema Flora OULAÏ (N° 20220378)

Directeur de mémoire : Dr. Sayon dit Sadio SIDIBE, enseignant chercheur au département Génie Électrique et Énergétique

Lieu de stage : **Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement**

Jury d'évaluation du mémoire :

Présidente du jury	:	Dr. Marie SAWADOGO
Examinateur 1	:	Dr. Hervé SIRIMA
Examinateur 2	:	Ing. Souleymane BARRO

Promotion 2025/2026

DÉDICACES

Je dédie tout d'abord ce document à Dieu.

À Monsieur **OULAHI Théodore Abdoul,** mon père, pour sa patience, son amour, sa confiance et les sacrifices qu'il a faits pour que je sois ici aujourd'hui. À ma mère Brou Amoin Florence

Je tiens énormément à remercier une personne vraiment importante à mes yeux et quelqu'un au grand cœur, mon ami, mon frère, une personne vraiment incroyable. L'une de mes plus belles rencontres ici à 2iE, **BOUH TOKAP Junior**, alias **JUJU**

Je dédie également ce mémoire à la personne qui a toujours été là pour moi, même quand j'ai échoué, il m'a encouragé et m'a toujours donné confiance en moi : **Alex Amlando Kouassi Daniel**, pour sa présence et son amour.

À mon Directeur de mémoire, **Dr SIDIBE**.

CITATION

« Il est difficile d'échouer, mais il est encore plus difficile de ne pas avoir essayé de réussir. »

REMERCIEMENTS

Avant tout propos, je veux exprimer ma gratitude envers l'Institution Internationale d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), pour m'avoir permis d'intégrer cette prestigieuse école. Pour l'enseignement, la qualité des différents professeurs et des docteurs avec les parcours incroyables.

Mes remerciements les plus sincères vont particulièrement à Monsieur le Directeur général de l'Institut, Professeur El Hadji Bamba DIAW, pour son engagement envers les étudiants de 2iE et sa recherche de l'excellence.

Je tiens à remercier tous les Docteurs et Professeurs du département GEE et principalement le Chef de Département Professeur Yrébègnan Moussa SORO, pour leur encouragement, leur rigueur et leur patience.

Je tiens également à exprimer toute ma gratitude et dire un grand merci à Dr Sayon dit Sadio SIDIBE mon directeur de mémoire pour le stage qu'il m'a trouvé malgré le court délai sa disponibilité, ses conseils, ses suggestions, son engagement vis-à-vis de mon travail, pour les critiques instructives, pour sa rigueur tout au long de mon stage jusqu'à la réalisation de mon mémoire final. Merci beaucoup à cet homme au grand cœur.

Je remercie aussi le laboratoire LaBEREE et je leur exprime toute ma gratitude pour leur accueil et leur soutien ainsi qu'à Dr Marie SAWADOGO, Directrice du laboratoire.

Je remercie aussi mes camarades, mes amis, frères et sœurs Kakawah Christophe, Moha Abdoul, Oulaï Nadia, Oulaï Stéphane, Willie-Claire N'GUESSAN, BOUH TOKAP Junior, Fatima, GOGBE Modeste, Line, Marie et Linda DOSSO(NAMOUR) pour leurs retours constructifs, leurs encouragements pendant ma période de stage.

RÉSUMÉ

Ce mémoire porte sur l'amélioration de la gestion de la maintenance du parc de climatisation du site K1 de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). Le campus dispose d'un nombre important de climatiseurs utilisés de manière intensive, avec des pannes récurrentes et une organisation de la maintenance essentiellement corrective. Cette situation entraîne des dysfonctionnements fréquents, une baisse de performance des équipements et des difficultés dans la continuité des activités pédagogiques et de recherche.

Afin de mieux comprendre l'origine de ces dysfonctionnements et d'identifier les leviers d'amélioration possible, il a été nécessaire de procéder à une analyse approfondie de la situation existante.

L'étude a porté dans un premier temps sur l'évaluation détaillée du parc de climatisation existant. Cette étape de diagnostic a permis d'apprécier l'état global des équipements, d'identifier les zones présentant le plus de dysfonctionnement et d'identifier les causes récurrentes de pannes. Les résultats ont notamment révélé l'absence d'un suivi méthodique des opérations de maintenance, un défaut d'organisation de la maintenance préventive ainsi qu'une sous-exploitation des informations techniques disponibles.

Face à ces insuffisances, la mise en place d'une solution de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) a été retenue. Ce logiciel a été développé en tenant compte des contraintes propres au site Le choix d'un outil basé sur Excel VBA permet une mise en œuvre immédiate, sans coût de licence, tout en restant accessible aux équipes techniques. La GMAO développée assure le suivi des équipements, la gestion des interventions, la planification de la maintenance préventive et l'organisation des données de maintenance.

Les tests réalisés ont montré que la solution est fonctionnelle, simple d'utilisation et adaptée au contexte du campus. Malgré certaines limites liées à la durée du projet et à la disponibilité des données historiques, ce travail propose une démarche pragmatique et opérationnelle pour améliorer durablement la gestion des installations de climatisation à 2iE.

Mots Clés :

1 - GMAO

2 - Excel VBA

3 - Maintenance

4 - Diagnostic

5 - Climatisation 2iE

ABSTRACT

This engineering thesis focuses on improving the maintenance management of the air-conditioning system on the K1 campus of the International Institute for Water and Environmental Engineering (2iE). The campus is equipped with many air-conditioning units that are heavily used. These systems experience frequent breakdowns, while maintenance activities are predominantly corrective rather than preventive. Such conditions lead to recurrent malfunctions, reduced equipment performance, and disruptions to the continuity of teaching and research activities. To better understand the origin of these malfunctions and identify possible areas for improvement, it was necessary to conduct an in-depth analysis of the existing situation.

The study initially focused, on a comprehensive assessment of the existing air-conditioning system. This diagnostic phase made it possible to evaluate the overall condition of the equipment, identify the most problematic areas, and determine the main recurring causes of failures. The analysis highlighted the lack of a structured maintenance, and limited use of available technical data.

In response to these shortcomings, the implementation of a computerized maintenance management system (CMMS) was selected. The tool was designed and developed with careful consideration of the site' technical, human and financial constraints. The choice of an Excel and VBA-based solution allows for immediate deployment without licensing costs, while remaining easily accessible to technical staff. The developed CMMS enables equipment monitoring, intervention management, preventive maintenance scheduling, and structured organization of maintenance data.

The tests carried out demonstrated that the solution is functional, user-friendly and well suited to the campus context. Despite certain limitations related to the project duration and the availability of historical data, this work proposes a practical and operational approach to sustainably improving the management of air-conditioning systems at 2iE

Keywords:

1 - CMMS

2 - Air-conditioning systems

3 - Energy performance

4 - Preventive maintenance

5 - Air-conditioning 2iE

LISTE DES ABRÉVIATIONS

2iE	:	Institut International de l'Eau et de l'Environnement
COP	:	Coefficient de Performance Frigorifique
GMAO	:	Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur
CV	:	Nombre de chevaux
MTBF	:	Temps Moyen entre Défaillance (Mean Time Between Failures)
MTTR	:	Temps Moyen de Réparation (*Mean Time To Repair*)
SAP PM	:	Plant Maintenance
VBA	:	Visual Basic
GLPI	:	Gestionnaire Libre de Parc Informatique)
InforEAM	:	Enterprise Asset Management
FiixCMMS	:	Solution de GMAO basée sur le cloud

SOMMAIRE

DÉDICACES i

REMERCIEMENTS iii

RÉSUMÉ iv

ABSTRACT iv

LISTE DES ABRÉVIATIONS v

SOMMAIRE 1

LISTE DES FIGURES 3

LISTE DES TABLEAUX 4

I - INTRODUCTION *5*

II - PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL *7*

III - PRÉSENTATION DU PROJET *8*

1. Contexte et justification de l'étude 8

2. Objectif général et Spécifiques 9

IV - GÉNÉRALITÉ *10*

1. Principes de fonctionnement et typologie de la climatisation 10

2. La théorie de la maintenance : concepts, stratégies et indicateurs 10

3. Coûts de maintenance des climatiseurs au Burkina Faso 11

4. Gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO) 14

V - MÉTHODOLOGIE ET CONCEPTION *17*

1. Inventaire et historique des pannes 17

2. Mesures de performances (COP) 18

3. Bilan thermique simplifié 21

4. Identification des points critiques actuels 22

5. Méthodologie de Conception et développement de la GMAO : 23

VI - CONCEPTION DU LOGICIEL GMAO 24

1. Contexte et justification 24

2. Objectifs du logiciel 24

3. Description générale de la structure du logiciel 25

4. Modules et Fonctionnalités principales 28

5. Avantages et limite 38

VII - PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS 39

1. Analyse des performances énergétiques (COP, mesures terrain, bilan thermique) 39

2. Résultats de l'analyse historique des pannes 42

3. Synthèse globale de diagnostic 43

VIII - CONCLUSION GENERALE 44

IX - BIBLIOGRAPHIE 46

X - ANNEXE 48

1. Annexe 1 : Inventaire du site K1 48

2. Annexe 2 : Historique des pannes et interventions 54

3. Annexe 3 : Mesure des performances 56

4. Annexe 4 : Bilan Thermique 58

5. Annexe 5 : Manuel d'utilisation des climatiseurs (usagers) 72

6. Annexe 6 : Guide de maintenance climatisation (techniciens) 73

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du site K1 8

Figure 2 : Prises de mesures 19

Figure 3 : Tableau de bord du logiciel GMAO 26

Figure 4 : Quelques Userform du logiciel GMAO 27

Figure 5 : Macros, modules et Lignes de code VBA 28

Figure 6 : Enregistrement de nouveau climatiseur et modification 30

Figure 7 : Base de données des climatiseurs 30

Figure 8 : Interface de saisie d'une nouvelle intervention 31

Figure 9 : Zone de modification d'intervention 31

Figure 10 : Calendrier de planification 32

Figure 11 : Statistique du planning 33

Figure 12 : Gestion des pièces 34

Figure 13 : Calcul des indicateurs MTBF/MTTR 35

Figure 14 : Historique des maintenances 35

Figure 15 : Fiche d'entretien 36

Figure 16 : Accès au logiciel 36

Figure 17 : Historique de connexion 37

Figure 18 : Générateur de code QR 38

Figure 19 : Analyse des performances 40

Figure 20 : Étude comparative des puissances 42

Figure 21 : Plan 2D des bâtiments des salles E et F 57

Figure 22 : Guide de bonne pratique d'utilisation pour les utilisateurs 72

Figure 23 : Guide de bonnes pratiques de maintenance climatisation pour techniciens 73

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des coûts identifiés 13

Tableau 2 : Différences entre des logiciels GMAO existant 16

Tableau 3 : Caractéristiques des différents matériels 21

Tableau 4 : Tableau comparatif des COP 40

Tableau 5 : récapitulatif du bilan thermique par salle 41

Tableau 6 : inventaire du parc de climatisation 48

Tableau 7 : Liste des pannes du site K1 54

Tableau 8 : Liste d'intervention du site K1 55

Tableau 9 : Résultats des mesures effectuées 56

Tableau 10 : Calculs des performances 56

I - INTRODUCTION

Dans tout cadre d'étude et de travail, les conditions de confort intérieur jouent un rôle essentiel sur la concentration, la productivité et la santé des occupants. La climatisation, en régulant la température, l'humidité et la qualité de l'air, est devenue un élément incontournable pour garantir un environnement favorable à l'apprentissage et à la recherche. Une salle de cours surchauffée, mal ventilée ou trop humide entraîne fatigue, baisse de vigilance et inconfort, ce qui réduit l'efficacité des enseignants comme des étudiants. À l'inverse, un espace bien climatisé favorise la participation, la concentration et crée un cadre propice à l'épanouissement intellectuel. [1]

À l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE), cette dimension prend une importance particulière. Implanté à Ouagadougou, dans un contexte climatique marqué par des températures fréquemment supérieures à 35°C et des niveaux d'humidité parfois élevés, le campus est confronté à des conditions thermiques contraignantes. Dans cet environnement, le maintien d'un confort thermique adéquat constitue un enjeu majeur, tant pour la qualité des enseignements que pour la protection des équipements sensibles, en particulier ceux utilisés dans les laboratoires. Ainsi, la climatisation des locaux ne relève pas d'un simple facteur de confort, mais représente une exigence essentielle au bon fonctionnement des activités académiques et administratives.

Cependant, la disponibilité de ce confort dépend directement de l'état et de la gestion du parc de climatiseurs. Un appareil mal entretenu ne refroidit plus correctement, consomme davantage d'électricité et tombe plus souvent en panne. Ces interruptions perturbent non seulement les cours et les recherches, mais génèrent aussi des coûts financiers imprévus qui pèsent sur le budget de l'établissement. Au-delà des machines, c'est donc la qualité de vie et la performance collective de la communauté universitaire qui sont affectées.[2]

Dans ce contexte, la maintenance ne saurait être réduite à une simple fonction technique. Elle constitue un point essentiel de durabilité et de performance pour l'institut. Le passage d'une approche principalement corrective fondée sur des passages interventions après défaillance, à une organisation structurée intégrant la maintenance préventive représente une évolution remarquable. Cette approche vise à assurer la continuité du service, à maîtriser les consommations énergétiques et à accroître la durée de vie des équipements.

Le présent mémoire s'inscrit dans cette dynamique en proposant une analyse approfondie de la gestion de la maintenance des systèmes de climatisation du site K1 de 2iE, avec pour finalité : l'amélioration du confort des usagers et l'optimisation de l'efficacité énergétique de l'institut 2iE.

L'objectif général de cette étude est de définir et d'établir un plan structuré de maintenance préventive et corrective, soutenu par un outil de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) afin de renforcer la fiabilité, l'efficacité énergétique et la pérennité du parc de climatiseurs du site K1 de l'institut 2iE.

De manière spécifique, il s'agira de :

- Réaliser un inventaire détaillé des climatiseurs installés sur le site K1,
- Évaluer l'état de fonctionnement des équipements en identifiant les pannes les plus fréquentes à travers des indicateurs techniques,
- Développer un outil de GMAO adapté à la maintenance du site, tester et valider l'outil avec le personnel technique,
- Proposer un plan de maintenance préventive et un manuel de bonne pratique d'utilisation à destination des usagers et techniciens,

Le présent travail n'a pas pour objectif de conduire un audit énergétique exhaustif des installations de climatisation, ni de procéder au dimensionnement détaillé de l'ensemble des équipements. Il se concentre principalement sur l'organisation et l'optimisation de la gestion de la maintenance du site K1. À cet effet, l'étude repose sur l'élaboration d'un inventaire fiable du parc de climatisation, la réalisation d'un diagnostic technique et énergétique de premier niveau, ainsi que le développement d'un outil de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO). Cet outil vise à centraliser les informations clés, à structurer le suivi des équipements et à faciliter la planification des interventions Les analyses statistiques avancées des indicateurs de fiabilité (MTBF, MTTR, disponibilité) sont identifiées comme des perspectives de travail, qui pourront être menées ultérieurement lorsque le système aura accumulé un volume de données suffisant.

II - PRÉSENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

L'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) est une institution panafricaine d'enseignement supérieur et de recherche, située à Ouagadougou, capitale du Burkina Faso. Son origine remonte à la création de deux écoles inter-états : l'École d'Ingénieurs de l'Équipement Rural (EIER), fondée en 1968, et l'École des Techniciens de l'Hydraulique et de l'Équipement Rural (ETSHER), créée en 1970. Ces établissements avaient été mis en place par plusieurs États d'Afrique de l'Ouest et du Centre dans le but de former des ingénieurs et techniciens capables de répondre aux besoins en infrastructures hydrauliques, en équipements ruraux et en aménagement du territoire [3].

En 2006, une réforme institutionnelle majeure a conduit à la fusion de ces deux entités, donnant naissance à **2iE**, une fondation inter-état à vocation régionale et internationale. Cette restructuration visait à moderniser les formations, renforcer la recherche appliquée et adapter l'offre académique aux défis contemporains liés à l'eau, à l'énergie, à l'environnement et au développement durable [4].

L'institution a connu un tournant décisif en 2012 avec l'appui de la **Banque mondiale**, qui a soutenu la transformation 2iE en Centre d'Excellence Régional. Cette reconnaissance a permis d'améliorer les infrastructures, d'accroître la capacité d'accueil et d'attirer des étudiants provenant de plus de trente-six pays africains [5].2iE est aujourd'hui reconnu comme un pôle de référence en Afrique subsaharienne dans la formation d'ingénieurs et de chercheurs spécialisés dans les domaines de l'eau, de l'énergie, du génie civil et de l'environnement [6]. Elle se donne pour mission de contribuer au développement durable du continent africain en formant des ingénieurs qualifiés, capables d'innover et de proposer des solutions techniques adaptées aux réalités locales. L'institut met un accent particulier sur la gestion intégrée des ressources en eau, l'énergie renouvelable, le génie civil et l'habitat durable, ainsi que la protection de l'environnement [4]. Grâce à ses laboratoires de recherche appliquée, 2iE favorise également l'entrepreneuriat technologique et la valorisation des innovations issues de la recherche.

III - PRÉSENTATION DU PROJET

1. Contexte et justification de l'étude

Le site de notre étude se situe à Ouagadougou, plus précisément à Kamboinsin composé de deux campus K1 et K2, qui s'étend sur une superficie d'environ 106 hectares, mais notre zone d'étude concerne uniquement le campus K1. Ce campus est positionné aux coordonnées géographiques approximatives de 12,36° de latitude nord et -1,54° de longitude.



Figure 1 : Localisation du site K1

Sur le plan climatique, le site se caractérise par un climat chaud et sec avec des températures extérieures pouvant atteindre 40°C en période chaude et une humidité relative d'environ 30%. À l'intérieur des locaux climatisés du campus K1, les conditions de confort retenues pour le dimensionnement et l'exploitation des systèmes de climatisation sont une température de 20°C et une humidité relative de l'ordre de 50%.

Selon la norme AFNOR X60-010 la maintenance est un ensemble d'action permettant de maintenir ou de rétablir un bien dans un état spécifique, ou en mesure d'assurer un service déterminé. Le site K1 de 2iE situé à kamboinsin dispose d'un parc-important de climatisation qui, en raison d'un manque d'entretien ou d'un suivi insuffisamment rigoureux, peut entraîner une augmentation de la consommation énergétique ainsi qu'un vieillissement et une dégradation accélérés des équipements [7].

Dans cette perspective, la maintenance des systèmes de climatisation constitue un facteur déterminant pour garantir le confort thermique, la qualité de l'air intérieur et la pérennité des équipements au sein des bâtiments et sites techniques. Sur le site K1 de 2iE, ces installations

jouent un rôle essentiel dans la création d'un environnement de travail et d'apprentissage adapté, indispensable au bon déroulement des activités pédagogiques et de recherche. Néanmoins, l'absence d'un suivi rigoureux et de stratégies de maintenance appropriées peut conduire à des défaillances récurrentes, à des interruptions d'activité et à une augmentation des coûts d'exploitation.

Dans ce contexte, la présente étude vise à évaluer l'état actuel des systèmes de climatisation du site, à structurer la planification des opérations de maintenance préventive et corrective, et à proposer des axes d'optimisation destinés à améliorer la fiabilité, les performances et la durée de vie des équipements. La démarche méthodologique repose sur l'exploitation des historiques de pannes, la constitution d'un inventaire détaillé du parc, l'analyse de l'état fonctionnel des installations et l'élaboration d'un chronogramme précis des interventions. Celui-ci intègre les ressources humaines et matérielles nécessaires, en s'appuyant sur un outil GMAO conforme aux exigences du contexte étudié.

2. Objectif général et Spécifiques

L'objectif général de cette étude est de développer et mettre en œuvre un plan structuré de maintenance préventive et corrective des systèmes de climatisation du site de K1 de 2iE. Ce plan vise à améliorer la fiabilité, la performance énergétique et la durabilité des équipements, tout en optimisant l'organisation et la planification des interventions grâce à l'intégration d'un logiciel de gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO).

Pour atteindre cet objectif général, plusieurs objectifs spécifiques ont été définis afin de résoudre notre problème identifié à savoir :

- Réaliser l'inventaire complet des climatiseurs installés du site K1.
- Analyser les données historiques des pannes et interventions.
- Évaluer la performance actuelle des systèmes de climatisation.
- Identifier les causes de défaillances et les points critiques.
- Élaborer un plan de maintenance préventive adapté au site.
- Déployer un outil GMAO pour la planification et le suivi des opérations de maintenance.
- Proposer un guide de bonnes pratiques pour les utilisateurs et techniciens.

Dans ce cadre, un manuel de bonnes pratiques d'utilisation des climatiseurs destiné aux usagers ainsi qu'un guide de maintenance destiné aux techniciens ont été élaborés et sont présentés en **Annexe 5** : Manuel d'utilisation des climatiseurs (usagers) et **Annexe 6** : Guide de maintenance climatisation (techniciens).

Compte tenu de la durée limitée du stage et de l'absence de traçabilité historique structurée avant le démarrage de ce travail, l'étude se concentre principalement sur la mise en place du dispositif de collecte et de structuration des données (inventaire, formulaires, GMAO). Les calculs détaillés des indicateurs de fiabilité et de disponibilité ne sont pas pleinement développés à ce stade, mais le modèle de données et l'outil logiciel ont été conçus de manière à permettre leur mise en œuvre ultérieure par le service de maintenance.

IV - GÉNÉRALITÉ

1. Principes de fonctionnement et typologie de la climatisation

Les systèmes de climatisation visent à réguler la température, l'humidité et la qualité de l'air des espaces. Selon un programme minimal d'entretien des systèmes de climatisation, un bon entretien garantit non seulement un confort optimal, mais aussi une économie énergétique importante ; une installation mal entretenue peut consommer 25-30% d'énergie en plus qu'une installation bien suivie [8].

Leur principe repose sur un circuit frigorifique classique comprenant un compresseur, un condenseur, un évaporateur et un détenteur. Plusieurs typologies existent : climatisation centralisée (pour grands bâtiments), systèmes split ou multi-split (pour espaces plus restreints) et unités décentralisées. Chaque type est choisi selon les contraintes architecturales et les performances attendues.[9]-[10]

2. La théorie de la maintenance : concepts, stratégies et indicateurs

La maintenance englobe les interventions visant à garantir la disponibilité et la fiabilité des équipements. La norme EN 13306 [11] identifie plusieurs types : préventive (planifié, basée sur des échéanciers ou mesures), corrective (réparation après une panne), conditionnelle (basée sur l'état réel mesuré) et curative ou palliative [12].

On distingue plusieurs stratégies :

- Maintenance préventive : planifiée pour éviter les pannes grâce à des inspections régulières et substitutions programmées ;
- Maintenance corrective : mise en œuvre après la défaillance d'un équipement ;
- Maintenance prédictive : basée sur des données mesurées en temps réel (vibration, température etc.) pour prévenir les pannes imminentes ;
- Maintenance conditionnelle : réalisée selon l'état réel des équipements via des capteurs et analyses ;

Les indicateurs clés pour piloter la maintenance sont le MTBF (temps moyen de bon fonctionnement), la disponibilité des équipements, le taux de panne et le coût des interventions, elles sont essentielles pour évaluer l'efficacité de la maintenance et orienter les décisions d'optimisation [13]. Ces paramètres guident l'optimisation des stratégies de maintenance et une analyse régulière permet d'anticiper les défaillances, diminuer les coûts imprévus et maximiser la durée de vie des équipements. [14]

Dans le cadre du présent mémoire, ces indicateurs sont utilisés principalement comme références théoriques pour structurer la base de données et définir les informations à collecter dans la GMAO. Leur calcul effectif et leur interprétation statistique approfondie sont envisagés comme une étape ultérieure, qui nécessitera une période d'observation plus longue et un historique de pannes plus riche.

3. Coûts de maintenance des climatiseurs au Burkina Faso

3.1 Analyse de la littérature disponible

La documentation technique et économique sur les coûts de maintenance des climatiseurs au Burkina Faso demeure fragmentaire, mais plusieurs sources permettent de construire une estimation cohérente pour l'analyse financière d'un plan de maintenance. D'une part, les annonces de prestataires privés sur le marché local fournissent des ordres de grandeur pour les interventions d'entretien courant ; d'autre part, les cahiers des charges d'appels d'offres publics (notamment ceux de la BCEAO et des structures de santé) détaillent la structuration des coûts dans des contrats de maintenance à grande échelle[15].

3.2 Prix observés sur le marché local (Ouagadougou)

Les annonces de services de maintenance publiées sur la plateforme CoinAfrique et les pages professionnelles à Ouagadougou indiquent une fourchette relativement homogène pour l'entretien préventif des climatiseurs de type split. Ainsi, le tarif d'entretien simple (nettoyage des filtres, vérification des paramètres de fonctionnement, contrôle visuel) est affiché à 5 000 FCFA par climatiseur par plusieurs entreprises spécialisées. Cette prestation de base correspond à une visite de maintenance préventive sans remplacement de pièces. À l'opposé, des prestations plus complètes incluant installation, dépannage et maintenance sont proposées à partir de 15 000 FCFA, ce qui suggère l'intégration de déplacements, de diagnostics approfondis et éventuellement de petites réparations. Ces valeurs, bien qu'issues d'annonces commerciales, reflètent les pratiques tarifaires du secteur informel et semi-formel à Ouagadougou et permettent d'estimer un coût d'entretien annuel par appareil compris entre 10 000 et 45 000 FCFA selon la fréquence des interventions (deux à trois visites par an) et le niveau de service retenu.[16]

3.3 Structuration des contrats de maintenance dans les appels d'offres publics

Les cahiers des charges élaborés par la BCEAO pour l'entretien et la maintenance de ses installations de climatisation offrent un cadre méthodologique rigoureux pour la définition des prestations et la décomposition des coûts. Le document relatif à l'Agence Auxiliaire de Sikasso (Mali) détaille un parc de 263 appareils (split, VRV, centrales de traitement d'air) et définit quatre niveaux d'interventions : quotidiennes (surveillance, réparations ponctuelles), mensuelles (nettoyage batteries, contrôle condensats, vérification paramètres), trimestrielles (remplacement filtres, resserrage connexions électriques) et annuelles (contrôle étanchéité circuits, production de rapport). La décomposition financière repose sur un cadre de devis en trois postes : temps de travail exprimé en mois, coût unitaire en FCFA, et montant total annuel.

Bien que les montants définitifs dépendent des offres des soumissionnaires, cette structure permet d'établir une logique de coût global annuel intégrant main-d'œuvre qualifiée (responsable technique, chef d'équipe, agents de maintenance), outillage, produits d'entretien et fournitures diverses (téflon, graisse, joints, etc.). Ce modèle contractuel est transposable à tout projet de maintenance d'un parc de climatiseurs, notamment dans le secteur des infrastructures publiques ou des entreprises au Burkina Faso[15].

3.4 Coûts des pièces de rechange et interventions correctives

Les interventions correctives (remplacement de pièces défectueuses, recharge de gaz frigorigène, réparation de fuites) représentent une part significative du coût total de maintenance sur la durée de vie d'un climatiseur. Les documents d'analyse d'offres d'appels d'offres publics au Burkina Faso, notamment ceux de l'Office de Santé des Travailleurs, permettent d'identifier des prix totaux moyens de référence utilisés par les commissions d'attribution pour détecter les offres anormalement basses ou déséquilibrées. Ainsi, pour la charge de gaz frigorigène R410A, les analyses de soumissions indiquent des prix moyens de l'ordre de 15 400 FCFA par kilogramme (prix total moyen de 924 000 FCFA pour 60 kg ou 770 000 FCFA pour 50 kg, selon les lots). Les compresseurs de climatiseurs, pièces essentielles dont le remplacement constitue une opération lourde, affichent des coûts moyens de référence d'environ 90 000 FCFA pour un compresseur 1,5 CV et 115 000 FCFA pour un compresseur 2 CV. Les condensateurs électriques de 50 µF, composants électroniques courants, présentent un coût moyen de référence de 14 500 FCFA l'unité. Ces valeurs, bien qu'établies dans un contexte d'appels d'offres publics et servant de base d'évaluation comparative, constituent des repères fiables pour la budgétisation des interventions correctives dans un plan de maintenance, à condition de les considérer comme des ordres de grandeur susceptibles de varier en fonction des marques, des fournisseurs et des conditions de marché[17].

Le tableau ci-dessous récapitule les principaux postes de coût identifiés dans la littérature disponible au Burkina Faso.

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des coûts identifiés

Type de prestation / pièce	Unité	Fourchette de prix (FCFA)	Source
Entretien préventif simple (nettoyage, contrôle visuel)	Par climatiseur / intervention	5 000	Annonces CoinAfrique (Ouagadougou)
Entretien / maintenance avec service élargi (déplacement, diagnostic)	Par prestation	15 000	Annonce CoinAfrique (Ouagadougou)
Contrat annuel de maintenance (parc institutionnel)	Montant global annuel (par site ou parc)	Variable selon volume	Cahiers des charges BCEAO
Recharge gaz frigorigène R410A	Par kilogramme	≈ 15 400 (référence moyenne)	Analyse d'offres publiques (OST)

Compresseur 1,5 CV	Par unité	≈ 90 000 (référence moyenne)	Analyse d'offres publiques (OST)
Compresseur 2 CV	Par unité	≈ 115 000 (référence moyenne)	Analyse d'offres publiques (OST)

4. Gestion de la maintenance assistée par ordinateur (GMAO)

4.1 Définition et rôle

La GMAO : Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur est un système informatique qui automatise la gestion des tâches de maintenance. Elle facilite la planification, le suivi des opérations en temps réel, l'historique et la gestion des pièces détachées.

L'objectif est de réduire les pannes, optimiser l'utilisation des ressources humaines et garantir la traçabilité des interventions. Elle s'inscrit dans une logique de maintenance proactive, en améliorant la prise de décision et le pilotage des équipements. Ainsi, elle réduit les coûts, améliore la réactivité et augmente la durée de vie des actifs [14].

4.2 Panorama des logiciels existants (SAP PM, MAXIMO, etc.)

Les solutions de Gestion de la Maintenance Assistée par Ordinateur (GMAO) les plus répandues sur le marché sont **SAP PM** et **IBM Maximo**, qui répondent principalement aux besoins des grandes organisations industrielles. Toutefois, d'autres logiciels, tels que **GLPI**, **Infor EAM** ou **Fiix**, sont également utilisés selon la taille de l'entreprise et la complexité des installations.

SAP PM : intégré à l'environnement **SAP ERP**, ce module offre une gestion complète et centralisée de la maintenance, étroitement liée aux fonctions financières, aux achats et à la gestion des ressources humaines. Il est particulièrement adapté aux grandes entreprises disposant d'infrastructures complexes et de processus fortement structurés. SAP PM propose des fonctionnalités avancées de maintenance préventive, conditionnelle et prédictive, reposant sur l'exploitation de données collectées en temps réel. Cependant, sa mise en œuvre nécessite des compétences spécialisées et son coût élevé peut constituer un frein pour les petites et moyennes entreprises [18]-[19].

IBM Maximo : solution de gestion des actifs d'entreprise (EAM) reconnue pour sa flexibilité et sa modularité. IBM Maximo s'adapte à divers secteurs d'activité tels que l'industrie, l'énergie, les transports ou les services publics. Il offre des fonctionnalités complètes de gestion des ordres de travail, de maintenance préventive, conditionnelle et prédictive, ainsi qu'un suivi détaillé du cycle de vie des équipements. Comparativement à SAP PM, Maximo est souvent perçu comme plus simple à déployer et présentant un meilleur retour sur investissement, notamment pour des organisations de taille intermédiaire[18]-19].

GLPI (Gestionnaire Libre de Parc Informatique) : à l'origine conçu pour la gestion des équipements informatiques et du support technique, GLPI intègre aujourd'hui des fonctionnalités de gestion de maintenance applicables à des équipements techniques. Logiciel **open source**, il est largement utilisé dans les établissements publics, les universités et les PME en raison de son faible coût de mise en œuvre. GLPI permet la gestion des équipements, le suivi des interventions, la planification de tâches et la génération de rapports simples. Toutefois, ses fonctionnalités restent limitées pour des applications industrielles complexes ou des stratégies avancées de maintenance prédictive.[20]

InforEAM : logiciel de gestion des actifs orienté vers les grandes infrastructures industrielles et énergétiques. Il propose des fonctionnalités avancées de suivi du cycle de vie des équipements, de maintenance conditionnelle et d'analyse de performance. Infor EAM est cependant peu adapté aux structures de petite taille en raison de son coût et de la complexité de son déploiement.[21]

Fiix CMMS : solution de GMAO basée sur le cloud, destinée principalement aux petites et moyennes entreprises. Fiix se distingue par une interface intuitive, une mise en œuvre rapide et des fonctionnalités de base couvrant la maintenance préventive, la gestion des actifs et le suivi des interventions. Toutefois, ses capacités d'analyse avancée restent limitées comparativement aux solutions industrielles lourdes.[22]

Open MAINT : logiciel de GMAO open source, utilisé notamment dans les collectivités et les établissements publics. Il permet la gestion des équipements, des interventions et des coûts de maintenance. Bien qu'économiquement accessible, ses performances dépendent fortement des compétences techniques disponibles pour son paramétrage et son exploitation.[23]

Ce Tableau 2 ci-dessous représente les différences entre ces deux logiciels :

Tableau 2 : Différences entre des logiciels GMAO existant

Critère	SAP PM	IBM Maximo	Infor EAM	Fiix CMMS	GLPI
Type	GMAO intégrée ERP	EAM / CMMS	EAM / CMMS	EAM / CMMS	EAM / CMMS
Intégration ERP	Très forte (SAP ERP)	Intégrable avec plusieurs ERP	Élevée (Infor) / Moyenne (autres)	Partielle (API, achats, stocks)	Limitée
Complexité	Élevée, nécessite un expert SAP	Modérée et modulaire	Élevée	Faible	Faible
Coût	Généralement élevé	Intermédiaire	Élevé	Modéré	Nul (open source)
Maintenance prédictive	Avancée	Avancée	Oui	Limitée	Non
Secteurs d'application	Grandes entreprises intégrées	Industrie, énergie, transport	Infrastructures lourdes	PME	PME, universités, administrations
Adaptation aux pays en développement	Limitée par le coût	Moyenne	Faible	Moyenne	Élevée

4.3 Limite dans les contextes académiques

Malgré leurs avantages, l'application des GMAO dans les recherches académiques reste limité par la disponibilité réduite des données industrielles réelles, la complexité des modélisations humaines et organisationnelles et l'adaptation souvent insuffisante des outils aux environnements expérimentaux ou éducatifs. Ces limites soulignent la nécessité d'approches hybrides associant simulations, intelligence artificielle et études comportementales pour enrichir la discipline [14-24].

V - MÉTHODOLOGIE ET CONCEPTION

Dans un premier temps, une phase technique sur le terrain a permis de recenser les équipements, de caractériser leur état et de mesurer leurs performances. Dans un second temps, une phase logicielle a été consacrée à la définition du cahier des charges, à la conception puis au test du logiciel de GMAO développé sous Excel/VBA. Enfin, les données recueillies ont été exploitées pour calculer des indicateurs de maintenance et évaluer le potentiel d'optimisation offert par la mise en place du plan de maintenance proposé.

1. Inventaire et historique des pannes

L'analyse de l'état de fonctionnement des climatiseurs du site K1 s'est appuyée sur deux types d'informations complémentaires : La première étape a consisté à établir un inventaire exhaustif du parc de climatisation du site K1 en collaboration avec le service technique. Les observations réalisées lors de l'inventaire (ancienneté, état visuel, type de fluide, localisation) et les relevés sur le terrain ont permis d'identifier et de localiser chaque climatiseur à l'aide d'une fiche dédiée mentionnant la marque, le modèle, la puissance frigorifique, le type de fluide frigorifique, l'année de mise en service, l'état apparent et la localisation. (Voir en ***Annexe 1*** : le *Tableau 6 : inventaire du parc de* climatisation).

La deuxième étape a consisté à effectuer la vérification des informations existantes dans le registre du service technique, puis les renseigner dans une feuille Excel. Les enregistrements disponibles ont d'abord été étudiés afin de reconstituer, autant que possible, l'historique des pannes majeures, des opérations de maintenance corrective et préventive en précisant à chaque intervention la date, la salle concernée, la nature de la panne ainsi que le type d'action réalisée. Malgré ces données, une partie de l'historique demeure ancienne, les enregistrements récents sont peu nombreux, plusieurs interventions ne sont pas datées, sont introuvables et mal renseignées ; en raison d'un manque de traçabilité formelle et systématique au sein du service de maintenance. (Voir **Annexe 2** : Historique des pannes et interventions).

2. Mesures de performances (COP)

2.1 Méthodologie de mesures :

Afin d'évaluer les performances réelles de certains climatiseurs du site K1, une campagne de mesures a été menée sur un échantillon d'unités représentatives (laboratoires, salles de cours). Les données ont été saisies et traitées dans une feuille Excel dédiée regroupant toutes les grandeurs physiques nécessaires au calcul du coefficient de performance (COP).

Pour chaque climatiseur étudié, les mesures suivantes ont été réalisées :

- **Températures d'air :** relevées sur les unités intérieure et extérieure (air aspiré et soufflé) à l'aide d'une sonde thermocouple, avec trois mesures par point à des emplacements différents pour obtenir la température moyenne.
- **Vitesses d'air soufflé** : mesurées à trois points distincts au refoulement du groupe de condensation (unité extérieure) et à l'évaporateur (unité intérieure) avec un anémomètre.
- **Tension et courant électrique** : relevés directement sur l'alimentation de l'unité extérieure à l'aide d'un multimètre et d'une pince ampèremétrique.
- **Pression d'aspiration du compresseur** : prise sur la valve d'aspiration de l'unité extérieure avec un manifold adapté au fluide frigorigène du climatiseur.
- **Diamètre du ventilateur** : mesuré au mètre ruban sur la zone circulaire ouverte de la carcasse métallique de l'unité extérieure, pour déterminer le débit d'air brassé.



Relevés de mesures



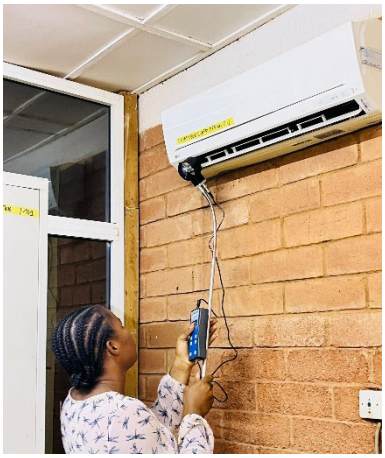
Manomètre : Pour mesurer la pression



Pince ampèremétrique : Pour mesurer le courant



Thermocouple : Pour mesurer la température



Anémomètre : Pour mesurer la vitesse de l'aire

Figure 2 : Prises de mesures

Ces mesures ont permis de calculer successivement le débit volumique et débit massique, la puissance calorifique au condenseur, la puissance électrique absorbée, la puissance frigorifique fournie, puis le COP expérimental de chaque machine donnée par les équations (1) à (6) ci-dessous :

- Débit volumique

$$q = \pi \frac{D^2}{4} \times v \qquad avec: \begin{cases} q: Débit\ volumique\ (m^3) \\ D: Diametre\ (m^2) \\ v: Vitesse\ moyenne\ (m/s) \end{cases} \tag{1}$$

❖ Débit massique

$$\dot{m} = \rho \times q \qquad avec: \begin{cases} m: Débit\ massique\ (kg/s) \\ \rho: masse\ volumique\ (kg/m^3) \\ q: Débit\ volumique\ (m^3/s) \end{cases} \tag{2}$$

❖ Puissance calorifique au condenseur

$$P = \dot{m} \times c \times \Delta T \qquad avec: \begin{cases} P: Puissance\ calorifique\ (W) \\ \dot{m}: Débit\ massique\ (kg/s) \\ c: Capacité\ calorifique\ (J/kg/°C \\ \Delta T: Différence\ de\ température\ (°C) \end{cases} \tag{3}$$

❖ Puissance électrique absorbée

$$P_{abs} = U \times I \qquad avec: \begin{cases} P_{abs}: Puissance\ absorbée\ (W) \\ U: Tension\ (V) \\ I: Intensité\ (A) \end{cases} \tag{4}$$

❖ Puissance frigorifique

$$P_f = P - P_{abs} \qquad avec: \begin{cases} P_f: Puissance\ frigorique\ (W) \\ P: puissance\ calorifique\ (W) \\ P_{abs}: Puissance\ absorbée\ (W) \end{cases} \tag{5}$$

❖ COP

$$COP = \frac{P_f}{P_{abs}} \qquad avec: \begin{cases} COP: Coefficient\ de\ perforance \\ P_f: Puissance\ frigorifique \\ P_{abs}: Puissance\ absorbée \end{cases} \tag{6}$$

2.2 Matériel utilisé

La campagne de mesure a mobilisé les ressources suivantes illustrées en annexes, fournies par l'Institut 2iE et le service technique du site K1 :

Tableau 3 : Caractéristiques des différents matériels

Catégories	**Matériel / Outil**	**Grandeur mesurée / Rôle**	**Unité/Format**
Instruments de mesure	Thermocouple	Mesure de la température de l'air et des équipements	°C
Instruments de mesure	Manomètre	Mesure de la pression d'aspiration du fluide frigorigène	bar
Instruments de mesure	Pince ampèremétrique	Mesure de l'intensité du courant absorbé par les climatiseurs	A
Instruments de mesure	Multimètre	Mesure de la tension électrique d'alimentation	V
Instruments de mesure	Anémomètre	Mesure de la vitesse de l'air au niveau des ventilateurs	m/s
Instruments de mesure	Mètre ruban	Mesure des dimensions et diamètres des ventilateurs	cm
Supports techniques	Fiches de relevés	Collecte et enregistrement des données de mesure sur le site	
Supports techniques	Plans des bâtiments	Localisation et contextualisation des équipements climatiques (À titre d'illustration, l'**Annexe 3** :, *Figure 21* présente les plans des salles E et F)	DWG, PDF
Outils d'appui	ChatGPT	Aide ponctuelle à la formulation et à la clarification rédactionnelle	
Outils d'appui	Perplexity	Recherche de sources documentaire et références bibliographiques	

Le tableau en **Annexe 3** : synthétise les résultats par salle instrumentée, avec comparaison aux valeurs nominales des fiches techniques des fabricants.

3. Bilan thermique simplifié

Pour vérifier l'adéquation entre la puissance installée des climatiseurs et les besoins réels de refroidissement, un bilan thermique simplifié a été réalisé sur un échantillon de salles du site K1. Cette étape visait à identifier précisément les gains et pertes de chaleur de chaque salle ce qui permet de déterminer le besoin frigorifique nécessaire pour le confort thermique des

utilisateurs et aussi les éventuels surdimensionnements ou sous-dimensionnement, sources de surconsommation énergétique ou d'inconfort.

La méthode retenue s'appuie sur une fiche Excel automatisée (***Annexe 4 :*** *Bilan Thermique*) cette fiche Excel permet de calculer directement les apports et donne la puissance du climatiseur en déterminant :

- **Gains latents** : issus de l'occupation humaine et de l'humidité infiltrée.
- **Gains sensibles** : apports par conduction (murs, fenêtres), convection (infiltration d'air), et équipements internes (ordinateurs, éclairage).
- **Charge totale** : somme des gains latents et sensibles, convertie en puissance frigorifique requise.

Les données d'entrée ont été relevées sur site : surface des salles, nombre d'occupants, caractéristiques des parois (épaisseur, matériaux), orientation (apports solaires), plans des bâtiments et usage des locaux.

4. Identification des points critiques actuels

Sur le plan technique, l'inventaire du parc met en évidence une majorité d'équipements vieillissants, fortement sollicités et ayant fait l'objet de nombreuses interventions, ce qui en fait des points critiques pour la disponibilité globale du parc de climatisation du site K1. Cette situation augmente le risque de pannes récurrentes, de perte de confort pour les usagers et de perturbations des activités pédagogiques et administratives.

Sur le plan organisationnel, l'analyse des pratiques actuelles montre une maintenance principalement réactive, déclenchée après l'apparition des pannes, sans hiérarchisation claire des priorités. L'absence de traçabilité structurée des interventions (date, type de maintenance, équipement concerné, nature de la panne, pièces utilisées) empêche de suivre de manière fiable le niveau de fiabilité des climatiseurs, tandis que les opérations préventives sont souvent oubliées ou repoussées en raison de la charge de travail des équipes et d'une gestion peu optimisée des ressources.

Ces limites confirment la nécessité de mettre en place un outil de Gestion de Maintenance Assistée par Ordinateur dédié au parc de climatisation du site K1. Un tel outil doit permettre de centraliser l'inventaire, d'enregistrer systématiquement les interventions, de

planifier les actions préventives et de fournir à l'équipe technique une base de données fiable ainsi qu'un tableau de bord de suivi. La mise en œuvre de cette GMAO, développée spécifiquement pour le site K1, est détaillée dans le chapitre suivant.

Il convient de noter que cette première identification des points critiques repose principalement sur des critères qualitatifs (ancienneté, état observé, importance fonctionnelle des locaux desservis) et sur des informations de panne partielles. La mise en place d'une traçabilité systématique via la GMAO devra permettre, à moyen terme, de compléter et d'objectiver cette cartographie par une analyse statistique des historiques d'interventions.

5. Méthodologie de Conception et développement de la GMAO :

Face aux limites identifiées lors du diagnostic (manque de traçabilité, maintenance réactive, absence de planification), un logiciel GMAO dédié a été développé sous Microsoft Excel avec macros VBA. Ce choix technique répond aux contraintes suivantes :

- Ressources disponibles : Excel déjà installé, pas de budget de licence
- Compétences des techniciens : maîtrise d'Excel, pas de formation SAP/Maximo requise
- Autonomie : outil local sans connexion internet
- Simplicité : déploiement immédiat, maintenance par l'équipe interne

Démarche adoptée :

- **Cahier des charges** : Détermination avec le service technique des besoins prioritaires (inventaire, suivi interventions, planification préventive, rapports)
- **Conception de la structure** : des feuilles principales (Inventaire, Historique, Planification, Calendrier, Stock, Tableau de bord) et plusieurs UserForm pour une saisie intuitive.
- **Développement VBA** : macros pour alertes automatiques, génération de rapports PDF, génération QR codes, sécurisation des accès
- **Tests et validation** : trois sessions avec le technicien pour tester la saisie, planification, export ; corrections pour donner suite aux retours utilisateurs. L'outil final cumule plus de 300 lignes de code VBA et a été validé opérationnellement le 06/01/2026.

Afin d'accompagner la mise en œuvre du plan de maintenance et de sensibiliser les acteurs, deux supports opérationnels ont été élaborés : un manuel d'utilisation des climatiseurs

à destination des usagers et un guide de maintenance à destination des techniciens (**Annexe 5** : Manuel d'utilisation des climatiseurs (usagers) et **Annexe 6** : Guide de maintenance climatisation (techniciens)).

VI - CONCEPTION DU LOGICIEL GMAO

1. Contexte et justification

La gestion de la maintenance des systèmes de climatisation du site 2iE K1 s'appuie actuellement sur un logiciel polyvalent, utilisé pour diverses applications, mais pas spécifiquement dédié à la climatisation. Cette dispersion rend difficile le suivi précis des interventions, le contrôle des coûts et l'évaluation de la performance énergétique. Cette situation génère des retards dans la planification des opérations, une accumulation de pannes récurrentes, ainsi qu'une absence de traçabilité fiable.

Pour répondre à ces besoins, nous avons développé un logiciel local simple, adapté au contexte spécifique du site, conçu avec Microsoft Excel et programmé à l'aide de macros VBA. Destiné aux techniciens spécialisés dans le froid, ce logiciel vise à faciliter leur travail en automatisant et en structurant la base de données des équipements de climatisation.

Selon Ben-Daya et bien d'autres auteurs [25], la digitalisation même à petite échelle, améliore significativement la réactivité des équipes, la traçabilité des actions et l'efficacité de la maintenance. Ce logiciel constitue ainsi une base solide pour la gestion préventive et corrective, avec une perspective d'évolution vers une solution connectée intégrant des capteurs loT.

2. Objectifs du logiciel

L'objectif principal de ce logiciel est de structurer et automatiser la gestion de la maintenance des systèmes de climatisation du site K1 à travers un outil simple, autonome et évolutif, capable de :

- Constituer une base de données complète des climatiseurs installés sur le site.
- Faciliter la planification et le suivi des opérations de maintenance préventives et correctives.

- ❖ Générer automatiquement des rapports d'intervention et des synthèses mensuelles.
- ❖ Servir de prototype évolutif pouvant être connecté ultérieurement à des capteurs loT
- ❖ Gérer efficacement le stock des équipements et pièces détachées.

3. Description générale de la structure du logiciel

Le logiciel de GMAO développé sous Microsoft Excel est structuré en plusieurs modules fonctionnels, matérialisés par des feuilles de calcul, des formulaires utilisateurs (UserForm) et des modules VBA qui assurent l'automatisation et la cohérence de l'ensemble. Cette organisation permet de centraliser les données, de faciliter leur exploitation et d'offrir une interface de travail adaptée aux besoins des techniciens.

Sur le plan fonctionnel, le classeur est organisé en trois types de composants complémentaires :

- Des feuilles de calcul, qui constituent la base de données opérationnelle ;
- Des formulaires utilisateurs (UserForm), qui servent d'interface de saisie et de consultation ;
- Des modules VBA, qui assurent l'automatisation des traitements et l'interconnexion des différents éléments.

3.1 Les Feuilles :

Les feuilles Excel constituent la base de données du logiciel ; elles stockent et organisent toutes les informations nécessaires au pilotage de la maintenance :

- **Des feuilles de calcul** : qui constituent la base de données opérationnelle ;
- **Inventaire** : recensement détaillé des climatiseurs (identifiant, localisation, marque, modèle, puissance, fluide frigorigène, année d'installation, état), qui sert de socle à toutes les autres fonctionnalités.
- **Historique** : enregistrement chronologique des interventions (date, type de panne, opérations réalisées, pièces utilisées, coûts), permettant de suivre la fiabilité des équipements.

- **Planification** : génération et mise à jour automatique des opérations de maintenance préventive en fonction des fréquences définies pour chaque type d'équipement.
- **Calendrier** : visualisation synthétique des interventions prévues et réalisées, afin de faciliter le suivi quotidien du plan de maintenance préventive.
- **Stock** : suivi des pièces de rechange et des consommables utilisés lors des interventions, pour anticiper les ruptures et optimiser les approvisionnements.

- **Tableau de bord** : Interface synthétique présentant les principaux indicateurs de maintenance (nombre et taux de pannes, MTBF, MTTR, taux de disponibilité, coûts cumulés et répartition des pannes par zone). Comme montré à la *Figure 3* : Tableau de bord du logiciel GMAO, les informations sont présentées sous forme de tableaux et de graphiques afin d'offrir une vision globale de la performance et de faciliter le pilotage



Figure 3 : Tableau de bord du logiciel GMAO

de la maintenance

3.2 UserForm (interfaces utilisateur) :

Les **UserForm** constituent la couche d'interface entre l'utilisateur et les feuilles de calcul. Comme illustré à la *Figure 4*, plusieurs formulaires ont été développés et intégrés au logiciel. Ils permettent de réaliser les opérations courantes sans intervenir directement sur les cellules, ce qui réduit les risques d'erreur et garantit l'homogénéité des saisies. Concrètement, différents formulaires sont utilisés pour :

- Un formulaire de connexion
- Un formulaire d'ajout ou de modification d'un climatiseur dans l'inventaire ;
- Un formulaire de création de bon d'intervention, utilisé lors des opérations correctives ou préventives ;
- Un formulaire de validation de fin d'intervention, qui met à jour l'historique et la planification ;

- Le cas échéant, un formulaire pour la gestion des mouvements de stock des outils, Etc.

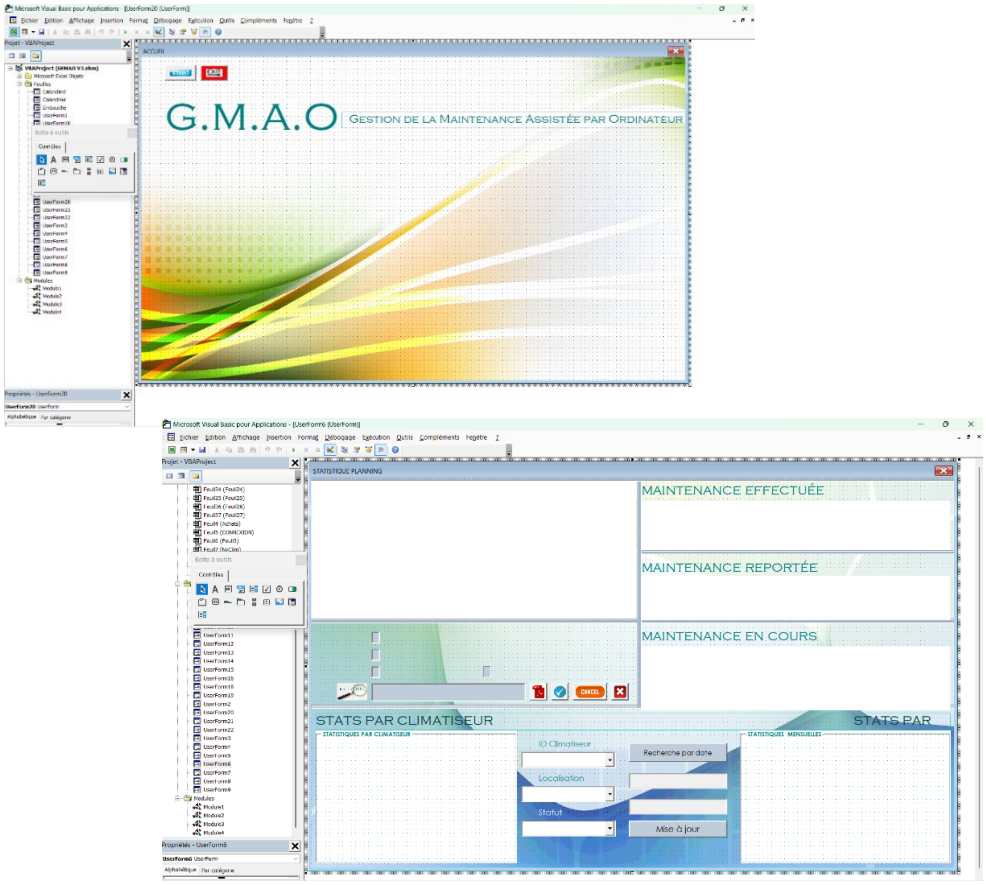


Figure 4 : Quelques Userform du logiciel GMAO

Chaque UserForm récupère et envoie les données vers les feuilles correspondantes grâce à des procédures VBA. Des contrôles de cohérence (format des dates, champs obligatoires, listes déroulantes de choix) sont intégrés afin d'améliorer la qualité des informations enregistrées.

3.3 Des Macros et Modules :

Les macros et les modules VBA, constitués de lignes de code comme illustrées à la *Figure 5*, forment le cœur « intelligent » du logiciel. Ils assurent l'interconnexion entre les

différentes feuilles de calcul, la gestion des interactions avec les UserForm et l'automatisation des traitements.

Concrètement, ces procédures permettent le transfert des données d'un module à l'autre, la mise à jour automatique de la planification en fonction des interventions réalisées, ainsi que la génération de rapports et d'alertes en cas d'échéances dépassées. Cette couche de programmation transforme le classeur Excel en un véritable outil de GMAO, capable d'assurer le suivi quotidien du parc de climatisation du site K1.

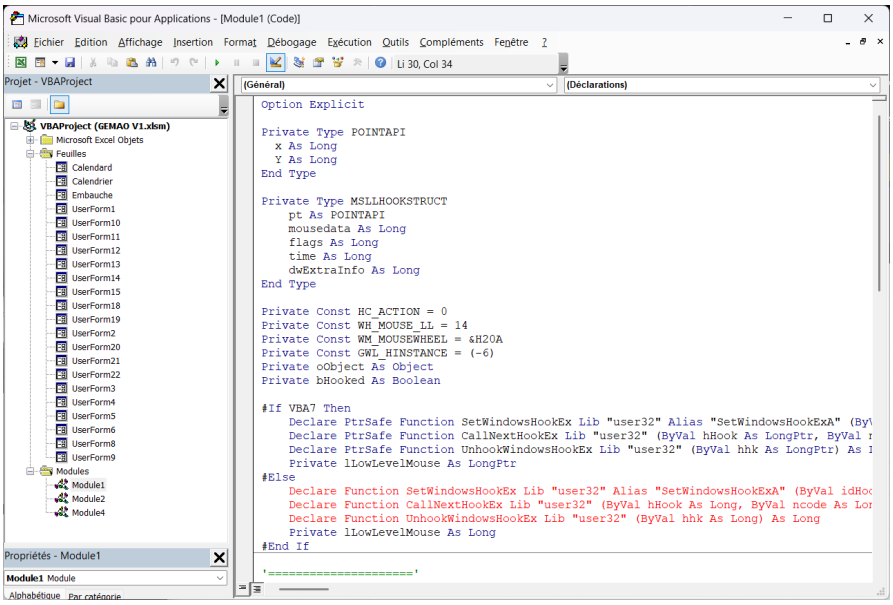


Figure 5 : Macros, modules et Lignes de code VBA

La version actuelle du logiciel se concentre sur la centralisation des données (inventaire, historique, planification, stock) et sur la génération de rapports synthétiques. Les champs nécessaires au calcul des indicateurs de fiabilité (dates de pannes, durées d'intervention, etc.) sont d'ores et déjà enregistrés, ce qui permettra, dans une version ultérieure, de développer des modules dédiés au calcul automatique des MTBF, MTTR et du taux de disponibilité.

4. Modules et Fonctionnalités principales

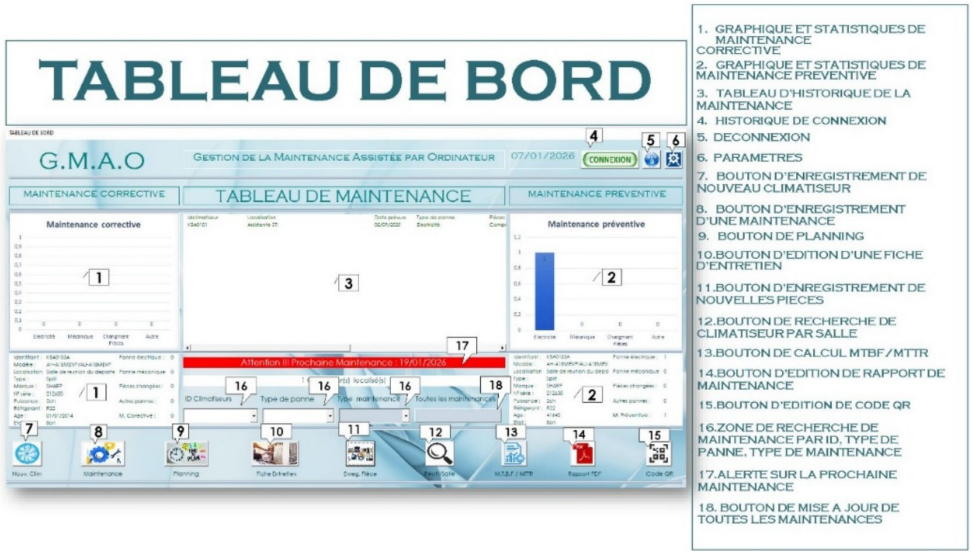
Cette section présente les principales fonctions opérationnelles en fonction des modules offertes par le logiciel de GMAO au service de maintenance. L'ensemble des fonctionnalités du logiciel est présenté en détail en **Annexe 6** : Guide de maintenance climatisation (techniciens), dans la section « *X - 6.2* ».

4.1 Module 1 : ACCUEIL

4.1.1 Accueil : Constituer de deux boutons



4.1.2 Tableau de bord :



Il regroupe l'ensemble des fonctionnalités du logiciel accessible par des boutons et des récapitulatifs sous forme de graphique sur les statistiques des maintenances.

4.2 Module 2 : CLIMATISEUR

4.2.1 Gestion de l'inventaire des équipements

Le logiciel permet de créer et de maintenir à jour un inventaire détaillé de l'ensemble des climatiseurs du site K1 (*voir Figure 6*). L'ajout d'un nouvel équipement ou la mise à jour d'un climatiseur existant s'effectue à l'aide d'un formulaire dédié, présenté à la *Figure 7*, qui génère automatiquement un identifiant unique et vérifie la complétude des informations saisies.

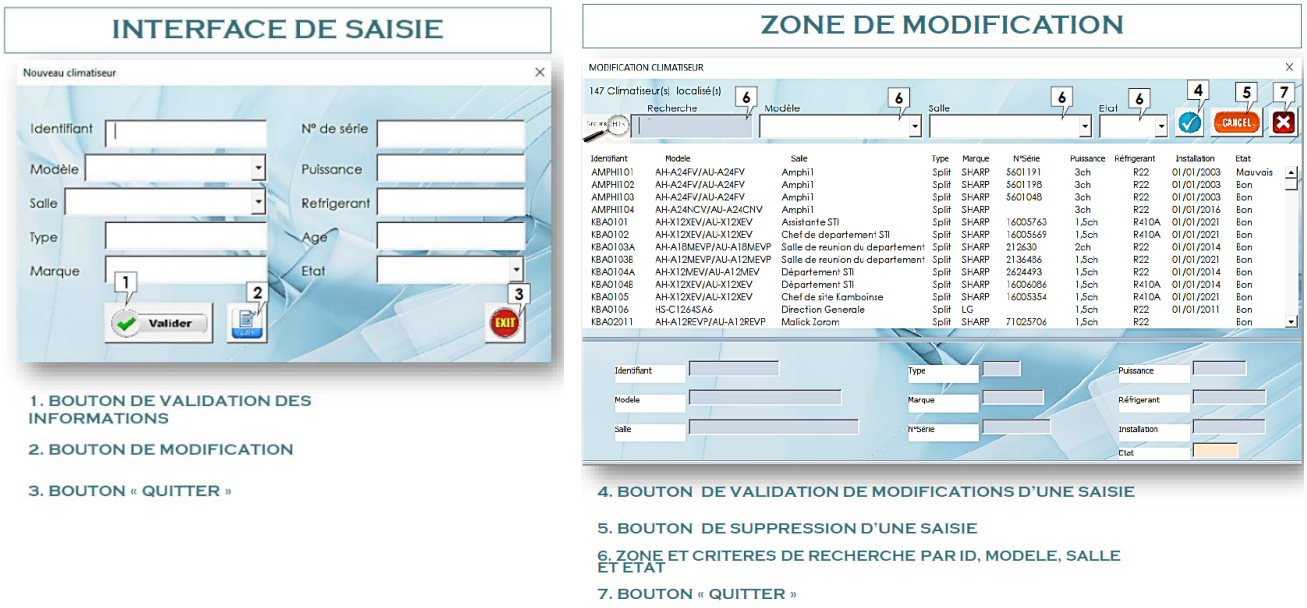


Figure 6 : Enregistrement de nouveau climatiseur et modification

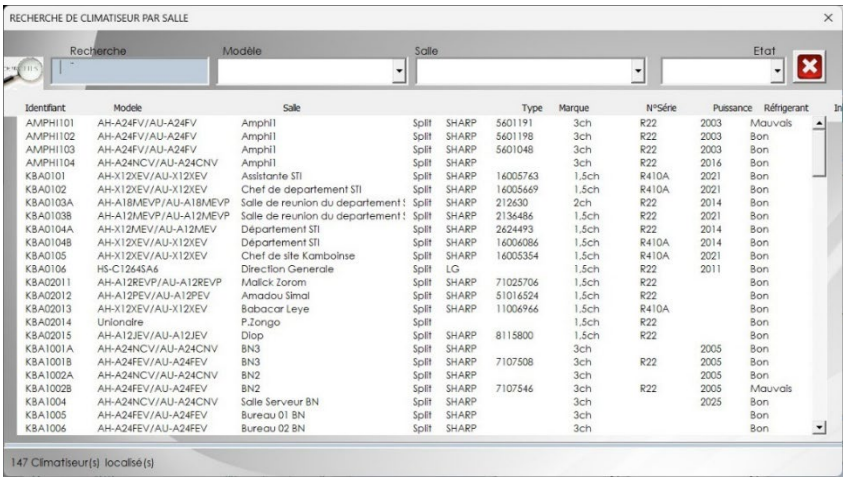


Figure 7 : Base de données des climatiseurs

Cette fonctionnalité garantit la fiabilité de la base de données et facilite les recherches ultérieures par bâtiment, salle ou type d'équipement.

4.3 Module 3 : MAINTENANCE

4.3.1 Enregistrement et suivi des interventions

Lorsqu'une opération de maintenance est réalisée, le technicien renseigne un bon d'intervention dans le logiciel (*voir Figure 8*). Les informations essentielles sont alors enregistrées dans l'historique : équipement concerné, date, type de panne, description des travaux effectués, durée d'immobilisation, pièces utilisées et coût estimé.



Figure 8 : Interface de saisie d'une nouvelle intervention

Ce suivi permet de retracer l'historique de chaque climatiseur, d'identifier les pannes récurrentes et d'assurer une traçabilité complète des actions de maintenance. Les interventions enregistrées peuvent également être modifiées, comme illustré à la *Figure 9*, afin de corriger ou compléter les informations si nécessaire.

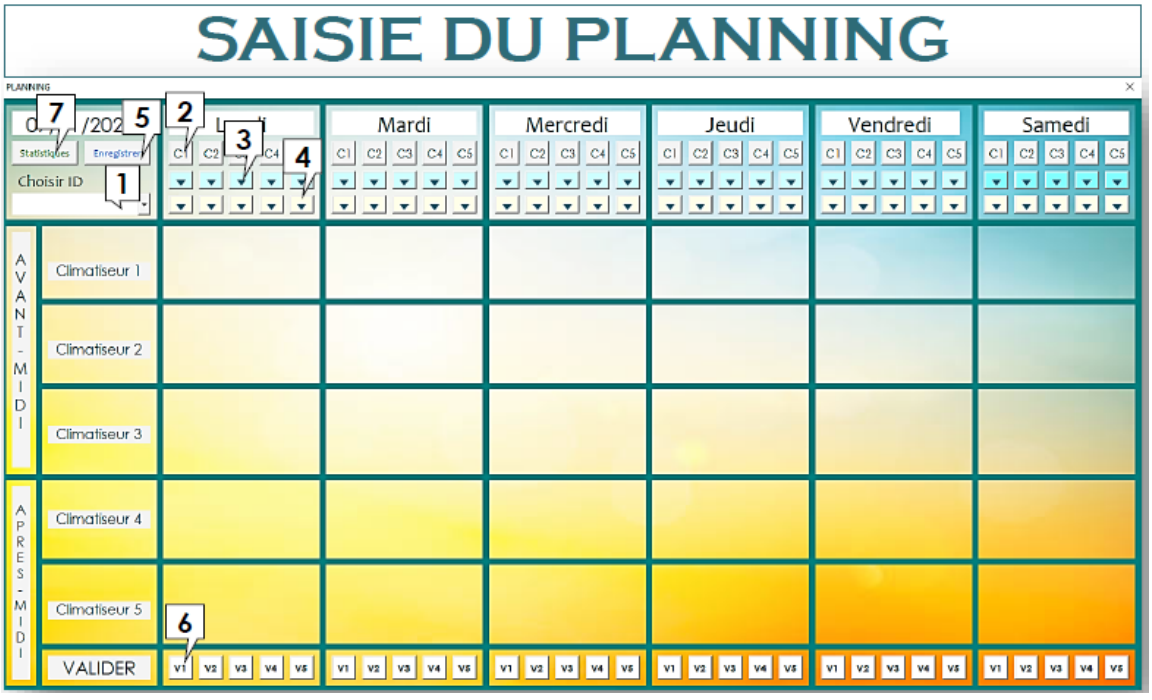


Figure 9 : Zone de modification d'intervention

4.4 Module 4 : PLANIFICATION

4.4.1 Planification dynamique avec alertes automatiques pour la maintenance préventive.

À partir des règles de maintenance définies (fréquences d'entretien par type d'équipement), le logiciel permet au technicien de générer lui-même un planning de maintenance préventive à l'aide d'un calendrier dédié. Les dates d'intervention sont choisies en fonction de la dernière maintenance réalisée et sont automatiquement mises à jour après chaque opération. Le calendrier synthétique permet au responsable de visualiser les interventions à venir, tandis que des alertes visuelles signalent les opérations échues ou en retard, facilitant ainsi la priorisation des tâches, comme illustré à la *Figure 10* ci-dessous.



1. ZONE DE CHOIX DE L'ID DU CLIMATISEUR
2. BOUTON « C1 » CHOIX DE L'ID DU CLIMATISEUR
3. BOUTON « BLEU » CHOIX DE LA DATE D'ENTRETIEN
4. BOUTON « BLANC » EFFACER DATE
5. BOUTON DE MISE EN ATTENTE DU PLANNING: 5 CLIMATISEURS/JOUR
6. BOUTON « V1 » VALIDATION DU PLANNING
7. BOUTON DES STATISTIQUES

Figure 10 : Calendrier de planification

Le bouton “Statistiques” dans ce planning permet ensuite d’obtenir un récapitulatif des actions liées au planning de maintenance. Il offre une vue claire des interventions effectuées, en cours ou reportées, comme présenté à la *Figure 11*.

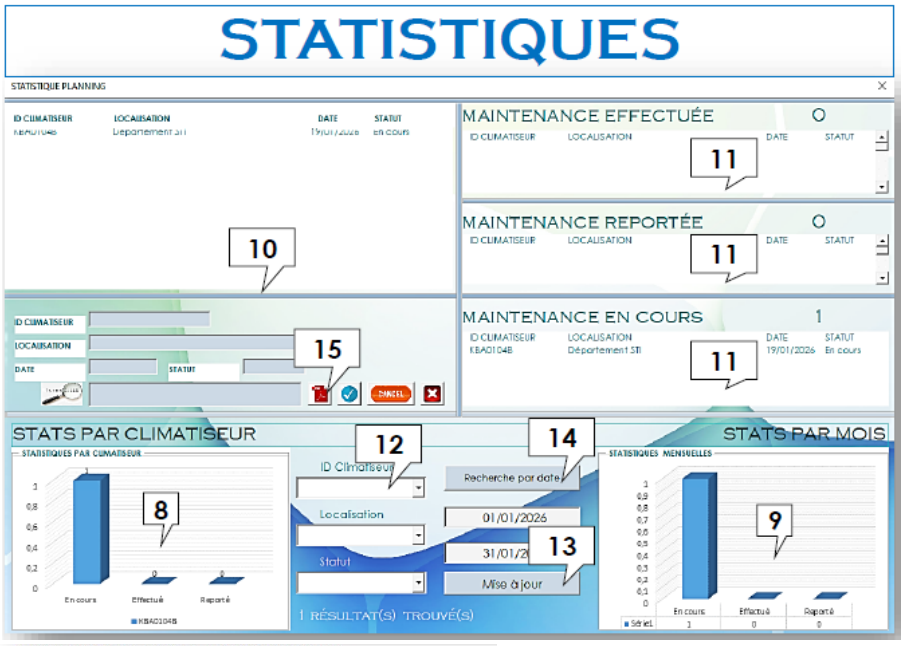


Figure 11 : Statistique du planning

Le logiciel permet également d’assurer la traçabilité des opérations à travers la génération automatique de deux fichiers PDF : le premier regroupe les informations détaillées d’un climatiseur donné, et le second présente une synthèse de l’ensemble du parc de climatisation. Ces documents peuvent être exploités par le technicien lors des réunions de suivi afin de justifier les actions de maintenance réalisées sur l’ensemble du site.

4.5 Module 5 : Gestion des Pièces

4.5.1 Enregistrement, Modification et Historique des pièces

Le logiciel comporte une fonctionnalité de gestion des stocks permettant de suivre les pièces de rechange, consommables et outils utilisés lors des opérations de maintenance. Pour

chaque article, sont enregistrées la désignation, la quantité disponible, les mouvements d'entrée et de sortie ainsi que, le cas échéant, un seuil minimal de sécurité. Lors de l'enregistrement d'une intervention, les consommations associées peuvent être imputées automatiquement au stock, ce qui met à jour les quantités restantes. Cette fonctionnalité aide le service technique à anticiper les réapprovisionnements, à éviter les ruptures sur les pièces critiques et à mieux maîtriser les coûts liés à la maintenance. Sur la *Figure 12* ci-dessous elle nous montre les fenêtres d'ajouter de pièces, de modification (en cas d'utilisation) et les historiques des pièces utilisées et ceux disponibles.



Figure 12 : Gestion des pièces

4.6 Module 6 : MTBF/MTTR

L'ajout de la fonctionnalité pour le calcul de ces indicateurs (MTBF et MTTR) permettra d'évaluer le niveau de fiabilité de chaque climatiseur. Le calcul de ces indicateurs se fera automatiquement en tenant compte des informations saisies et l'historique des pannes.

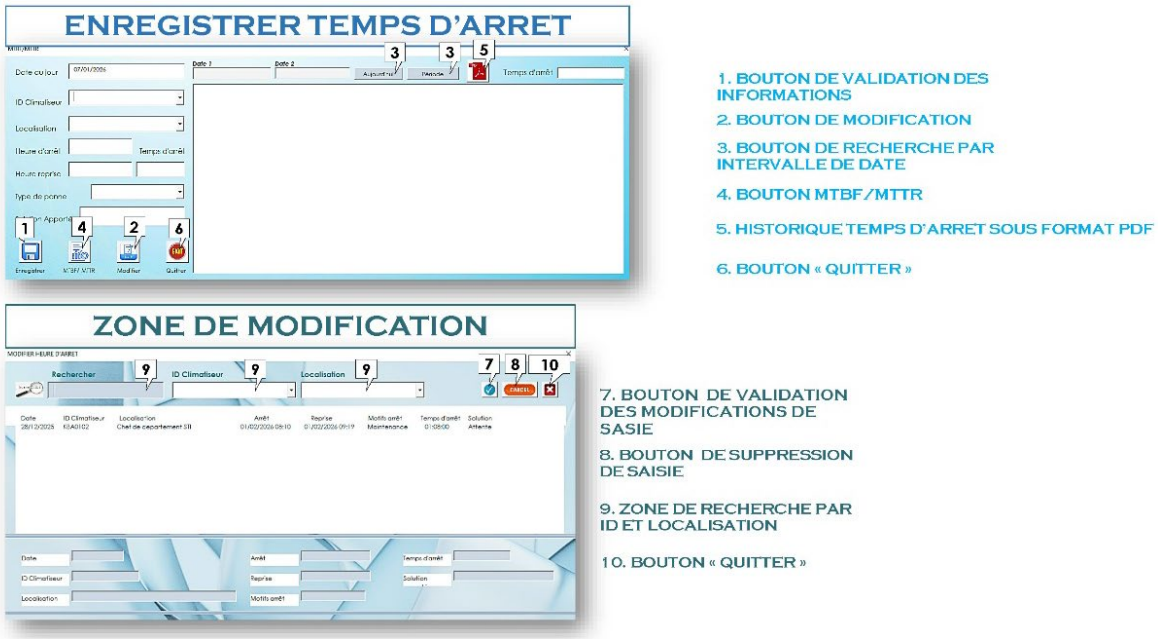


Figure 13 : Calcul des indicateurs MTBF/MTTR

4.7 Module 7 et Module 8 :

4.7.1 Rapports automatiques exportables en PDF

Enfin, le logiciel propose une fonction de génération automatique de rapports périodiques. En quelques actions, l'utilisateur peut produire un document récapitulatif des activités de maintenance pour une période donnée (mois, trimestre, année), incluant les indicateurs clés (*Figure 15*), la liste des équipements les plus défaillants et les principales tendances observées et l'historique des maintenances (*Figure 14*). Ces rapports peuvent être exportés au format PDF pour archivage ou transmission à la direction, renforçant ainsi la transparence et la justification des décisions prises.

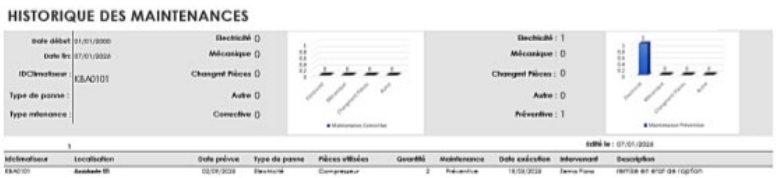
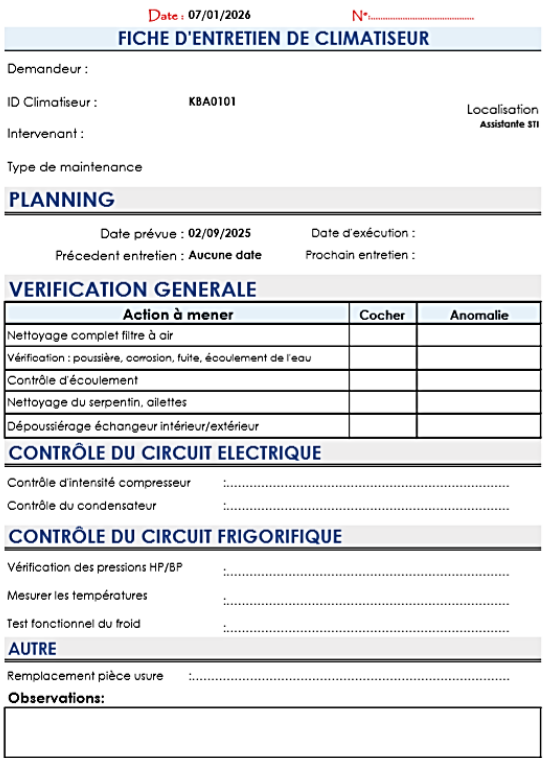


Figure 14 : Historique des maintenances



Date : 07/01/2026 N°.....

FICHE D'ENTRETIEN DE CLIMATISEUR

Demandeur :

ID Climatiseur : KBA0101 Localisation Assistante STI

Intervenant :

Type de maintenance

PLANNING

Date prévue : 02/09/2025 Date d'exécution :

Précedent entretien : Aucune date Prochain entretien :

VERIFICATION GENERALE

Action à mener	Cocher	Anomalie
Nettoyage complet filtre à air		
Vérification : poussière, corrosion, fuite, écoulement de l'eau		
Contrôle d'écoulement		
Nettoyage du serpentin, ailettes		
Dépoussiérage échangeur intérieur/extérieur		

CONTRÔLE DU CIRCUIT ELECTRIQUE

Contrôle d'intensité compresseur :.....

Contrôle du condensateur :.....

CONTRÔLE DU CIRCUIT FRIGORIFIQUE

Vérification des pressions HP/BP :.....

Mesurer les températures :.....

Test fonctionnel du froid :.....

AUTRE

Remplacement pièce usure :.....

Observations:

Figure 15 : Fiche d'entretien

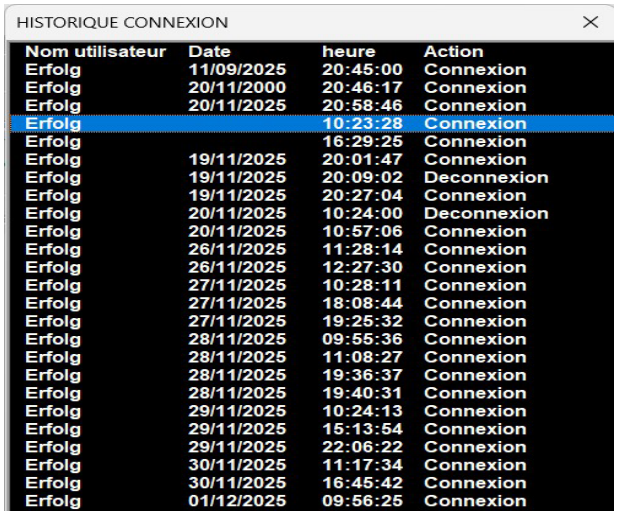
4.7.2 Sécurisation et traçabilité des accès

Afin de protéger l'intégrité des informations et de limiter les manipulations non autorisées, l'accès au logiciel est sécurisé par un système de mot de passe à l'ouverture du fichier (*Figure 16*). Seules les personnes habilitées peuvent ainsi consulter ou modifier les données sensibles.



Figure 16 : Accès au logiciel

En complément, une procédure automatique enregistre, dans une feuille dédiée, l'identifiant de l'utilisateur, la date et l'heure de chaque ouverture du logiciel. Ce journal de connexion permet d'assurer une traçabilité des utilisations comme l'illustre la *Figure 17* ci-dessous.


HISTORIQUE CONNEXION

Nom utilisateur	Date	heure	Action
Erfolg	11/09/2025	20:45:00	Connexion
Erfolg	20/11/2000	20:46:17	Connexion
Erfolg	20/11/2025	20:58:46	Connexion
Erfolg		10:23:28	Connexion
Erfolg		16:29:25	Connexion
Erfolg	19/11/2025	20:01:47	Connexion
Erfolg	19/11/2025	20:09:02	Deconnexion
Erfolg	19/11/2025	20:27:04	Connexion
Erfolg	20/11/2025	10:24:00	Deconnexion
Erfolg	20/11/2025	10:57:06	Connexion
Erfolg	26/11/2025	11:28:14	Connexion
Erfolg	26/11/2025	12:27:30	Connexion
Erfolg	27/11/2025	10:28:11	Connexion
Erfolg	27/11/2025	18:08:44	Connexion
Erfolg	27/11/2025	19:25:32	Connexion
Erfolg	28/11/2025	09:55:36	Connexion
Erfolg	28/11/2025	11:08:27	Connexion
Erfolg	28/11/2025	19:36:37	Connexion
Erfolg	28/11/2025	19:40:31	Connexion
Erfolg	29/11/2025	10:24:13	Connexion
Erfolg	29/11/2025	15:13:54	Connexion
Erfolg	29/11/2025	22:06:22	Connexion
Erfolg	30/11/2025	11:17:34	Connexion
Erfolg	30/11/2025	16:45:42	Connexion
Erfolg	01/12/2025	09:56:25	Connexion

Figure 17 : Historique de connexion

4.7.3 Intégration de QR codes pour l'identification des climatiseurs

Une dernière fonctionnalité avancée concerne l'usage de codes QR pour l'identification des climatiseurs sur le terrain. Chaque équipement est associé à un code QR unique (*voir la Figure* 18), généré à partir de son identifiant dans la base de données, puis imprimé et collé sur l'appareil. En cas de dysfonctionnement observé par un enseignant, un étudiant ou tout autre utilisateur, il suffit de scanner ce code à l'aide d'un smartphone pour récupérer l'identifiant du climatiseur et transmettre, par courrier électronique au service technique, une description du problème rencontré.

À réception du message, l'équipe de maintenance scanne à son tour le code QR ou saisit l'identifiant correspondant dans le logiciel pour accéder instantanément à la fiche de l'équipement (localisation, caractéristiques, historique des pannes). Le technicien peut alors enregistrer le problème signalé et programmer, selon la nature du défaut, une intervention corrective ou une opération préventive renforcée. Cette intégration des QR codes réduit les erreurs d'identification, accélère la remontée d'informations depuis le terrain et améliore la réactivité du service de maintenance.



Figure 18 : Générateur de code QR

5. Avantages et limite

Ce logiciel représente une solution pratique, autonome et semi-connectée, alliant accessibilité, innovation et automatisation. L'intégration du QR code et des macros VBA constitue une avancée vers la maintenance tout en restant adaptée aux réalités locales et aux contraintes techniques. Malgré cela, il présente des forces et limites qui sont :

5.1 Avantage

- Amélioration de la fiabilité et réduction des pannes via maintenance préventive
- Meilleure organisation des interventions
- Utilisation de code QR
- Meilleure traçabilité des actions, historique des pannes
- Flexibilité d'évolution en intégrant loT, capteurs pour temps réel,

5.2 Limites :

- Nécessite une connexion internet

- Capacité de stockage limitée
- Maintenance du code VBA : avoir une connaissance en programmation
- Maintenance préventive bien faite, mais pas de maintenance prédictive
- Adapté à des structures de taille moyenne ou à usage interne

Le logiciel est conçu pour évoluer progressivement vers une solution plus connectée et automatisée, intégrant notamment des capteurs loT pour un suivi en temps réel, améliorant ainsi la maintenance prédictive et la gestion des équipements sur le long terme.

VII - PRÉSENTATION ET ANALYSE DES RÉSULTATS

1. Analyse des performances énergétiques (COP, mesures terrain, bilan thermique)

1.1 Résultats des mesures terrain

Les mesures réalisées sur les différents climatiseurs instrumentés (laboratoires, salle F1 et labo Pierre) ont permis de déterminer, pour chaque appareil, le débit d'air, la puissance calorifique au condenseur, la puissance absorbée et la puissance frigorifique, puis d'en déduire le coefficient de performance (COP) en conditions réelles. Les COP mesurés varient d'environ 0,58 pour le deuxième climatiseur de la salle F1 jusqu'à plus de 3,3 pour l'un des climatiseurs du laboratoire d'électricité (*voir Tableau 4 ci-dessous*), ce qui traduit des niveaux de performance très contrastés d'un équipement à l'autre (Annexe 3 : Mesure des performances).

Le *Tableau 4* ci-dessous montre les résultats de puissances et COP estimés par calcul grâce aux mesures faites et comparé à la puissance relevée sur les plaques signalétiques donné par le constructeur.

Tableau 4 : Tableau comparatif des COP

	Données mesurées			Données fabricant		
Salle	Puissance frigorifique (W)	Puissance absorbée (W)	COP Mesuré	Puissance frigorifique (W)	Puissance absorbée (W)	COP Fabricant
Labo-biomasse 1	2 484,19	935,76	2,655	3577,713	1 200	2,981
Labo-biomasse 2	4 712,2	1 620	2,909	5 010	1 740	2,879
F1 (clim1)	3 193,39	1 449	2,204	6 400	2 277	2,811
F1 (clim2)	1 034,08	1 771	0,584	6 400	2 277	2,811
Labo électricité	6 671,07	2 001	3,334	7 038,123	1 830	3,846
Labo électricité	4 526,174	2 070	2,187	7 038,123	1 830	3,846
Labo électricité	5 829,55	2 093	2,78	7 038,12	1 830	3,84
Labo Pierre	5 142,54	1 880,82	2,73	7 030	2 500	2,812

1.2 Comparaison entre performance théorique et réelle

La comparaison à la *Figure 19* entre les **COP mesurés** et les **COP fabricant** fourni par les constructeurs montre que, pour la plupart des unités, les performances réelles sont inférieures aux valeurs théoriques, avec des écarts plus marqués pour certains appareils comme F1 (clim2) À l'inverse, des climatiseurs tels que ceux des laboratoires d'électricité et du labo biomasse 2 présentent des COP plus proches des valeurs attendues, signe d'un état de fonctionnement encore satisfaisant (Annexe 3 : Mesure des performances).

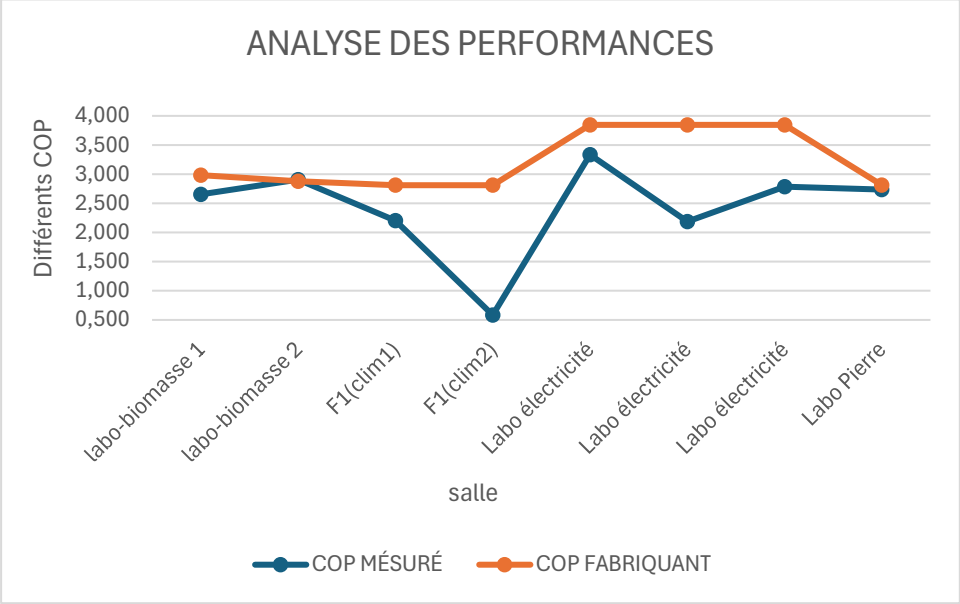


Figure 19 : Analyse des performances

Ces résultats, conformes aux observations de la littérature qui montrent qu'un manque d'entretien peut entraîner des surconsommations de l'ordre de 20 à 30 % sur les systèmes HVAC, confirment l'importance d'un suivi régulier des performances et de la mise en place d'une maintenance préventive structurée pour limiter la dégradation du rendement énergétique au cours du temps [26], [27].

1.3 Analyse des résultats du bilan thermique :

Le bilan thermique simplifié des salles E1 à F6 montre que la puissance installée reste globalement cohérente avec les charges calculées. La présence d'une légère marge de sécurité garantit le confort tout en limitant les risques de surdimensionnement important.

Tableau 5 : récapitulatif du bilan thermique par salle

Salles	Résultat du bilan thermique					Climatiseur installé	
	Surface	Gains de chaleur latente (W)	Gains de chaleur sensible (w)	Gains de chaleur total (W)	Puissance du climatiseur calculé (cv)	Puissance du fabricant installée (cv)	Nombre de climatiseurs
E1	52,61	1096	11168	12264	5,55	6	2
E2	52,61	1096	11071	12167	5,51	6	2
E3	52,61	1096	11168	12264	5,55	6	2
E4	52,61	1096	11071	12167	5,51	6	2
F1	76,49	2184	12892	15076	6,83	6	2
F2	76,49	2184	11668	13852	6,27	6	2
F3	76,49	2184	13040	15224	6,89	6	2
F4	76,49	2184	12892	15076	6,83	6	2
F5	76,49	2184	11668	13852	6,27	6	2
F6	76,49	2184	13040	15224	6,89	6	2

Au vu du *Tableau 5* : récapitulatif du bilan thermique par salle ci-dessus et de la *Figure* 20 ci-dessous, les puissances déjà installées respectent en moyenne les puissances calculées nécessaires pour chaque salle, démontrant ainsi que le dimensionnement et le choix des climatiseurs préalablement établis sont suffisants pour assurer le confort des personnes dans les différentes salles.

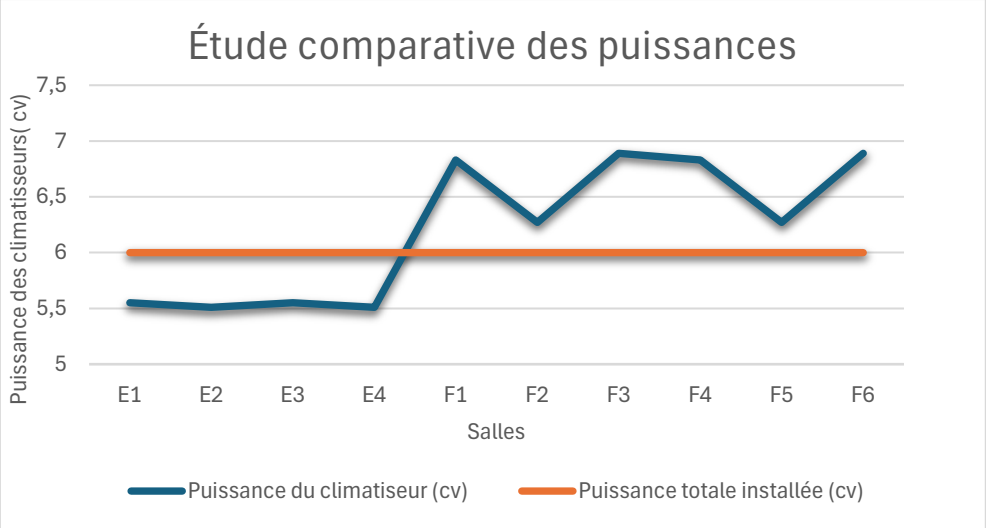


Figure 20 : Étude comparative des puissances

2. Résultats de l'analyse historique des pannes

2.1 Répartition des interventions correctives

Les données (*voir Annexe 2 : Historique des pannes et interventions*) montrent que les interventions les plus fréquentes concernent des locaux à forte sollicitation, tels que les laboratoires (labo biomasse, labo électricité), les bâtiments des salles de cours (BD1 à BD4), certains bureaux administratifs et les amphithéâtres. Les pannes recensées portent majoritairement sur :

- Des défauts électriques (disjoncteurs ou « Dismatique » défectueux, problèmes d'alimentation) ;
- Des défaillances de composants frigorifiques (manque de gaz, fuites, condensateurs ou compresseurs défaillants, moteurs de ventilateurs hors service) ;
- Des problèmes de rendement global (mauvais froid, nécessité de remplacer un climatiseur devenu trop peu performant).

Plusieurs événements récurrents sont observés dans certains bâtiments, notamment des remplacements répétés de disjoncteurs dans les salles de cours BD2 et BD3, ainsi que des multiples interventions sur le laboratoire de biomasse liées à des compresseurs, condensateurs ou moteurs défectueux. Ces éléments suggèrent l'existence de contraintes particulières

(conditions d'usage, environnement poussiéreux, installation électrique sollicitée) qui justifient une surveillance renforcée et des actions préventives ciblées.

2.2 Importance des opérations préventives

Parallèlement aux pannes, l'historique (*Annexe 2 : Historique des pannes et interventions*) met en évidence un volume significatif d'opérations « d'entretien » planifiées sur les principaux bâtiments (amphithéâtres, laboratoires, salles de cours E1 à F6 et BD, école doctorale, salles informatiques). Ces interventions préventives consistent principalement en des nettoyages de filtres, dépoussiérage des unités intérieures et extérieures, contrôles visuels et vérification des paramètres de fonctionnement.

La présence régulière de ces entretiens montre que, malgré l'absence antérieure de GMAO, une forme de maintenance préventive était déjà pratiquée par le service technique, mais sans traçabilité structurée ni indicateurs associés. La formalisation de ces opérations dans la base de données constitue un premier pas vers un véritable plan de maintenance préventive, permettant à terme de mieux équilibrer les efforts entre préventif et correctif et de réduire la fréquence des pannes critiques.

3. Synthèse globale de diagnostic

Dans l'ensemble, le parc de climatisation de K1 présente un état contrasté : de nombreux climatiseurs sont fonctionnels et régulièrement entretenus, mais certains groupes d'équipements concentrent une part importante des interventions correctives, notamment dans les laboratoires et les dortoirs. L'absence d'historique détaillé avant 2022 et le nombre limité de pannes recensées ne permettent pas encore d'établir des indicateurs quantitatifs robustes de fiabilité ou de disponibilité. Néanmoins, les tendances qualitatives observées confirment l'intérêt de cibler prioritairement les locaux critiques et de renforcer la maintenance préventive sur les équipements déjà identifiés comme sensibles. L'intégration systématique de ces informations dans la GMAO développée doit permettre, dans les années à venir, de disposer d'un historique suffisant pour passer d'un diagnostic descriptif à une analyse statistique plus approfondie.

VIII - CONCLUSION GÉNÉRALE

L'objectif de ce travail était d'améliorer la gestion de la maintenance du parc de climatisation du site K1 de l'Institut 2iE, confronté à des pannes fréquentes, un manque de suivi des équipements et une organisation principalement corrective. Ces difficultés ont un impact direct sur le confort thermique, la continuité des activités pédagogiques et les coûts d'exploitation du campus.

Le diagnostic réalisé a permis de mieux connaître l'état réel du parc de climatisation, de mettre en évidence les zones les plus sollicitées et d'identifier les principales causes de défaillance. Il est apparu que l'absence d'outils de suivi et de planification constituait un point faible majeur, limitant l'efficacité des interventions de maintenance et favorisant la répétition des pannes.

Pour répondre à cette situation, une solution de gestion de maintenance assistée par ordinateur (GMAO) a été conçue et développée en tenant compte des contraintes spécifiques de 2iE. Le choix d'un outil basé sur Excel et VBA permet un déploiement immédiat, sans coût de licence, tout en restant accessible aux équipes techniques. La GMAO développée offre un suivi structuré des équipements, des interventions et des opérations de maintenance préventive, contribuant à une meilleure organisation du service maintenance.

Les tests réalisés avec les techniciens ont montré que l'outil est fonctionnel, simple à utiliser et adapté au contexte du site. Même si le recul n'est pas suffisant pour mesurer précisément les gains économiques et énergétiques, la solution proposée constitue une base solide pour améliorer durablement la fiabilité des installations et limiter les interventions correctives non planifiées.

Ce travail a également permis de mettre en évidence les enjeux environnementaux liés à l'utilisation de certains fluides frigorigènes encore présents sur le site, soulignant l'intérêt d'une stratégie progressive de renouvellement des équipements et de mise en conformité avec les réglementations en vigueur.

Les principales limites de l'étude concernent la disponibilité partielle des données historiques et la durée limitée du projet, qui n'a pas permis un déploiement sur une période suffisamment longue pour évaluer pleinement les performances de la GMAO. Ces limites ouvrent toute fois des perspectives d'amélioration, notamment par l'enrichissement des

données de maintenance, l'intégration d'indicateurs de suivi et, à terme, l'évolution vers des solutions plus avancées.

En conclusion, ce mémoire montre qu'une approche simple, pragmatique et adaptée au contexte local peut apporter des améliorations concrètes à la gestion des installations techniques. La solution proposée constitue un outil opérationnel pour 2iE et illustre le rôle de l'ingénieur dans la mise en place de solutions efficaces, durables et réalistes au service des infrastructures et de leurs usagers.

IX - BIBLIOGRAPHIE

[1] M. Miri, C. Faubel, U. Demarquet Alban, et A. Martinez-Molina, « Impact of Indoor Environmental Quality on Students' Attention and Relaxation Levels During Lecture-Based Instruction », *Buildings*, vol. 15, n° 16, p. 2813, 2025.

[2] « Pourquoi l'entretien d'une climatisation est indispensable ? », TotalEnergies. Consulté le : 2 octobre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://www.totalenergies.fr/particuliers/parlons-energie/dossiers-energie/chauffage-et-climatisation/pourquoi-l-entretien-d-une-climatisation-est-indispensable

[3] I. I. NABOLE, « Burkina : 2iE célèbre son jubilé d'or », Burkina24.com - Actualité du Burkina Faso 24h/24. Consulté le : 28 octobre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://burkina24.com/2018/12/14/burkina-2ie-celebre-son-jubile-dor/

[4] « Le site officiel | 2iE ». Consulté le : 28 octobre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://www.2ie-edu.org/

[5] « Burkina Faso : Annonce d'une subvention de la Banque mondiale à un « centre d'excellence » régional accueillant des étudiants en ingénierie de 36 pays », World Bank. Consulté le : 28 octobre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2012/10/18/burkina-faso-world-bank-grant-support-regional-center-of-excellence-serving-engineering-students-from-36-countries

[6] J. Afrique, « Burkina Faso : 2iE, l'école d'ingénieurs qui stimule l'entrepreneuriat - Jeune Afrique.com », JeuneAfrique.com. Consulté le : 28 octobre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://www.jeuneafrique.com/emploi-formation/520076/burkina-faso-2ie-lecole-dingenieurs-qui-stimule-lentreprenariat/

[7] « La Maintenance Industrielle | PDF », Scribd. Consulté le : 8 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://fr.scribd.com/document/448359708/La-maintenance-industrielle

[8] « Programme minimal d'entretien des systèmes de climatisation - manuel ».

[9] « Maintenance D'un Climatiseur : Opérations de Maintenance | PDF | Climatisation | Soupape », Scribd. Consulté le : 12 novembre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://fr.scribd.com/document/604626847/3083738

[10] « Entretien préventif de la climatisation : préparez-vous pour l'été | Optima Retail ». Consulté le : 13 novembre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://optimaretail.eu/fr/entretien-preventif-de-la-climatisation/

[11] « I.1 Définition de La Maintenance (Norme NF EN 13306) | PDF », Scribd. Consulté le : 8 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://fr.scribd.com/document/623369278/CH1-M2

[12] « Programme minimal d'entretien des systèmes de climatisation - manuel ».

[13] « Indicateur de maintenance : calculs et ratios des kpi maintenance industrielle », Appvizer. Consulté le : 12 novembre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://www.appvizer.fr/magazine/operations/gestion-maintenance/indicateur-maintenance

[14] « Stratégie de maintenance : Techniques & Méthodes », StudySmarter FR. Consultéle :: 12 novembre 2025. [En ligne]. Disponible sur : https://www.studysmarter.fr/resumes/ingenierie/ingenierie-aerospatiale/strategie-de-maintenance/

[15] « Cahier de charges.pdf ». Consulté le : 31 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://www.bceao.int/sites/default/files/2023-07/Cahier%20de%20charges.pdf

[16] « Installation & entretien & maintenance des climatiseurs ». Consulté le : 31 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://bf.coinafrique.com/annonce/autres-services/installation-et-entretien-et-maintenance-des-climatiseurs-4087030

[17] « Microsoft Word - Quotidien_word N°4160-s.docx ». Consulté le : 31 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur : https://www.dgcmef.gov.bf/sites/default/files/2025-06/Quotidien%20N%C2%B04160.pdf

[18] oxmaint, « Comparing SAP PM and Maximo: Which System Offers Superior Advantages? | Oxmaint Community », Oxmaint. Consulté le : 17 novembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://community.oxmaint.com/discussion-forum/comparing-sap-pm-and-maximo-which-system-offers-superior-advantages

[19] K. Agarwal, « IBM Maximo vs. SAP: Which Software Is the Winner? », SelectHub. Consulté le: 17 novembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://www.selecthub.com/eam/ibm-maximo-and-sap/

[20] « Gestion intelligente des services informatiques, assistance technique et suivi des actifs | GLPI ». Consulté le: 31 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: https://www.glpi-project.org/en/

[21] « Infor Enterprise Asset Management ». Consulté le: 31 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: https://engage.infor.com/republic-services/home/infor-enterprise-asset-management

[22] « Enterprise », Fiix. Consulté le: 31 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: https://fiixsoftware.com/enterprise/

[23] « openMAINT: Avis Prix & Alternatives | Logiciels.Pro ». Consulté le: 31 janvier 2026. [En ligne]. Disponible sur: https://www.logiciels.pro/logiciel-saas/openmaint/

[24] « Évolution et Stratégies de Maintenance | PDF | Sécurité | Application ». Consulté le: 17 novembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://fr.scribd.com/document/425121452/01-Concepts-Et-Strategies-de-Maintenance-Prof

[25] « Underpinning success factors of maintenance digital transformation: A hybrid reactive Delphi approach », *International Journal of Production Economics*, vol. 255, p. 108701, janv. 2023, doi: 10.1016/j.ijpe.2022.108701.

[26] « A Guide to Commercial HVAC Preventive Maintenance For Facility Managers | ServiceChannel ». Consulté le: 22 décembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://servicechannel.com/blog/guide-to-hvac-preventive-maintenance/

[27] « Commercial HVAC Maintenance Services | eWorkOrders ». Consulté le: 22 décembre 2025. [En ligne]. Disponible sur: https://eworkorders.com/cmms-industry-articles-eworkorders/commercial-hvac-maintenance-tips-checklist/

X - ANNEXE

1. Annexe 1 : Inventaire du site K1

Tableau 6 : inventaire du parc de climatisation

N°	Identifiant	Modèle	Salle	Type	Marque	N°Série	Puissance	Réfrigérant	Installation	Etat
1	KBA0101	AH-X12XEV/AU-X12XEV	Assistante STI	Split	SHARP	16005763	1,5ch	R410A	2021	Bon
2	KBA0102	AH-X12XEV/AU-X12XEV	Chef de département STI	Split	SHARP	16005669	1,5ch	R410A	2021	Bon
3	KBA0103A	AH-A18MEVP/AU-A18MEVP	Salle de réunion du département STI	Split	SHARP	212630	2ch	R22	2014	Bon
4	KBA0103B	AH-A12MEVP/AU-A12MEVP	Salle de réunion du département STI	Split	SHARP	2136486	1,5ch	R22	2021	Bon
5	KBA0104A	AH-X12MEV/AU-A12MEV	Département STI	Split	SHARP	2624493	1,5ch	R22	2014	Bon
6	KBA0104B	AH-X12XEV/AU-X12XEV	Département STI	Split	SHARP	16006086	1,5ch	R410A	2014	Bon
7	KBA0105	AH-X12XEV/AU-X12XEV	Chef de site Kamboinse	Split	SHARP	16005354	1,5ch	R410A	2021	Bon
8	KBA0106	HS-C1264SA6	Direction Générale	Split	LG		1,5ch	R22	2011	Bon
9	KBA02011	AH-A12REVP/AU-A12REVP	Malick Zorom	Split	SHARP	71025706	1,5ch	R22		Bon
10	KBA02012	AH-A12PEV/AU-A12PEV	Amadou Simal	Split	SHARP	51016524	1,5ch	R22		Bon
11	KBA02013	AH-X12XEV/AU-X12XEV	Babacar Leye	Split	SHARP	11006966	1,5ch	R410A		Bon
12	KBA02014	Unionaire	P. Zongo	Split			1,5ch	R22		Bon
13	KBA02015	AH-A12JEV/AU-A12JEV	Diop	Split	SHARP	8115800	1,5ch	R22		Bon
14	KBA1001A	AH-A24NCV/AU-A24CNV	BN3	Split	SHARP		3ch		2005	Bon
15	KBA1001B	AH-A24FEV/AU-A24FEV	BN3	Split	SHARP	7107508	3ch	R22	2005	Bon
16	KBA1002A	AH-A24NCV/AU-A24CNV	BN2	Split	SHARP		3ch		2005	Bon
17	KBA1002B	AH-A24FEV/AU-A24FEV	BN2	Split	SHARP	7107546	3ch	R22	2005	Mauvais
18	KBA1004	AH-A24NCV/AU-A24CNV	Salle Serveur BN	Split	SHARP		3ch		2025	Bon
19	KBA1005	AH-A24FEV/AU-A24FEV	Bureau 01 BN	Split	SHARP		3ch			Bon
20	KBA1006	AH-A24FEV/AU-A24FEV	Bureau 02 BN	Split	SHARP		3ch			Bon
21	KBA1007	AH-A9ZTEP/AU-A9ZTEP	Topographie	Split	SHARP		1ch	R410A	2023	Bon
22	KBA1007A	AH-A9ZTEP/AU-A9ZTEP	Topographie	Split	SHARP		1ch	R410A	2023	Bon
23	KBA1007B	AH-A9ZTEP/AU-A9ZTEP	Topographie	Split	SHARP		1ch	R410A	2023	Bon
24	KBA1007C	AH-A9ZTEP/AU-A9ZTEP	Topographie	Split	SHARP		1ch	R410A	2023	Bon
25	KBA1007D	AH-A9ZTEP/AU-A9ZTEP	Topographie	Split	SHARP		1ch	R410A	2023	Bon
26	KBAFAB01	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	FABLAB	Split	SHARP Inventer		3 ch.	R410A	2024	Bon
27	KBAFAB02	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	FABLAB	Split	SHARP Inventer		3 ch.	R410A	,	Bon

28	KBAFAB03	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	FABLAB	Split	SHARP Inventer		3 ch.	R410A	2024	Bon
29	KBAFAB04	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	FABLAB	Split	SHARP Inventer		3 ch.	R410A	2024	Bon
30	KBAFAB05	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	FABLAB	Split	SHARP Inventer		3 ch.	R410A	2024	Bon
31	KBAFAB06	AH-A18MEV/AU-A18MEV	FABLAB	Split	SHARP Inventer	1602287	2 ch.	R22	2024	Bon
32	KBAFAB07	AH-A12LEV/AU-A12LEV	FABLAB	Split	SHARP Inventer	631442	1,5ch	R22	2024	Bon
33	KBACHIMI01	AH-A12HV/AU-A12HV	Bureau de Chimie	Split	SHARP	7617227	1,5ch	R22	2008	Bon
34	KBACHIMI02	AH-X12XEV/AU-X12XEV	Bureau de Chimie	Split	SHARP Inventer	16005357	1,5ch	R410A	2008	Bon
35	KBACHIMI03	AH-A24FV/AU-A24FV	Labo Chimie	Split	SHARP	7606566	3ch	R22	2008	Bon
36	KBACHIMI04	AH-A24NCV/AU-A24CNV	Labo Chimie	Split	SHARP	7606563	3ch	R22	2008	Bon
37	KBACHIMI05		Labo Chimie	Split						Bon
38	KBACHIMI06		Labo Chimie	Split						Bon
39	KBABD101	AH-A24NCV/AU-A24CNV	BD1	Split	SHARP		3ch	R22	2005	Bon
40	KBABD102	AH-A24NCV/AU-A24CNV	BD1	Split	SHARP		3ch	R22	2005	Bon
41	KBABD103	AH-A24NCV/AU-A24CNV	BD1	Split	SHARP		3ch	R22	2005	Bon
42	KBABD201	AH-A24NCV/AU-A24CNV	BD2	Split	SHARP		3ch	R22	2005	Mauvais
43	KBABD202	AH-A24FV/AU-A24FV	BD2	Split	SHARP	6603911	3ch	R22	2005	Bon
44	KBABD203	AH-X24XEV/AU-X24XEV	BD2	Split	SHARP	6000142	3ch	R410A	2005	Bon
45	KBABD301	AH-A24FV/AU-A24FV	BD3	Split	SHARP	6603480	3ch	R22	2005	Bon
46	KBABD302	AH-A24FV/AU-A24FV	BD3	Split	SHARP	6603453	3ch	R22	2005	Bon
47	KBABD303	AH-A24NCV/AU-A24CNV	BD3	Split	SHARP		3ch	R22	2005	Mauvais
48	KBABD401	AH-A24FV/AU-A24FV	BD4	Split	SHARP	6603454	3ch	R22	2005	Bon
49	KBABD402	AH-A24FV/AU-A24FV	BD4	Split	SHARP	6603451	3ch	R22	2005	Bon
50	KBABD403	AH-X24XEV/AU-X24XEV	BD4	Split	SHARP	6000087	3ch	R410A	2016	Bon
51	AMPHI101	AH-A24FV/AU-A24FV	Amphi1	Split	SHARP	5601191	3ch	R22	2003	Mauvais
52	AMPHI102	AH-A24FV/AU-A24FV	Amphi1	Split	SHARP	5601198	3ch	R22	2003	Bon
53	AMPHI103	AH-A24FV/AU-A24FV	Amphi1	Split	SHARP	5601048	3ch	R22	2003	Bon
54	AMPHI104	AH-A24NCV/AU-A24CNV	Amphi1	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
55	KBADaran01	HS-C1264SA4	Mr. Darankoum	Split	LG	MEZ61924218	1,5ch	R22	2011	Bon
56	KBADaran02	HS-C1264SA6	Mr. Darankoum	Split	LG	MEZ61896902	1,5ch	R22	2011	Bon

57	KBADaran03	AH-A12SED/AU-A12SED	Mr. Darankoum	Split	SHARP	86502499	1,5ch	R410A	2018	Bon
58	KBADaran04	HS-C1264SA4	Mr. Darankoum	Split	LG	MEZ61924218	1,5ch	R22	2011	Mauvais
59	KBADaran05	AH-A24NCV/AU-A24CNV	Mr. Darankoum	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Mauvais
60	KBAE101	AH-A24NCV/AU-A24CNV	E1	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
61	KBAE102	AH-A24NCV/AU-A24CNV	E1	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
62	KBAE201	AH-A24NCV/AU-A24CNV	E2	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
63	KBAE202	AH-A24NCV/AU-A24CNV	E2	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
64	KBAE301	AH-A24NCV/AU-A24CNV	E3	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
65	KBAE302	AH-A24NCV/AU-A24CNV	E3	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
66	KBAE401	AH-A24NCV/AU-A24CNV	E4	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
67	KBAE402	AH-A24NCV/AU-A24CNV	E4	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
68	KBAF101	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F1	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
69	KBAF102	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F1	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
70	KBAF201	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F2	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
71	KBAF202	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F2	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
72	KBAF301	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F3	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
73	KBAF302	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F3	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
74	KBAF401	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F4	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
75	KBAF402	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F4	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
76	KBAF501	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F5	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
77	KBAF502	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F5	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
78	KBAF601	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F6	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
79	KBAF602	AH-A24NCV/AU-A24CNV	F6	Split	SHARP		3ch	R22	2016	Bon
80	KBA1101	AH-A12HEV/AU-A12HEV	Mr. Zongo Hamed	Split	SHARP	7111450	3ch	R22		Bon
81	KBA1102	AH-A12HEV/AU-A12HEV	M.Basole	Split	SHARP	7108712	3ch	R22		Bon

82	KBA1103	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	Labo électrotechnique	Split	SHARP	2,4022E+12	3ch	R410A	2024	Bon
83	KBA1104	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	Labo électrotechnique	Split	SHARP	2,4022E+12	3ch	R410A	2024	Bon
84	KBA1105	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	Labo électrotechnique	Split	SHARP	2,4022E+12	3ch	R410A	2024	Bon
85	KBA1106	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	Labo électrotechnique	Split	SHARP	2,4022E+12	3ch	R410A	2024	Bon
86	KBA1107	AH-A12MEV/AU-A12MEV	Mr. Samayouga	Split	SHARP	1109214	1,5ch	R22		Bon
87	KBADEP01	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Salle de réunion (Département GEEI)	Split	SHARP	2607581	3ch	R22		Bon
88	KBADEP02	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Salle de réunion (Département GEEI)	Split	SHARP	2606247	3ch	R22		Bon
89	KBADEP03	AH-X13BB/AU-X13BB	Local serveur (Département GEEI)	Split	SHARP Inventer	46008138	1,5ch	R32	2024	Bon
90	KBADEP04	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Bureau M. Gomna (Département GEEI)	Split	SHARP	2606328	3ch	R22		Bon
91	KBADEP05	AH-A24MEV5P/AU-A24MEV5P	Bureau M. Gomna (Département GEEI)	Split	SHARP	2600478	3ch	R22		Bon
92	KBADEP06	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Chef de département (Département GEEI)	Split	SHARP	2606326	3ch	R22		Bon
93	KBADEP07	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Mme. Karol(Département GEEI)	Split	SHARP	2606306	3ch	R22		Bon
94	KBADEP08	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Bureau M. Edem (Département GEEI)	Split	SHARP	2606241	3ch	R22		Bon
95	KBADEP09	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Bureau M. Edem (Département GEEI)	Split	SHARP	2606229	3ch	R22		Bon
96	KBADEP10	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Mme. Marie (Département GEEI)	Split	SHARP	2606403	3ch	R22		Bon
97	KBADEP11	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Bureau doctorant (Département GEEI)	Split	SHARP	2606325	3ch	R22		Bon
98	KBADEP12	AH-A24MEV5P/AU-A24MEV5P	Hall du Département GEEI	Split	SHARP	2600398	3ch	R22		Mauvais
99	KBADEP13	AH-A24MEV/AU-A24MEV	Hall du Département GEEI	Split	SHARP	2606348	3ch	R22		Mauvais
100	KBALaB01	AH-A18MEVP/AU-A18MEVP	Labo Biomasse	Split	SHARP	3116924	2ch	R22		Bon
101	KBALaB02	AH-X24ZMVP/AU-X24ZMVP	Labo Biomasse	Split	SHARP	21000753	3ch	R32	45924	Bon
102	KBALaB03	HS-C1264SA6	Labo Biomasse	Split	LG	MEZ61896902	1,5ch	R22		Bon

103	KBALaB04	AH-X12ZMVP/AU-X12ZMVP	Labo Biomasse	Split	SHARP Inventer	MEZ61896902	1,5ch	R32	45939	Bon
104	KBAPiere01	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	HALL Labo Piere	Split		2,4022E+12	3ch	R410A	2024	Bon
105	KBAPiere02	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	HALL Labo Piere	Split	SHARP	2,4022E+12	3ch	R410A	2024	Bon
106	KBAPiere03	AH-A18ZTEP/AU-A18ZTEP	Labo Piere	Split	SHARP	2,4212E+12	2ch	R410A	2024	Bon
107	KBAPiere04	AH-A18ZTEP/AU-A18ZTEP	Labo Piere	Split	SHARP	2,4212E+12	2ch	R410A	2024	Bon
108	KBAPiere05	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	Labo Piere	Split	SHARP	2,3472E+12	3ch	R410A	2024	Bon
109	KBAPiere06	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	Labo Piere	Split	SHARP	2,4022E+12	3ch	R410A	2024	Bon
110	KBAPiere07	AH-X24ZTEP/AU-X24ZTEP	Labo Piere	Split	SHARP	2,4022E+12	3ch	R410A	2024	Bon
111	KBAPiere08	AH-A12ZTEP/AU-A12ZTEP	Labo Piere	Split	SHARP	2,4381E+12	1,5ch	R410A	2024	Bon
112	KBAPiere09	AH-A12ZTEP/AU-A12ZTEP	Labo Piere	Split	SHARP	2,4331E+12	1,5ch	R410A	2024	Bon
113	KBAELEC01	AH-X24SEV/AU-X24SEV	Labo électricité	Split	SHARP Inventer	6502991	3ch	R410A	2016	Bon
114	KBAELEC02	AH-X24SEV/AU-X24SEV	Labo électricité	Split	SHARP Inventer	6502989	3ch	R410A	2016	Bon
115	KBAELEC03	AH-X24SEV/AU-X24SEV	Labo électricité	Split	SHARP Inventer	6502901	3ch	R410A	2016	Bon
116	KBAELEC04	AH-X24SEV/AU-X24SEV	Labo électricité	Split	SHARP Inventer	96502165	3ch	R410A	2016	Bon
117	KBAELEC05	AH-X18ZMVP/AU-X18ZMVP	Labo électricité	Split	SHARP Inventer	46006157	2ch	R32	2015	Bon
118	KBAAMPHI2A1	AH-A24KEV/AU-A24KEV	Amphi2	Split	SHARP	9102436	3ch	R22		Mauvais
119	KBAAMPHI2A2	AH-A24KEV/AU-A24KEV	Amphi2	Split	SHARP	9102423		R22		Bon
120	KBAAMPHI2A3	AH-A24KEV/AU-A24KEV	Amphi2	Split	SHARP	91002831		R22		Bon
121	KBAAMPHI2A4	AH-A24KEV/AU-A24KEV	Amphi2	Split	SHARP			R22		Bon
122	KBAAMPHI2A5	AH-A24KEV/AU-A24KEV	Amphi2	Split	SHARP			R22		Bon
123	KBAAMPHI2A6	AH-A24KEV/AU-A24KEV	Amphi2	Split	SHARP			R22		Bon
124	KBAAMPHI2A7	AH-A24KEV/AU-A24KEV	Amphi2	Split	SHARP			R22		Bon
125	KBAAMPHI2A8	AH-X24ZMVP/AU-X24ZMVP	Amphi2	Split	SHARP	51002731		R32	2025	Bon
126	KBAAMPHI2A9	AH-X24ZMVP/AU-X24ZMVP	Amphi2	Split	SHARP	51002833		R32	2025	Bon
127	KBAAMPHI2A10	AH-X12ZMVP/AU-X12ZMVP	Local serveur Amphi2	Split	SHARP	41013638	1,5ch	R32	2025	Bon
128	KBABJ1	AH-A12ZTEP/AU-A12ZTEP	BJ1	Split	SHARP	2,4211E+12	1,5ch	R410A	2012	Bon
129	KBABJ1A	AH-A12ZTEP/AU-A12ZTEP	BJ1	Split	SHARP	2,4211E+12	1,5ch	R410A	2012	Bon

130	KBABJ2	AH-A12ZTEP/AU-A12ZTEP	BJ2	Split	SHARP	2,4212E+12	1,5ch	R410A	2012	Bon
131	KBABJ2A	AH-A12ZTEP/AU-A12ZTEP	BJ2	Split	SHARP	2,4211E+12	1,5ch	R410A	2012	Bon
132	KBAEXCEFOC1	AH-X13BB/AU-X13BB	EXCEFOC	Split	SHARP	46008730	1,5ch	R32	2025	Bon
133	KBAEXCEFOC2	AH-A12MEV/AU-A12MEV	EXCEFOC	Split	SHARP	2624489	1,5ch	R22	2012	Bon
134	KBAEXCEFOC3	AH-A12MEVP/AU-A12MEVP	EXCEFOC	Split	SHARP	3665085	1,5ch	R22	2012	Bon
135	KBAEXCEFOC4	AH-A12MEVP/AU-A12MEVP	EXCEFOC	Split	SHARP		1,5ch	R22	2012	Bon
136	KBAEXCEFOC5	AH-A12MEVP/AU-A12MEVP	EXCEFOC	Split	SHARP		1,5ch	R22	2012	Bon
137	KBAEXCEFOC6	AH-A12MEVP/AU-A12MEVP	Local serveur EXCEFOC	Split	SHARP		1,5ch	R22	2011	Bon
138	KBAVilla01	AH-A12SED/AU-A12SED	Villa Doctorant	Split	SHARP	16539041	1,5ch	R410A	2021	Bon
139	KBAVilla02	AH-A12SED/AU-A12SED	Villa Doctorant	Split	SHARP	16539048	1,5ch	R410A	2021	Bon
140	KBAVilla03	AH-A12SED/AU-A12SED	Villa Doctorant	Split	SHARP	16539047	1,5ch	R410A	2021	Bon
141	KBAVilla04	AH-A12SED/AU-A12SED	Villa Doctorant	Split	SHARP	6532724	1,5ch	R410A	2021	Bon
142	KBAVilla05	AH-A12SED/AU-A12SED	Villa Doctorant	Split	SHARP	16539612	1,5ch	R410A	2021	Bon
143	KBAVilla06	AH-A12SED/AU-A12SED	Villa Doctorant	Split	SHARP	16539592	1,5ch	R410A	2021	Bon
144	KBAVilla07	AH-A12SED/AU-A12SED	Villa Doctorant	Split	SHARP	16506762	1,5ch	R410A	2021	Bon
145	KBATV	AH-A24MEV5P/AU-A24MEV5P	Salle de TV	Split	SHARP	3601399	3ch	R22		Bon
146	KBAINFO01	AH-X18BB/AU-X18BB	Salle informatique	Split	SHARP	46003292	2ch	R32	2025	Bon
147	KBAINFO02	AH-A12FV/AU-A12FV	Salle informatique	Split	SHARP	5607154	1,5Cch	R22	2009	Bon

2. Annexe 2 : Historique des pannes et interventions

Tableau 7 : Liste des pannes du site K1

Date	Salles	Panne	Intervention	Maintenance
16/06/2022	BD1		Maintenance	Maintenance corrective
16/06/2022	BD1	Problème de dismatique	Remplacer	Maintenance corrective
16/06/2022	BD1	Problème de courant	Remplacement du dismatique	Maintenance corrective
01/07/2022	F6	Problème de sonde	Remplacement	Maintenance corrective
13/07/2022	Labo-biomasse	Dépannage du climatiseur	Réparation de climatiseur	Maintenance corrective
14/07/2022	Labo-électricité	Dépannage du climatiseur	Réparation de climatiseur	Maintenance corrective
06/09/2022	Labo-biomasse	Compresseur défectueux	Pose d'une capacité de 35 et 5	Maintenance corrective
09/09/2022	BD2, BD3	Compresseur défectueux	Pose de 2 climatiseurs ancien	Maintenance corrective
13/09/2022	Labo-biomasse	Problème dû au moteur	Montage d'un moteur ventilateur et condenseur	Maintenance corrective
15/09/2023	Mr. Issa Madougou	Canalisation bouchée	Débouchage du climatiseur	Maintenance corrective
16/05/2023	Amphi1	Compresseur défectueux	Changement de climatiseur	Maintenance corrective
17/05/2023	Mr. Keita	Manque de gaz+ problème de fuite	Remplacement de gaz + soudure de fuite	Maintenance corrective
24/09/2025	Labo-biomasse	Condensateur 50 défectueux	Changement de climatiseur (condensateur 50)	Maintenance corrective
11/09/2025	Département GEEI	Dismatique défectueux	Pose de deux dismatiques 20A	Maintenance corrective
	Département GEEI	Manque de gaz	Remplacement de gaz	Maintenance corrective
	Département GEEI	Moteur hors service		Maintenance corrective
	Département GEEI	Condenseur 35 défectueux	Changement de condenseur 35	Maintenance corrective
	Darankoum	Manque de gaz	Remplacement de gaz	Maintenance corrective
	Darankoum	Mauvais rendement	Changement de climatiseur	Maintenance corrective
	BD3	Dismatique défectueux	Changement de deux dismatique	Maintenance corrective
	BD2	Dismatique défectueux	Changement de deux dismatique	Maintenance corrective

Tableau 8 : Liste d'intervention du site K1

Date	Salles	Intervention	Maintenance
28/06/2022	Labo-biomasse	Entretien	Maintenance préventive
29/06/2022	E3	Entretien	Maintenance préventive
29/06/2022	F4	Entretien	Maintenance préventive
30/06/2022	E3	Entretien	Maintenance préventive
30/06/2022	F5	Entretien	Maintenance préventive
04/07/2022	E1	Entretien	Maintenance préventive
04/07/2022	F1	Entretien	Maintenance préventive
11/07/2022	F2	Entretien	Maintenance préventive
11/07/2022	E2	Entretien	Maintenance préventive
13/07/2022	École doctorale	Entretien	Maintenance préventive
18/07/2022	École doctorale	Entretien	Maintenance préventive
19/07/2022	Amphi2	Entretien	Maintenance préventive
01/09/2022	Salle informatique	Entretien	Maintenance préventive
02/09/2022		Entretien	Maintenance préventive
28/08/2023	BD1	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
29/08/2023	BD2	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
30/08/2023	BD3	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
01/09/2023	BD4	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
04/09/2023	Amphi1	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
07/09/2023	Bureau Mme. Karol	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
07/09/2023	Bureau Mr. Soro		Maintenance préventive
08/09/2023		Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
10/09/2023		Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
11/09/2023		Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
12/09/2023		Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
18/09/2023	F2	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
20/09/2023	E1	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
21/09/2023	E2	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
02/10/2023	E4	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
03/10/2023	F6	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
04/10/2023	F4	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive
05/10/2023	E2	Entretien des climatiseurs	Maintenance préventive

3. Annexe 3 : Mesure des performances

Tableau 9 : Résultats des mesures effectuées

	Unité intérieure			Unité extérieure			Compresseur				
Salles	Vitesse (m/s)	T refoulement (°C)	T aspiration (°C)	Vitesse (m/s)	T aspiration (°C)	T refoulement (°C)	Courant (A)	Tension (V)	Pression (bar)	T pression (°C)	Type de fluide
Labo-biomasse 1	3,77	11,3	25,7	2,89	32,7	40	4,2	222,8	5	4	R22
Labo-biomasse 2	4,09	9,33	28,16	4,6	35	40,8	7,2	225	4,3	1	R22
F1 (clim1)	2,03	6,3	30,63	3,87	35,4	42,8	6,3		4,2	2	R22
F1 (clim2)	3,01	4,9	31,3	2,06	36	44,4	7,7		4,8	2	R22
Labo électricité	4,14	9,367	28	3,967	33,833	40,967	8,7		7,9	5,3	R410A
Labo électricité	3,65	10,5	29,633	4,333	34,7	39,667	9		8,5	6	R410A
Labo électricité	4,65	11,5	30,433	4,7	34,833	40,333	9,1		8,7	6,2	R410A
Labo Pierre	4,18	14,033	29,933	4,673	35,7	41,633	8,6	218,7	9,9	6,02	R410A

Tableau 10 : Calculs des performances

Diamètre du ventilo (cm)	Débit volumique (m^3/s)	Débit massique (kg/s)	Puissance calorifique au condenseur (W)	Puissance absorbée (W)	Puissance frigorifique (W)	COP
0,4	0,363	0,468	3419,954	935,76	2484,194	2,655
0,484	0,846	1,092	6332,222	1620	4712,222	2,909
0,4	0,486	0,627	4642,397	1449	3193,397	2,204
0,4	0,259	0,334	2805,085	1771	1034,085	0,584
0,55	0,942	1,216	8672,078	2001	6671,078	3,334
0,55	1,030	1,328	6596,174	2070	4526,174	2,187
0,55	1,117	1,440	7922,560	2093	5829,560	2,785
0,5	0,918	1,184	7023,363	1880,82	5142,543	2,734

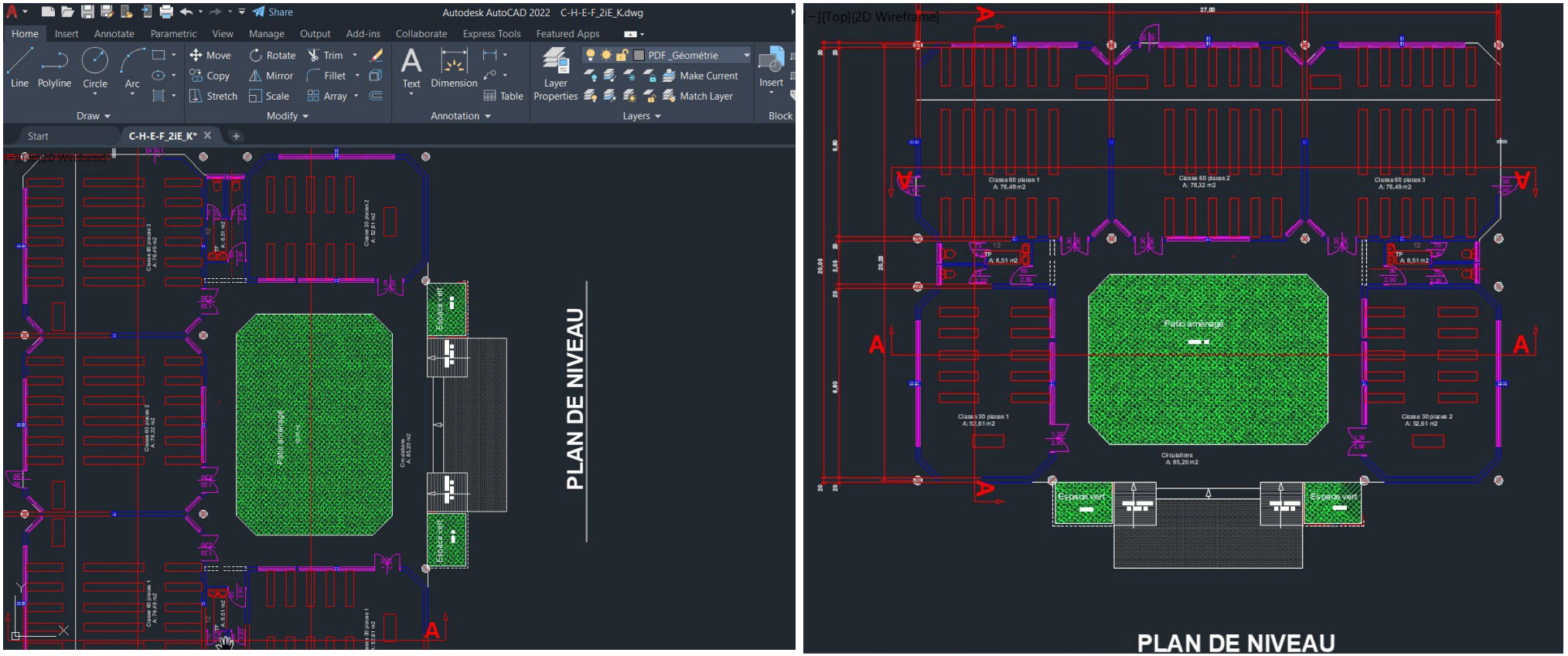


Figure 21 : Plan 2D des bâtiments des salles E et F

4. Annexe 4 : Bilan Thermique

4.1 Salle E1

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

PROGRAMME DE CALCUL D'UN BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION EN CLIMAT TROPICAL

PUISSANCE FRIGORIFIQUE = 12264 W

I- Conditions climatiques

Extérieur			Intérieur		
température	40	°C	température	24	°C
HR	30	%	HR	50	%

Heure de calcul 14 h

II- CALCUL DES APPORTS CALORIFIQUES

1. Vitrages ensoleillés — Qs1= 2278 W (20,40 %)

1.1 Vitrage Nord		1.2 Vitrage Sud	
surface	m²	surface	0 m²
type de vitrage	simple clair	type de vitrage	simple clair
protection solaire	stores ext, en toile (a	protection solaire	stores ext, en toile (alu)
1.3 Vitrage Est		**1.4 Vitrage Ouest**	
surface	8,9687 m²	surface	8,3398 m²
type de vitrage	simple clair	type de vitrage	simple clair
protection solaire	stores ext, en toile (alu)	protection solaire	stores ext, en toile (écru)
1.5 Vitrage Nord-Est		**1.6 Vitrage Nord-Ouest**	
surface	0 m²	surface	0 m²
type de vitrage	simple clair	type de vitrage	simple clair
protection solaire	stores int, à moitié baissées	protection solaire	stores ext, en toile (écru)
1.7 Vitrage Sud-Est		**1.8 Vitrage Sud-Ouest**	
surface	0 m²	surface	0
type de vitrage	simple clair	type de vitrage	simple clair
protection solaire	stores ext, en toile (alu)	protection solaire	stores ext, en toile (alu)

2.Vitrages non ensoleillés — Qs2= 0 W (0,00 %)

surface 0

type de vitrage simple clair

3. Parois opaques extérieures ensoleillées (murs, portes en bois) — Qs3= 4798 W (42,97 %)

3.1 parois Nord		3.2 parois Sud	
surface mur	0 m²	surface mur	14,98 m²
couleur mur	foncée	couleur mur	foncée
nature du mur	parpaings de 15 avec enduit au béton	nature du mur	parpaings de 15 avec enduit au béton
surface porte	0	surface porte	0
type de porte	Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm	type de porte	Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm
3.3 parois Est		**3.4 parois Ouest**	
surface mur	15,945 m²	surface mur	23,963 m²
couleur mur	foncée	couleur mur	foncée
nature du mur	parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux	nature du mur	parpaings de 20 avec enduit au béton
surface porte	3,1531	surface porte	4,2328
type de porte	Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm	type de porte	Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm
3.5 parois Nord-Est		**3.6 parois Nord-Ouest**	
surface mur	4,865 m²	surface mur	0 m²
couleur mur	foncée	couleur mur	foncée
nature du mur	parpaings de 15 sans enduit	nature du mur	parpaings de 15 sans enduit

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

12. renouvellement d'air

Q_{s12}= 106 W
0,95 %
Q_{l12}= 16 W

12.1 ventilation naturelle
volume du local 4 m3/h

12.2 ventilation mécanique
destination local écoles ou théâtres

13. occupants

destination local écoles ou théâtres

nombre d'hommes 15
nombre de femmes 15
nombre d'enfants 0
public mixte:
nombre de personnes

Q_{s13}= 1674 W
14,99 %
Q_{l13}= 1080 W

14. éclairage

nombre de tubes fluorescents 9
puissances 36 W
types de ballast électroniques
nombre de lampes à incandescence 0
puissance 0

Q_{s14}= 356 W
3,19 %

15. machines et appareillages

Q_{s15}= W
0,00 %
Q_{l15}= 0 W

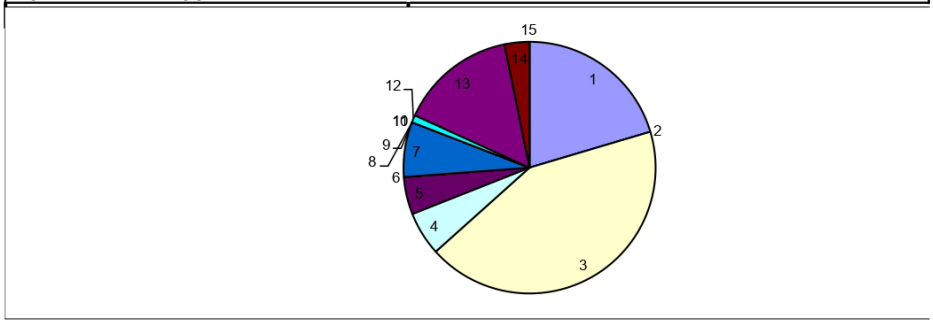
ordinateurs		**imprimantes**		**photocopieuses**	
nmbre		nombre		nombre	0
type	pentium	type	jet d'encre	coef d'utilisation	20 %
écran	14" couleur	coef d'utilisation	15 %		
coef d'utilisation	100 %				
fax		**friteuse**		**chauffe pain**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	2 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
moules à gaufrettes		**pécolateur à café**		**chauffe eau**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
cuisine électrique		**machine à laver**		**aspirateur**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
essoreuse		**réfrigérateur**		**fer à repasser**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
téléviseur		**chaîne stéréo**		**sèche-cheveux**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	10 %	coef d'utilisation	0 %
plaque de cuisson		**grill à viande**		**stérilisateur**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
cafétière					
nombre	0				
coef d'utilisation	0 %				

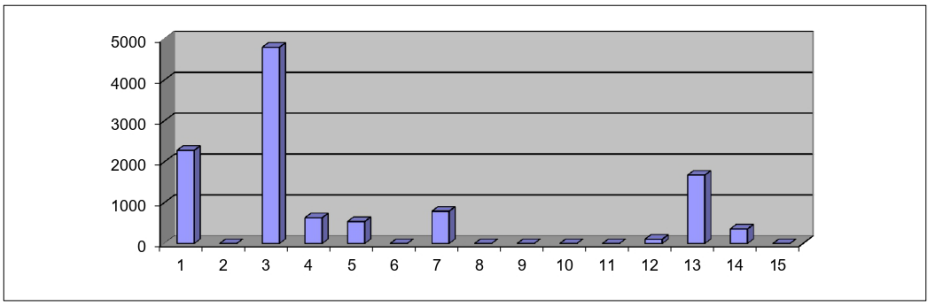
BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

CHARGES SENSIBLES TOTALES	11168	
CHARGES LATENTES TOTALES	1096	
PUISSANCE FRIGORIFIQUE	12,26 41697	kW BTU
PUISSANCE DU CLIMATISEUR	5,55	Cv
FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE	0,91	
PUISSANCE DE DESHUMIDIFICATION	1,58	l/h

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE		
1. Fenêtres ensoleillées	2278	20,40 %
2. fenêtre non ensoleillées	0	0,00 %
3. murs extérieurs ensoleillées	4798	42,97 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	629	5,63 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	538	4,81 %
6. murs en contact avec la cuisine	0	0,00 %
7. toitures ensoléillées	789,15	7,07 %
8. plafonds sous local non climatisé	0	0,00 %
9. plafonds sous comble	0	0,00 %
10.plancher sous local non climatisé	0	0,00 %
11. Portes en bois	0	0,00 %
12. renouvellement d'air	106	0,95 %
13. occupants	1674	14,99 %
14. éclairage	356	3,19 %
15. machines et appareillages	0	0,00 %

repartition des apports





4.2 Salle E2

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

PROGRAMME DE CALCUL D'UN BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION EN CLIMAT TROPICAL

PUISSANCE FRIGORIFIQUE = 12167 W

I- Conditions climatiques

Extérieur
température 40 °C
HR 30 %

Intérieur
température 24 °C
HR 50 %

Heure de calcul 14 h

II- CALCUL DES APPORTS CALORIFIQUES

1. Vitrages ensoleillés — Qs1= 2300 W (20,77 %)

1.1 Vitrage Nord
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (a

1.2 Vitrage Sud
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (alu)

1.3 Vitrage Est
surface 8,3398 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (alu)

1.4 Vitrage Ouest
surface 8,9687 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (écru)

1.5 Vitrage Nord-Est
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores int, à moitié baissées

1.6 Vitrage Nord-Ouest
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (écru)

1.7 Vitrage Sud-Est
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (alu)

1.8 Vitrage Sud-Ouest
surface 0
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (alu)

2.Vitrages non ensoleillés — Qs2= 0 W (0,00 %)
surface 0
type de vitrage simple clair

3. Parois opaques extérieures ensoleillées (murs, portes en bois) — Qs3= 4680 W (42,27 %)

3.1 parois Nord
surface mur 0 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton
surface porte 0
type de porte Châssis double, épaisseur de 3,8 cm

3.2 parois Sud
surface mur 14,98 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton
surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm

3.3 parois Est
surface mur 23,963 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux
surface porte 4,2328
type de porte Châssis simple, épaisseur de 4,4 cm

3.4 parois Ouest
surface mur 15,9453 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton
surface porte 3,1531
type de porte Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm

3.5 parois Nord-Est
surface mur 0 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 sans enduit

3.6 parois Nord-Ouest
surface mur 4,865 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 sans enduit

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 3,2 cm

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm

3.7 parois Sud-Est
surface mur 5,18 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux

surface porte 0
type de porte Châssis double, épaisseur de 4,4 cm

3.8 parois Sud-Ouest
surface mur 5,18 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 3,2 cm

4. Parois opaques extérieures non ensoleillées
surface 18,795 m²
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton

Q_{s4} = 629 W
5,68 %

5. Parois opaques en contact avec les locaux non climatisés
surface 18,795 m²
nature du mur parpaings de 15 avec enduit au béton

Q_{s5} = 538 W
4,86 %

6. Parois opaques en contact avec la cuisine
surface 0 m²
nature du mur béton coulé avec lattes de bois

Q_{s6} = 0 W
0,00 %

7. toitures ensoléillées
surface 52,61 m²
caractéristiques légère avec faux plafond
isolation oui

Q_{s7} = 789,15 W
7,13 %

8. plafonds sous local non climatisé
surface 0 m²
type béton coulé de 20 cm

Q_{s8} = 0 W
0,00 %

9. plafonds sous comble
surface 0 m²

Q_{s9} = 0 W
0,00 %

10.plancher sur local non climatisé
surface 0 m²
type béton coulé de 15 cm

Q_{s10} = 0 W
0,00 %

11.portes ou fenêtres en bois non ensoleillée
surface 0 m²
épaisseur (cm) ◉ 2,5 ○ 3,2 ○ 3,8 ○ 4,4
type de châssis ◉ simple ○ double

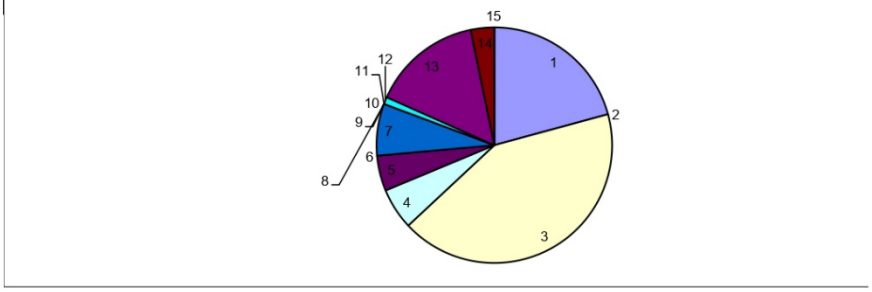
Q_{s11} = 0 W

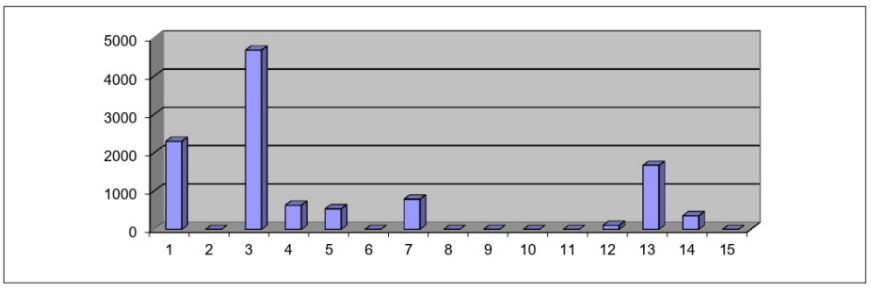
BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

CHARGES SENSIBLES TOTALES	11071	
CHARGES LATENTES TOTALES	1096	
PUISSANCE FRIGORIFIQUE	12,17 41369	kW BTU
PUISSANCE DU CLIMATISEUR	5,51	Cv
FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE	0,91	
PUISSANCE DE DESHUMIDIFICATION	1,58	l/h

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE		
1. Fenêtres ensoleillées	2300	20,77 %
2. fenêtre non ensoleillées	0	0,00 %
3. murs extérieurs ensoleillées	4680	42,27 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	629	5,68 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	538	4,86 %
6. murs en contact avec la cuisine	0	0,00 %
7. toitures ensoléillées	789,15	7,13 %
8. plafonds sous local non climatisé	0	0,00 %
9. plafonds sous comble	0	0,00 %
10.plancher sous local non climatisé	0	0,00 %
11. Portes en bois	0	0,00 %
12. renouvellement d'air	106	0,95 %
13. occupants	1674	15,12 %
14. éclairage	356	3,22 %
15. machines et appareillages	0	0,00 %

repartition des apports





4.3 Salle E3

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

PROGRAMME DE CALCUL D'UN BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION EN CLIMAT TROPICAL

PUISSANCE FRIGORIFIQUE = 12264 W

I- Conditions climatiques

Extérieur			Intérieur		
température	40	°C	température	24	°C
HR	30	%	HR	50	%

Heure de calcul : 14 h

II- CALCUL DES APPORTS CALORIFIQUES

1. Vitrages ensoleillés — Qs1= 2278 W (20,40 %)

1.1 Vitrage Nord		1.2 Vitrage Sud	
surface	m²	surface	0 m²
type de vitrage	simple clair	type de vitrage	simple clair
protection solaire	stores ext, en toile (a	protection solaire	stores ext, en toile (alu)
1.3 Vitrage Est		**1.4 Vitrage Ouest**	
surface	8,9687 m²	surface	8,3398 m²
type de vitrage	simple clair	type de vitrage	simple clair
protection solaire	stores ext, en toile (alu)	protection solaire	stores ext, en toile (écru)
1.5 Vitrage Nord-Est		**1.6 Vitrage Nord-Ouest**	
surface	0 m²	surface	0 m²
type de vitrage	simple clair	type de vitrage	simple clair
protection solaire	stores int, à moitié baissées	protection solaire	stores ext, en toile (écru)
1.7 Vitrage Sud-Est		**1.8 Vitrage Sud-Ouest**	
surface	0 m²	surface	0
type de vitrage	simple clair	type de vitrage	simple clair
protection solaire	stores ext, en toile (alu)	protection solaire	stores ext, en toile (alu)

2.Vitrages non ensoleillés — Qs2= 0 W (0,00 %)

surface 0 — type de vitrage : simple clair

3. Parois opaques extérieures ensoleillées (murs, portes en bois) — Qs3= 4798 W (42,97 %)

3.1 parois Nord		3.2 parois Sud	
surface mur	0 m²	surface mur	14,98 m²
couleur mur	foncée	couleur mur	foncée
nature du mur	parpaings de 15 avec enduit au béton	nature du mur	parpaings de 15 avec enduit au béton
surface porte	0	surface porte	0
type de porte	Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm	type de porte	Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm
3.3 parois Est		**3.4 parois Ouest**	
surface mur	15,945 m²	surface mur	23,963 m²
couleur mur	foncée	couleur mur	foncée
nature du mur	parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux	nature du mur	parpaings de 20 avec enduit au béton
surface porte	3,1531	surface porte	4,2328
type de porte	Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm	type de porte	Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm
3.5 parois Nord-Est		**3.6 parois Nord-Ouest**	
surface mur	4,865 m²	surface mur	0 m²
couleur mur	foncée	couleur mur	foncée
nature du mur	parpaings de 15 sans enduit	nature du mur	parpaings de 15 sans enduit

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 3,2 cm

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm

3.7 parois Sud-Est

surface mur 5,18 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux

surface porte 0
type de porte Châssis double, épaisseur de 4,4 cm

3.8 parois Sud-Ouest

surface mur 5,18 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 3,2 cm

4. Parois opaques extérieures non ensoleillées

surface 18,795 m²
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton

Q_{s4}= 629 W
5,63 %

5. Parois opaques en contact avec les locaux non climatisés

surface 18,795 m²
nature du mur parpaings de 15 avec enduit au béton

Q_{s5}= 538 W
4,81 %

6. Parois opaques en contact avec la cuisine

surface 0 m²
nature du mur béton coulé avec lattes de bois

Q_{s6}= 0 W
0,00 %

7. toitures ensoléillées

surface 52,61 m²
caractéristiques légère avec faux plafond
isolation oui

Q_{s7}= 789,15 W
7,07 %

8. plafonds sous local non climatisé

surface 0 m²
type béton coulé de 20 cm

Q_{s8}= 0 W
0,00 %

9. plafonds sous comble

surface 0 m²

Q_{s9}= 0 W
0,00 %

10.plancher sur local non climatisé

surface 0 m²
type béton coulé de 15 cm

Q_{s10}= 0 W
0,00 %

11.portes ou fenêtres en bois non ensoleillée

surface 0 m²
épaisseur (cm) ◉ 2,5 ○ 3,2 ○ 3,8 ○ 4,4
type de châssis ◉ simple ○ double

Q_{s11}= 0 W

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

12. renouvellement d'air

Q_{s12}= 106 W
0,95 %
Q_{l12}= 16 W

12.1 ventilation naturelle
volume du local 4 m3/h

12.2 ventilation mécanique
destination local écoles ou théâtres

13. occupants

destination local écoles ou théâtres

Q_{s13}= 1674 W
14,99 %
Q_{l13}= 1080 W

nombre d'hommes 15
nombre de femmes 15
nombre d'enfants 0
public mixte:
nombre de personnes

14. éclairage

Q_{s14}= 356 W
3,19 %

nombre de tubes fluorescents 9
puissances 36 W
types de ballast électroniques
nombre de lampes à incandescence 0
puissance 0

15. machines et appareillages

Q_{s15}= W
0,00 %
Q_{l15}= 0 W

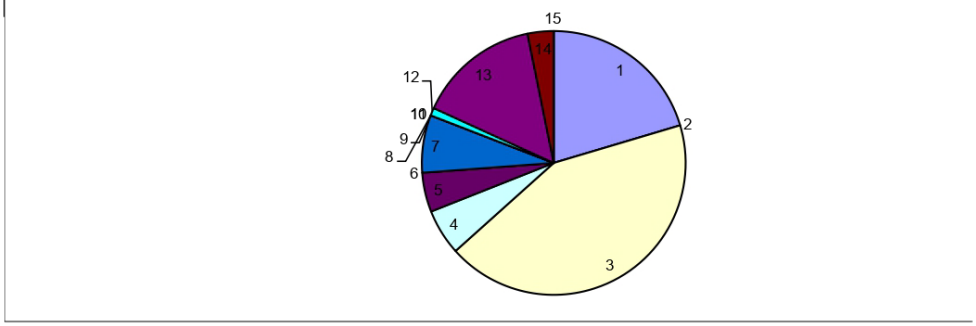
ordinateurs		**imprimantes**		**photocopieuses**	
nmbre		nombre		nombre	0
type	pentium	type	jet d'encre	coef d'utilisation	20 %
écran	14" couleur	coef d'utilisation	15 %		
coef d'utilisation	100 %				
fax		**friteuse**		**chauffe pain**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	2 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
moules à gaufrettes		**pécolateur à café**		**chauffe eau**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
cuisine électrique		**machine à laver**		**aspirateur**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
essoreuse		**réfrigérateur**		**fer à repasser**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
téléviseur		**chaîne stéréo**		**sèche-cheveux**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	10 %	coef d'utilisation	0 %
plaque de cuisson		**grill à viande**		**stérilisateur**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
cafétière					
nombre	0				
coef d'utilisation	0 %				

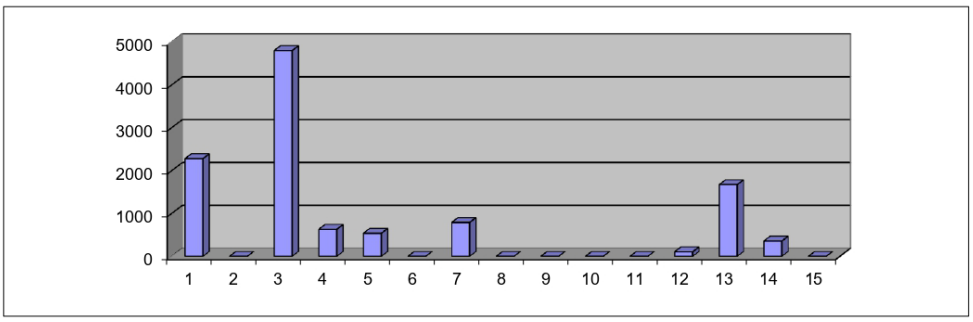
BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

CHARGES SENSIBLES TOTALES	11168	
CHARGES LATENTES TOTALES	1096	
PUISSANCE FRIGORIFIQUE	12,26 41697	kW BTU
PUISSANCE DU CLIMATISEUR	5,55	Cv
FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE	0,91	
PUISSANCE DE DESHUMIDIFICATION	1,58	l/h

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE		
1. Fenêtres ensoleillées	2278	20,40 %
2. fenêtre non ensoleillées	0	0,00 %
3. murs extérieurs ensoleillées	4798	42,97 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	629	5,63 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	538	4,81 %
6. murs en contact avec la cuisine	0	0,00 %
7. toitures ensoléillées	789,15	7,07 %
8. plafonds sous local non climatisé	0	0,00 %
9. plafonds sous comble	0	0,00 %
10.plancher sous local non climatisé	0	0,00 %
11. Portes en bois	0	0,00 %
12. renouvellement d'air	106	0,95 %
13. occupants	1674	14,99 %
14. éclairage	356	3,19 %
15. machines et appareillages	0	0,00 %

repartition des apports





4.4 Salle E4

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

PROGRAMME DE CALCUL D'UN BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION EN CLIMAT TROPICAL

PUISSANCE FRIGORIFIQUE = 12167 W

I- Conditions climatiques

Extérieur
température 40 °C
HR 30 %

Intérieur
température 24 °C
HR 50 %

Heure de calcul 14 h

II- CALCUL DES APPORTS CALORIFIQUES

1. Vitrages ensoleillés — Qs1= 2300 W (20,77 %)

1.1 Vitrage Nord
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (a

1.2 Vitrage Sud
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (alu)

1.3 Vitrage Est
surface 8,3398 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (alu)

1.4 Vitrage Ouest
surface 8,9687 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (écru)

1.5 Vitrage Nord-Est
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores int, à moitié baissées

1.6 Vitrage Nord-Ouest
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (écru)

1.7 Vitrage Sud-Est
surface 0 m²
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (alu)

1.8 Vitrage Sud-Ouest
surface 0
type de vitrage simple clair
protection solaire stores ext, en toile (alu)

2.Vitrages non ensoleillés — Qs2= 0 W (0,00 %)
surface 0
type de vitrage simple clair

3. Parois opaques extérieures ensoleillées (murs, portes en bois) — Qs3= 4680 W (42,27 %)

3.1 parois Nord
surface mur 0 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton
surface porte 0
type de porte Châssis double, épaisseur de 3,8 cm

3.2 parois Sud
surface mur 14,98 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton
surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm

3.3 parois Est
surface mur 23,963 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux
surface porte 4,2328
type de porte Châssis simple, épaisseur de 4,4 cm

3.4 parois Ouest
surface mur 15,9453 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton
surface porte 3,1531
type de porte Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm

3.5 parois Nord-Est
surface mur 0 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 sans enduit

3.6 parois Nord-Ouest
surface mur 4,865 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 sans enduit

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 3,2 cm

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 2,5 cm

3.7 parois Sud-Est
surface mur 5,18 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux

surface porte 0
type de porte Châssis double, épaisseur de 4,4 cm

3.8 parois Sud-Ouest
surface mur 5,18 m²
couleur mur foncée
nature du mur parpaings de 15 avec plâtre ou carreaux

surface porte 0
type de porte Châssis simple, épaisseur de 3,2 cm

4. Parois opaques extérieures non ensoleillées
surface 18,795 m²
nature du mur parpaings de 20 avec enduit au béton

Q_{s4}= 629 W
5,68 %

5. Parois opaques en contact avec les locaux non climatisés
surface 18,795 m²
nature du mur parpaings de 15 avec enduit au béton

Q_{s5}= 538 W
4,86 %

6. Parois opaques en contact avec la cuisine
surface 0 m²
nature du mur béton coulé avec lattes de bois

Q_{s6}= 0 W
0,00 %

7. toitures ensoléillées
surface 52,61 m²
caractéristiques légère avec faux plafond
isolation oui

Q_{s7}= 789,15 W
7,13 %

8. plafonds sous local non climatisé
surface 0 m²
type béton coulé de 20 cm

Q_{s8}= 0 W
0,00 %

9. plafonds sous comble
surface 0 m²

Q_{s9}= 0 W
0,00 %

10.plancher sur local non climatisé
surface 0 m²
type béton coulé de 15 cm

Q_{s10}= 0 W
0,00 %

11.portes ou fenêtres en bois non ensoleillée
surface 0 m²
épaisseur (cm) (•) 2,5 ( ) 3,2 ( ) 3,8 ( ) 4,4
type de châssis (•) simple ( ) double

Q_{s11}= 0 W

BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

12. renouvellement d'air

Q_{s12}= 106 W
0,95 %
Q_{l12}= 16 W

12.1 ventilation naturelle
volume du local 4 m3/h

12.2 ventilation mécanique
destination local écoles ou théâtres

13. occupants

destination local écoles ou théâtres

Q_{s13}= 1674 W
15,12 %
Q_{l13}= 1080 W

nombre d'hommes 15
nombre de femmes 15
nombre d'enfants 0
public mixte:
nombre de personnes 0

14. éclairage

Q_{s14}= 356 W
3,22 %

nombre de tubes fluorescents 9
puissances 36 W
types de ballast électroniques
nombre de lampes à incandescence 0
puissance 0

15. machines et appareillages

Q_{s15}= W
0,00 %
Q_{l15}= 0 W

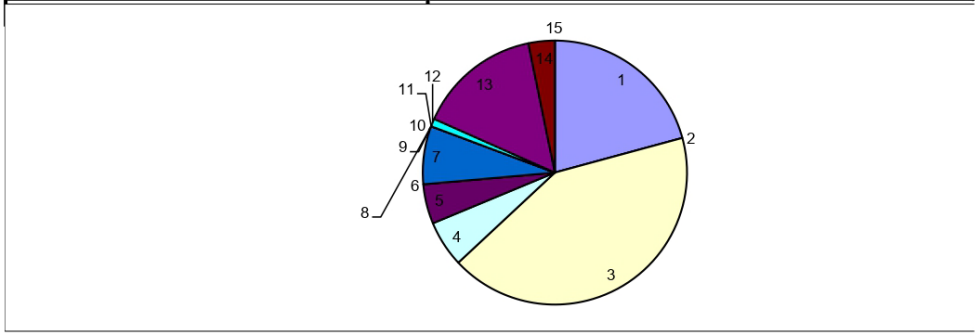
ordinateurs		**imprimantes**		**photocopieuses**	
nmbre		nombre		nombre	0,666666
type	pentium	type	jet d'encre	coef d'utilisation	20 %
écran	14" couleur	coef d'utilisation	15 %		
coef d'utilisation	100 %				
fax		**friteuse**		**chauffe pain**	
nombre	10,76	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	15 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
moules à gaufrettes		**pécolateur à café**		**chauffe eau**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
cuisine électrique		**machine à laver**		**aspirateur**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
essoreuse		**réfrigérateur**		**fer à repasser**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
téléviseur		**chaîne stéréo**		**sèche-cheveux**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	10 %	coef d'utilisation	0 %
plaque de cuisson		**grill à viande**		**stérilisateur**	
nombre	0	nombre	0	nombre	0
coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %	coef d'utilisation	0 %
cafétière					
nombre	0				
coef d'utilisation	0 %				

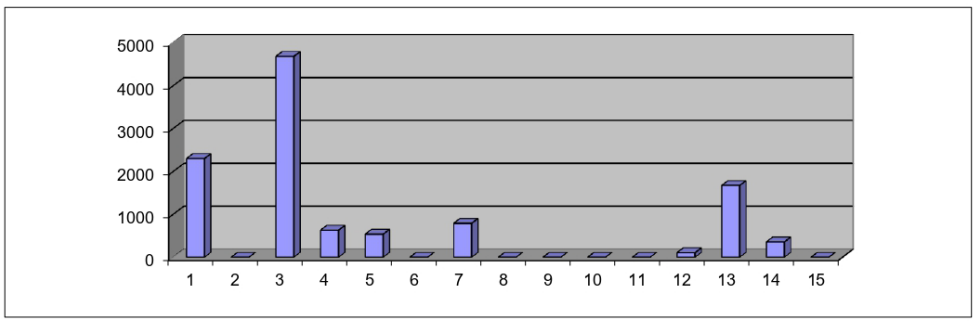
BILAN THERMIQUE DE CLIMATISATION

CHARGES SENSIBLES TOTALES	11071	
CHARGES LATENTES TOTALES	1096	
PUISSANCE FRIGORIFIQUE	12,17 41369	kW BTU
PUISSANCE DU CLIMATISEUR	5,51	Cv
FACTEUR DE CHALEUR SENSIBLE	0,91	
PUISSANCE DE DESHUMIDIFICATION	1,58	l/h

REPARTITION DES APPORTS DE CHALEUR SENSIBLE		
1. Fenêtres ensoleillées	2300	20,77 %
2. fenêtre non ensoleillées	0	0,00 %
3. murs extérieurs ensoleillées	4680	42,27 %
4. murs extérieurs non ensoleillées	629	5,68 %
5. murs en contact avec les locaux non conditionnés	538	4,86 %
6. murs en contact avec la cuisine	0	0,00 %
7. toitures ensoléillées	789,15	7,13 %
8. plafonds sous local non climatisé	0	0,00 %
9. plafonds sous comble	0	0,00 %
10.plancher sous local non climatisé	0	0,00 %
11. Portes en bois	0	0,00 %
12. renouvellement d'air	106	0,95 %
13. occupants	1674	15,12 %
14. éclairage	356	3,22 %
15. machines et appareillages	0	0,00 %

repartition des apports





5. Annexe 5 : Manuel d'utilisation des climatiseurs (usagers)

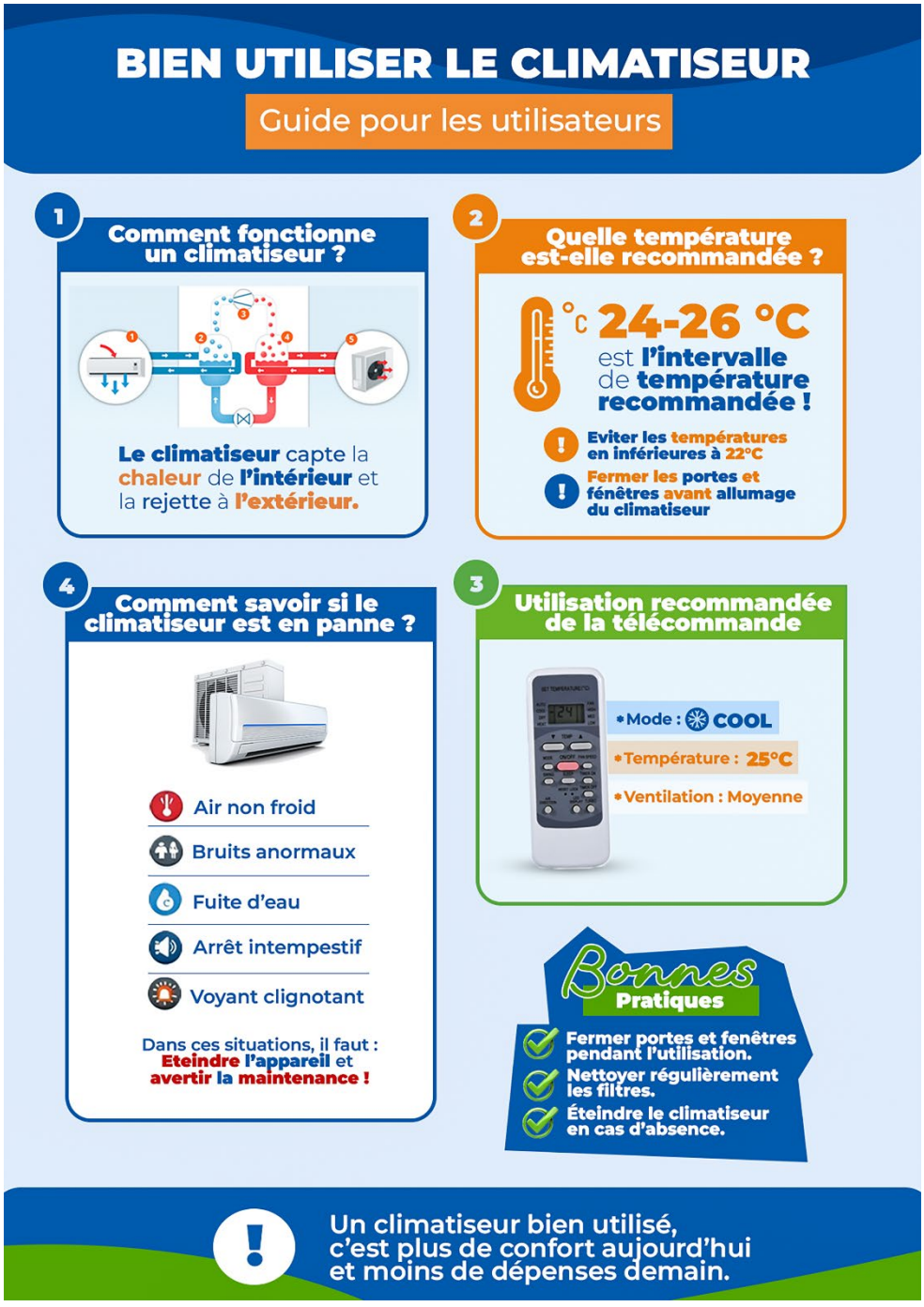


Figure 22 : Guide de bonne pratique d'utilisation pour les utilisateurs

6. Annexe 6 : Guide de maintenance climatisation (techniciens)

6.1 Guide de bonnes pratiques :



Figure 23 : Guide de bonnes pratiques de maintenance climatisation pour techniciens

6.2 Structure et Utilisation du logiciel GMAO





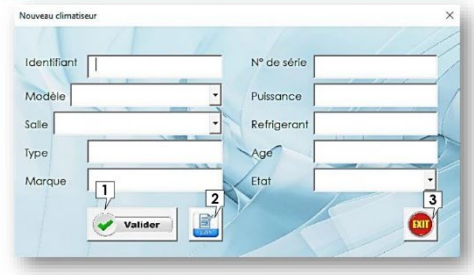
TABLEAU DE BORD



1. GRAPHIQUE ET STATISTIQUES DE MAINTENANCE CORRECTIVE
2. GRAPHIQUE ET STATISTIQUES DE MAINTENANCE PREVENTIVE
3. TABLEAU D'HISTORIQUE DE LA MAINTENANCE
4. HISTORIQUE DE CONNEXION
5. DECONNEXION
6. PARAMETRES
7. BOUTON D'ENREGISTREMENT DE NOUVEAU CLIMATISEUR
8. BOUTON D'ENREGISTREMENT D'UNE MAINTENANCE
9. BOUTON DE PLANNING
10. BOUTON D'EDITION D'UNE FICHE D'ENTRETIEN
11. BOUTON D'ENREGISTREMENT DE NOUVELLES PIECES
12. BOUTON DE RECHERCHE DE CLIMATISEUR PAR SALLE
13. BOUTON DE CALCUL MTBF/MTTR
14. BOUTON D'EDITION DE RAPPORT DE MAINTENANCE
15. BOUTON D'EDITION DE CODE QR
16. ZONE DE RECHERCHE DE MAINTENANCE PAR ID, TYPE DE PANNE, TYPE DE MAINTENANCE
17. ALERTE SUR LA PROCHAINE MAINTENANCE
18. BOUTON DE MISE A JOUR DE TOUTES LES MAINTENANCES

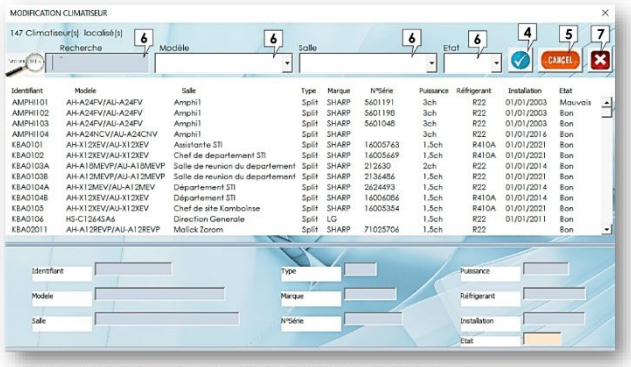
ENREGISTRER UN NOUVEAU CLIMATISEUR

INTERFACE DE SAISIE



1. BOUTON DE VALIDATION DES INFORMATIONS
2. BOUTON DE MODIFICATION
3. BOUTON « QUITTER »

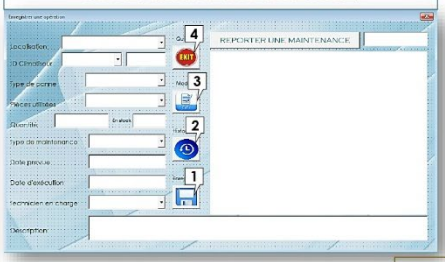
ZONE DE MODIFICATION



4. BOUTON DE VALIDATION DE MODIFICATIONS D'UNE SAISIE
5. BOUTON DE SUPPRESSION D'UNE SAISIE
6. ZONE ET CRITERES DE RECHERCHE PAR ID, MODELE, SALLE ET ETAT
7. BOUTON « QUITTER »

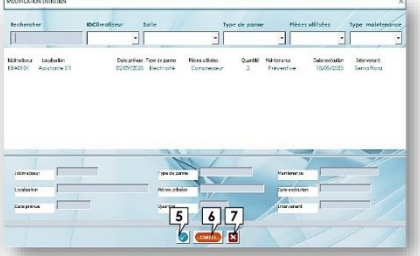
ENREGISTRER UNE MAINTENANCE

INTERFACE DE SAISIE



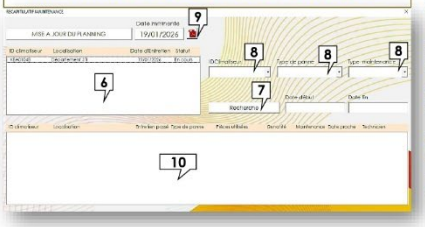
1. BOUTON DE VALIDATION DES INFORMATIONS
2. BOUTON « HISTORIQUE »
3. BOUTON DE MODIFICATION
4. BOUTON « QUITTER »

ZONE DE MODIFICATION



5. BOUTON DE VALIDATION DES MODIFICATIONS DE SASIE
6. BOUTON DE SUPPRESSION DE SAISIE
7. BOUTON « QUITTER »

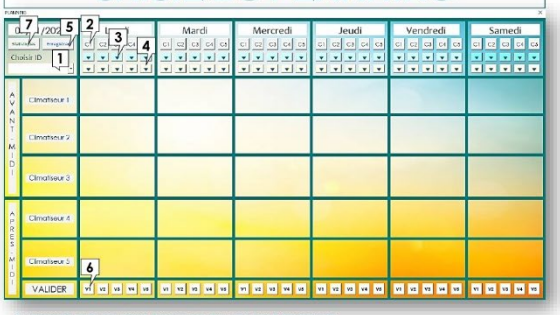
HISTORIQUE DE LA MAINTENANCE



6. TABLEAU DES MAINTENANCES PREVUES DANS LES 30 PROCHAINS JOURS
7. BOUTON DE RECHERCHE PAR INTERVALLE DE DATE
8. ZONE DE RECHERCHE DE MAITENANCE PAR ID, TYPE DE PANNE, TYPE DE MAINTENANCE
9. PRODUCTION DE RAPPORT DE MAINTENANCE FORMAT PDF
10. RESULTAT DE RECHERCHE PAR INTERVALLE DE DATE

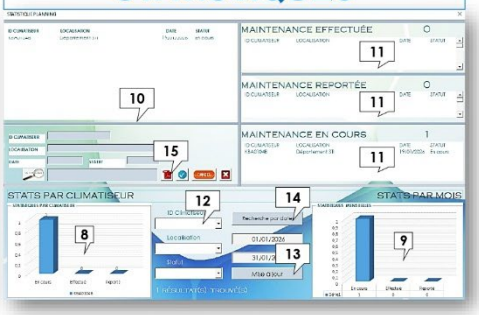
GESTION DU PLANNING

SAISIE DU PLANNING



1. ZONE DE CHOIX DE L'ID DU CLIMATISEUR
2. BOUTON « C1 » CHOIX DE L'ID DU CLIMATISEUR
3. BOUTON « BLEU » CHOIX DE LA DATE D'ENTRETIEN
4. BOUTON « BLANC » EFFACER DATE
5. BOUTON DE MISE EN ATTENTE DU PLANNING: 5 CLIMATISEURS/JOUR
6. BOUTON « V1 » VALIDATION DU PLANNING
7. BOUTON DES STATISTIQUES

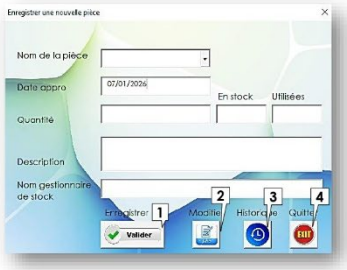
STATISTIQUES



8. GRAPHIQUE DE PLANNING PAR ID
9. GRAPHIQUE GE PLANNING GENERAL
10. ZONE DE MODIFICATION DE SAISIE AVEC BOUTON « MODIFIER » ,« SUPPRIMER » ET « QUITTER
11. STATISTIQUES DU PLANNING
12. CRITERE DE RECHERCHE
13. BOUTON DE MISE A JOUR
14. BOUTON DE RECHERCHE PAR INTERVALLE DE DATE
15. HISTORIQUE DU PLANNING EN FORMAT PDF

ENREGISTRER UNE NOUVELLE PIECE

INTERFACE DE SAISIE



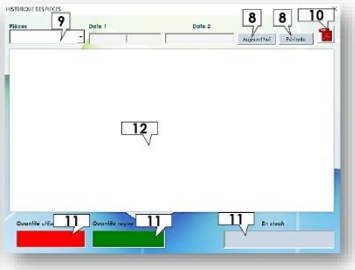
1. BOUTON DE VALIDATION DES INFORMATIONS
2. BOUTON DE MODIFICATION
3. BOUTON « HISTORIQUE »
4. BOUTON « QUITTER »

ZONE DE MODIFICATION



5. BOUTON DE VALIDATION DES MODIFICATIONS DE SASIE
6. BOUTON DE SUPPRESSION DE SAISIE
7. BOUTON « QUITTER »

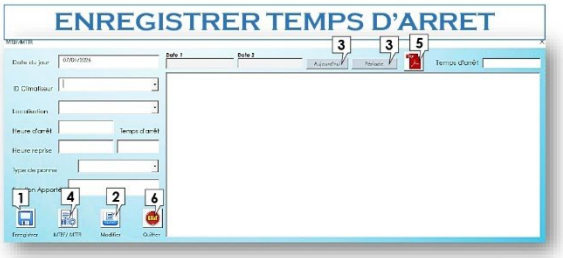
HISTORIQUE DES PIECES



8. BOUTON DE RECHERCHE PAR INTERVALLE DE DATE
9. ZONE DE RECHERCHE PAR PIECE
10. PRODUCTION D'HISTORIQUE FORMAT PDF
11. STATISTIQUES DES PIECES
12. RESULTATS DE RECHERCHE PAR DATE

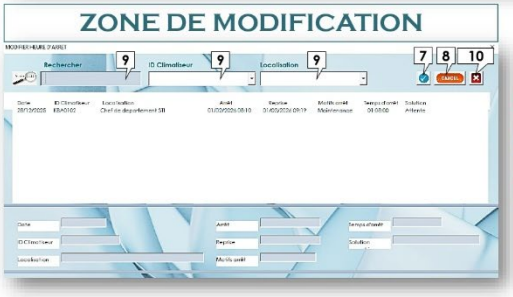
MTBF/MTTR

ENREGISTRER TEMPS D'ARRET

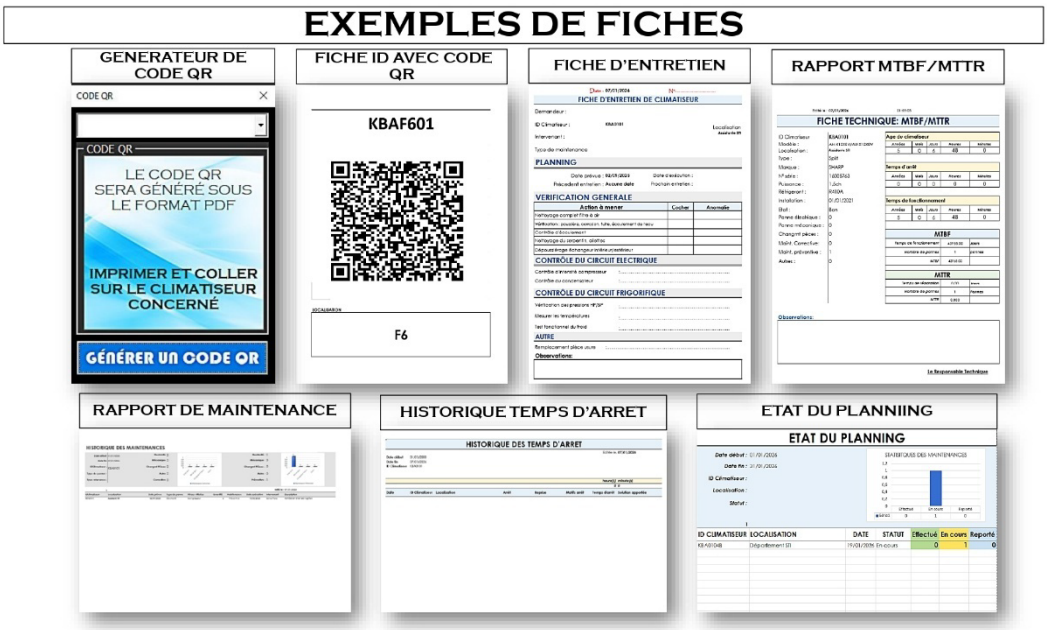


1. BOUTON DE VALIDATION DES INFORMATIONS
2. BOUTON DE MODIFICATION
3. BOUTON DE RECHERCHE PAR INTERVALLE DE DATE
4. BOUTON MTBF/MTTR
5. HISTORIQUE TEMPS D'ARRET SOUS FORMAT PDF
6. BOUTON « QUITTER »

ZONE DE MODIFICATION



7. BOUTON DE VALIDATION DES MODIFICATIONS DE SASIE
8. BOUTON DE SUPPRESSION DE SAISIE
9. ZONE DE RECHERCHE PAR ID ET LOCALISATION
10. BOUTON « QUITTER »


EXEMPLES DE FICHES
GENERATEUR DE CODE QR
CODE QR
LE CODE QR SERA GÉNÉRÉ SOUS LE FORMAT PDF
IMPRIMER ET COLLER SUR LE CLIMATISEUR CONCERNÉ
GÉNÉRER UN CODE QR
FICHE ID AVEC CODE QR
KBAF601
F6
FICHE D'ENTRETIEN
FICHE D'ENTRETIEN DE CLIMATISEUR
PLANNING
VERIFICATION GENERALE
CONTRÔLE DU CIRCUIT ELECTRIQUE
CONTRÔLE DU CIRCUIT FRIGORIFIQUE
AUTRE
RAPPORT MTBF/MTTR
FICHE TECHNIQUE: MTBF/MTTR
RAPPORT DE MAINTENANCE
HISTORIQUE TEMPS D'ARRET
HISTORIQUE DES TEMPS D'ARRET
ETAT DU PLANNIING
ETAT DU PLANNING