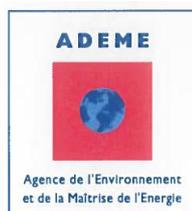


REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe

Programme PACTE AP11 – Pré-diagnostics énergétiques

RAPPORT PHASE 3 : SYNTHESE DES AUDITS REUNION

Version publique



REX des consommations d'électricité des bâtiments tertiaires à La Réunion et en Guadeloupe Programme PACTE AP11 – Pré-diagnostics énergétiques

PACTE / EDF SEI / ADEME

Rapport phase 3 : Synthèse des audits Réunion

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	CONTROLÉ(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
1	Version initiale	ACE	AFN	JTA	Mai 2020

Branche Réunion Océan Indien
121 boulevard Jean Jaurès - CS 31005 - 97404 SAINT-DENIS Cedex . TEL : 02 62 90 96 00 . lareunion@arteliagroup.com

ARTELIA SAS - Siège Social 16 rue Simone Veil - 93400 SAINT-OUEN - FRANCE

Capital : 12 817 270 Euros - 444 523 526 RCS Bobigny - SIRET 444 523 526 00804 - APE 7112B

N° Identification TVA : FR 40 444 523 526 – www.arteliagroup.com

Rapport phase 3 : Synthèse des audits Réunion

REX DES CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE DES BATIMENTS TERTIAIRES A LA REUNION ET EN GUADELOUPE

SOMMAIRE

PRÉAMBULE	8
A. SYNTHÈSE ET VUE D'ENSEMBLE	9
1. ECHANTILLONNAGE ET SÉLECTION	10
1.1. Méthodologie et paramètres.....	10
1.1.1. Données d'entrée.....	10
1.1.2. Périmètre des typologies d'activités	11
1.1.3. Analyse statistique	12
1.2. Sélection finale.....	14
2. INDICATEURS ET VECTEURS D'ANALYSE	16
3. SYNTHÈSE MACRO DE LA CAMPAGNE D'AUDITS	18
3.1. Consommations globales.....	18
3.1.1. Echantillon total	18
3.1.2. Administrations publiques.....	18
3.1.3. Immobilier	19
3.1.4. Défense.....	20
3.1.5. Autres types d'activités	20
3.2. Répartition des consommations	21
3.2.1. Echantillon total	21
3.2.2. Administrations publiques.....	22
3.2.3. Immobilier	22
3.2.4. Défense.....	23
3.2.5. Autres	24
3.2.6. Grands Bureaux (Su > 800 m ²).....	24
3.2.7. Petits Bureaux (Su < 800 m ²).....	25
3.2.8. Synthèse des répartitions de consommations	27
3.2.9. Climatisation centralisée / individuelle	28
3.3. Coût moyen de l'électricité.....	29
3.4. Tendances générales et principaux enseignements	29

B.	OBSERVATIONS ET ENSEIGNEMENTS DE LA CAMPAGNE D'AUDITS.....	31
4.	IMPACT DU BÂTI SUR LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE	32
4.1.	Isolation et Facteurs solaires	32
4.1.1.	Isolation des parois	33
4.1.2.	Facteurs solaires des toitures	34
4.1.3.	Facteurs solaires des façades	36
4.1.4.	Limites de l'analyse	37
4.2.	Baies vitrées	38
4.3.	Insertion environnementale	39
4.4.	Limites de la campagne d'audits sur l'aspect Bâti	40
5.	IMPACT DES ÉQUIPEMENTS SUR LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE	41
5.1.	Puissance électrique & dimensionnement.....	41
5.1.1.	Equipements de climatisation.....	41
5.1.2.	Equipements d'éclairage	41
5.1.3.	Equipements informatiques	42
5.2.	Efficienc	43
5.2.1.	Equipements de climatisation.....	43
5.2.2.	Equipements d'éclairage	44
5.2.3.	Equipements informatiques	45
6.	IMPACT DE LA GESTION DE L'ÉNERGIE	46
6.1.	Habitudes comportementales	46
6.2.	Gestion technique et maintenance des équipements	47
6.3.	Politique énergétique de la structure	48
7.	FOCUS SUR LA CLIMATISATION CENTRALISÉE	49
7.1.	Contexte réunionnais	49
7.2.	Zoom sur les sites analysés	50
7.2.1.	Sites équipés de GEG	50
7.2.1.1.	Etat général des installations	50
7.2.1.2.	Exemple type d'un GEG surdimensionné	52

7.2.1.3. Exemple type d'un GEG non piloté	57
7.2.1.4. Exemple type d'un GEG bien piloté	59
7.2.1.5. Synthèse des GEG de l'échantillon.....	61
7.2.1.6. Bilan énergétique des GEG	62
7.2.2. Sites équipés de VRV	63
7.3. Enjeux et recommandations.....	65
C. VERS DES BATIMENTS TERTIAIRES PEU ENERGIVORES	66
8. FOCUS SUR UN MAUVAIS EXEMPLE	67
8.1. Caractérisation du bâti	67
8.2. Caractérisation des équipements	68
8.2.1. Climatisation	68
8.2.2. Eclairage	70
8.2.3. Informatique	71
8.3. Bilan énergétique	72
9. FOCUS SUR UN BON EXEMPLE	73
9.1. Caractérisation du bâti	73
9.2. Caractérisation des équipements	75
9.2.1. Climatisation	75
9.2.2. Brassage d'air	77
9.2.3. Eclairage	78
9.2.4. Informatique	78
9.3. Bilan énergétique	80
10. SYNTHÈSE DES BONNES PRATIQUES	81
11. QUELS LEVIERS POUR TENDRE VERS EFFICACITÉ ET SOBRIÉTÉ ÉNERGÉTIQUE DANS LE TERTIAIRE À LA RÉUNION ?	82
ANNEXES	84
Annexe 1 – Base de données issue de la campagne	85
Annexe 2 – Rapports d'audits individuels	92

TABLEAUX

Tableau 1 – Divisions des 106 secteurs d'activités de bureaux à La Réunion.....	11
---	----

Rapport phase 3 : Synthèse des audits Réunion

REX DES CONSOMMATIONS D'ELECTRICITE DES BATIMENTS TERTIAIRES A LA REUNION ET EN GUADELOUPE

Tableau 2 – Répartition des sites par tranches de consommations moyennes.....	12
Tableau 3 – Nombre de sites d’administration publique et immobilière	13
Tableau 4 – Sélection finale des sites audités sur le territoire réunionnais	14
Tableau 5 – Répartition de la sélection par type d’activité et dispersion géographique	15
Tableau 6 – Statistiques consommations électriques annuelles Echantillon entier.....	18
Tableau 7 – Statistiques consommations électriques annuelles Activités d’Administration Publique Générale	19
Tableau 8 – Statistiques consommations électriques annuelles Activités de gestion immobilière	19
Tableau 9 – Statistiques consommations électriques annuelles Activités de Défense.....	20
Tableau 10 – Statistiques consommations électriques annuelles Autres types d’activité.....	20
Tableau 11 – Coût moyen de l’électricité sur l’échantillon entier	29
Tableau 12 – Valeurs plafonds de Facteur Solaire.....	32
Tableau 13 – Sensibilité de la consommation en climatisation en fonction du type d’isolation et de la qualité des protections solaires.....	34
Tableau 14 – Consommations d’éclairage et de climatisation en fonction du type d’occultation majoritaire	38
Tableau 15 – Insertion environnemental des sites de l’échantillon	39
Tableau 16 – Puissances installées pour la climatisation.....	41
Tableau 17 – Puissances installées pour l’éclairage	42
Tableau 18 – Puissances installées pour l’informatique	42
Tableau 19 – Répartition des sites par efficience en climatisation.....	43
Tableau 20 – Répartition des sites par efficience en éclairage.....	44
Tableau 21 – Répartition des sites par efficience en informatique	45
Tableau 22 – Répartition des sites par performance en climatisation.....	47
Tableau 23 – Recensement des types de climatisation dans l’échantillon.....	49
Tableau 24 – Etat général visuel et type de maintenance des installations de production à eau glacée.....	50
Tableau 25 – Synthèse des observations relatives au fonctionnement des GEG	61
Tableau 26 – Eléments de bilan énergétique des sites équipés de GEG	62
Tableau 27 – Synthèse des observations relatives au fonctionnement des VRV.....	63
Tableau 28 – Eléments de bilan énergétique des sites équipés de VRV	63
Tableau 29 – Bilan énergétique du site « bon exemple »	72
Tableau 30 – Particularités du bâti	74
Tableau 31 – Bilan énergétique du site « bon exemple »	80

FIGURES

Figure 1 – Répartition de la consommation totale entre les tranches.....	12
Figure 2 – Répartition des consommations par poste Echantillon total.....	21
Figure 3 – Répartition des consommations par poste Activités d’Administration Publique Générale.....	22
Figure 4 – Répartition des consommations par poste Activités Immobilières.....	23
Figure 5 – Répartition des consommations par poste Activités de Défense.....	23
Figure 6 – Répartition des consommations par poste Autres types d’activités	24
Figure 7 – Répartition des consommations par poste Bureaux > 800m ²	25
Figure 8 – Répartition des consommations par poste Bureaux < 800m ²	26
Figure 9 – Synthèse des répartitions de consommations par poste Toutes activités.....	27
Figure 10 – Synthèse des répartitions de consommations par poste Par type de climatisation.....	28
Figure 11 – Indicateurs de consommation en climatisation en fonction du facteur solaire des toitures	34

Figure 12 – Aperçu de quelques toitures de l'échantillon.....	35
Figure 13 – Indicateurs de consommation en climatisation en fonction du facteur solaire des façades.....	36
Figure 14 – Aperçu de façades dénuées de protections solaires.....	36
Figure 15 – Aperçu de façades dotées de protections solaires adéquates.....	37
Figure 16 – Aperçu de baies sans protections solaires adéquates.....	39
Figure 17 – Aperçu de baies dotées de protections solaires adéquates (ici stores extérieurs) ...	39
Figure 18 – Splits muraux équipant 2 sites performants en climatisation	44
Figure 19 – Tubes T5 et pavés LED équipant un site performant en éclairage	45
Figure 20 – Quelques clichés de GEG équipant les sites de l'échantillon	50
Figure 21 – Quelques clichés de groupes VRV équipant les sites de l'échantillon	50
Figure 22 – Zoom sur le condenseur du GEG B.....	51
Figure 23 – Zoom sur le calorifuge des canalisations du GEG B.....	51
Figure 24 – Aperçu de l'installation I.....	52
Figure 25 – Courbes de charges de l'installation A sur une journée type	53
Figure 26 – Zoom sur la courbe de charge des compresseurs, en pas de temps 1 minute	54
Figure 27 – Synthèse du fonctionnement du GEG A.....	56
Figure 28 – Courbes de charge du GEG N.....	57
Figure 29 – Synthèse du fonctionnement du GEG N.....	58
Figure 30 – Synthèse du fonctionnement du GEG A.....	59
Figure 31 – Synthèse du fonctionnement du GEG D.....	60
Figure 32 – Aperçu du GEG (à gauche) et d'un émetteur associé (à droite).....	69
Figure 33 – Courbe de charge de la climatisation centralisée : compresseurs / condenseurs / ventilo-convecteurs	69
Figure 34 – Courbe de charge moyenne de la climatisation centralisée	70
Figure 35 – Aperçu de néons T8 et d'une fluocompacte équipant les locaux	70
Figure 36 – Aperçu d'un poste de travail	71
Figure 37 – Courbe de charge Onduleur	71
Figure 38 – Aperçu des groupes VRV (à gauche) et émetteurs associés (à droite)	75
Figure 39 – Courbe de charge de la climatisation centralisée (production + distribution) commune à tout l'étage de l'immeuble	76
Figure 40 – Courbe de charge des émetteurs au sein des locaux étudiés : cassettes + splits	77
Figure 41 – Aperçu de 2 brasseurs d'air équipant les locaux (en bureau à gauche, en espace commun à droite)	78
Figure 42 – Aperçu d'un pavé LED et d'une lampe LED classique équipant les locaux.....	78
Figure 43 – Poste de travail et prises courant (y-c prise verte)	79
Figure 44 – Courbe de charge Informatique : prises vertes, prises classiques, baies informatiques	79

PREAMBULE

Les enjeux énergétiques de l'île de La Réunion sont une préoccupation importante des pouvoirs publics. La mise en œuvre de la Programmation Pluriannuelle de l'Energie (PPE), et la définition d'objectifs ambitieux en maîtrise de l'énergie en attestent. La délibération du 2 février 2017 de la CRE, ou plus récemment la délibération du 17 janvier 2019 concernant les cadres de compensation pour soutenir les petites actions de Maîtrise de la Demande en Energie (MDE) dans les zones non interconnectées (ZNI) françaises en sont 2 exemples.

Au cours des dernières années, le territoire réunionnais a fait l'objet de diverses études visant à mieux connaître les consommations énergétiques propres à chaque secteur d'activité. L'une d'entre elles, l'Etude sur la typologie des bâtiments tertiaires à La Réunion, réalisée par ARTELIA et ISPOS pour EDF et l'ADEME en 2012, a notamment permis **d'identifier le secteur des bureaux comme étant un enjeu important dans le bilan énergétique de l'île.**

C'est dans ce contexte et le **cadre de l'appel à projet national PACTE, « Améliorer la qualité de la construction dans les territoires ultramarins »**, porté par le ministère en charge du logement, que le groupement d'entreprises ARTELIA, DOM ENERGY et IPSOS a déposé **un projet visant à réaliser des diagnostics instrumentés des consommations d'énergie dans les bâtiments tertiaires de Guadeloupe et de La Réunion.**

Pour chaque DOM, la mission s'articule en 4 phases :

- Phase 1 : Echantillonnage ;
- Phase 2 : Audit des sites sélectionnés (55 sites par DOM) ;
- Phase 3 : Analyse et synthèse des audits, constitution d'une base de données ;
- Phase 4 : Transférabilité et communication.

L'objet du présent rapport est la restitution de la phase 3 pour le territoire réunionnais, sur la base de la campagne d'audits instrumentés réalisés en phase 2.

Il est composé d'une première partie [A] qui synthétise la méthodologie, le travail d'échantillonnage préalablement effectué en phase 1, et présente les principales statistiques quantitatives découlant de l'ensemble des audits.

Une seconde partie [B] focalise l'analyse sur les divers axes discutés en comité de pilotage tout au long du projet.

La troisième partie [C] synthétise les bonnes et mauvaises pratiques identifiées, et définit des leviers visant à améliorer la maîtrise des consommations des bâtiments tertiaires sur le territoire de La Réunion.

La base de données complète et l'ensemble des rapports individuels d'audits sont disponibles en annexes.



A. SYNTHÈSE ET VUE D'ENSEMBLE

1. ECHANTILLONNAGE ET SELECTION

La première phase de la mission consistait en un travail d'échantillonnage et de sélection pour aboutir à une liste de 55 sites à auditer. Ce chapitre reprend les grandes lignes de la méthodologie d'échantillonnage et de sélection, plus largement détaillées dans le rapport Phase 1.

1.1. METHODOLOGIE ET PARAMETRES

A l'occasion du lancement de la présente étude, **l'accent a été mis sur l'intérêt d'inclure dans l'échantillon une quantité non négligeable de « grands bureaux »**, considérés par les partenaires du projet comme primordiaux dans la balance énergétique du secteur tertiaire à La Réunion, et pouvant faire l'objet d'importants leviers d'actions de MDE. La présence d'installations de production frigorifique centralisées, pour la climatisation de confort de ces grands bureaux, est notamment ciblée comme un enjeu majeur présentant un fort gisement d'économies d'énergie.

Afin de garantir la présence de cette catégorie « grands bureaux » dans la sélection finale de sites à auditer, l'ADEME et EDF, partenaires du projet, ont élaboré avec ARTELIA une liste de 15 bâtiments de bureaux jugés pertinents à étudier à ce titre.

Le travail statistique et surtout l'échantillonnage présentés dans la suite de ce rapport concernent alors la construction d'un échantillon complémentaire de 40 sites, représentatifs selon différents critères, afin d'aboutir à une sélection totale de 55 sites à auditer.

1.1.1. Données d'entrée

En tant que partenaire du projet, EDF SEI Réunion a mis à disposition du groupement une base de données de ses clients tertiaires référencés sur l'île. EDF étant l'unique fournisseur et distributeur d'électricité du réseau réunionnais, le listing fourni en entrée constitue une base de travail exhaustive.

Idéalement, IPSOS aurait souhaité réaliser l'analyse sur cette base exhaustive avec toutes les informations utiles par client (consommations, puissance souscrite, localisation, altitude, etc). La réglementation sur l'usage des données (RGPD) a contraint à mener les analyses en 2 temps :

- Analyse des consommations par code NAF (données agrégées donc anonymisées) ;
- Analyse de la dispersion des sites et sélection sur la base des catégories de clients retenus.

Afin de garantir le respect de la RGPD, le fichier finalement mis à disposition par EDF comporte les informations suivantes :

- Pour chaque client :
 - Code NAF
 - Commune
- Pour chaque catégorie de code NAF :
 - Nombre de clients
 - Consommations totales
 - Consommations moyennes par client

1.1.2. Périmètre des typologies d'activités

Le périmètre d'étude a été délimité à une liste de 106 secteurs d'activité (répartis dans 22 familles d'activité) disposant potentiellement de bureaux, cible recherchée pour les audits à réaliser.

Tableau 1 – Divisions des 106 secteurs d'activités de bureaux à La Réunion

N°	DIVISION	N°	DIVISION
41	Construction de bâtiments	69	Activités juridiques comptables
53	Activité de poste et de courrier	70	Activité des sièges sociaux, conseil de gestion
58	Edition	71	Architecture et ingénierie, contrôle et analyse techniques
59	Production de films vidéo, programme TV, enregistrement sonore et édition musicale	72	Recherche et développement scientifique
60	Programmation et diffusion	73	Publicité, études de marché
61	Télécommunications	74	Autres activités spécialisées scientifiques et techniques
62	Programmation conseil et autres activités informatiques	78	Activités liées à l'emploi
63	Services d'information	79	Agences de voyages et activités connexes
64	Activité des services financiers hors assurances et caisse de retraite	80	Enquêtes et sécurité
65	Assurance	81	Services relatifs aux bâtiments, aménagement paysager
66	Activités auxiliaires de services financiers et d'assurance	82	Activités administratives et autres activités de soutien aux entreprises
68	Activités immobilières	84	Administration publique et défense, sécurité sociale obligatoire

Les premières analyses de cette phase d'échantillonnage s'appuient sur ce premier filtre de codes NAF.

Suite au premier filtre ciblant les activités de type Bureaux, de nouveaux filtres ont été effectués afin de prendre en compte les spécificités du territoire réunionnais et de la base de données clients mise à disposition par EDF.

Parmi les catégories d'activité de départ, certains secteurs sont exclus de l'étude car ils regroupent une faible volumétrie d'entreprises ne garantissant pas la confidentialité de leurs données de consommation.

Il en résulte un périmètre final de 80 secteurs d'activités sur lequel le travail d'échantillonnage est effectué.

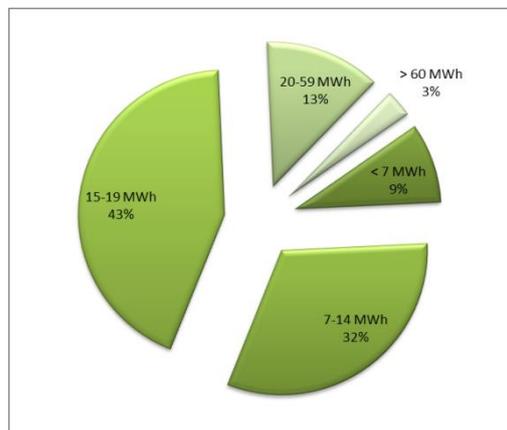
Les filtres appliqués sont détaillés dans le rapport phase 1.

1.1.3. Analyse statistique

Ci-après une synthèse illustrant la répartition des sites par tranches de consommations électriques moyennes annuelles.

Tableau 2 – Répartition des sites par tranches de consommations moyennes

TRANCHES DE CONSO MOYENNE	NOMBRE DE SITES
< 7 MWh	1 430
7-14 MWh	5 066
15-19 MWh	6 893
20-59 MWh	2 056
> 60 MWh	488
Total général	15 933



Les éléments d'analyse sont les suivants :

- Près de 75% des sites tertiaires référencés se situent dans la tranche 7 – 19 MWhé / an ;
- Seulement 3% des sites font partie dans « grands consommateurs », avec plus de 60 MWhé / an ;

Bien qu'un nombre non négligeable de sites tertiaires sont a priori énergivores, le principal enjeu du territoire réunionnais semble résider dans la pluralité des sites de moyennes tailles et aux consommations « modérées », inférieures à 60 MWh / an.

Le graphe ci-après, illustrant le poids des tranches précédentes dans le volume de consommations global de la base de données, conforte cette première analyse.

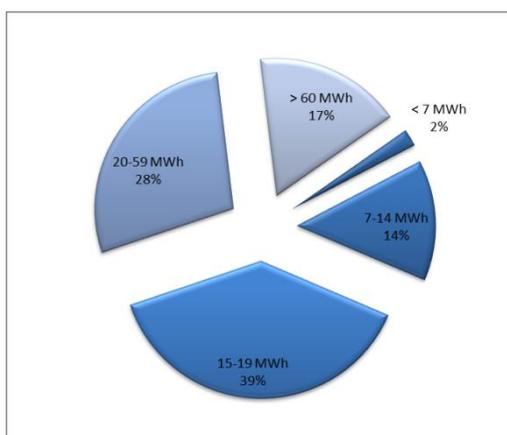


Figure 1 – Répartition de la consommation totale entre les tranches

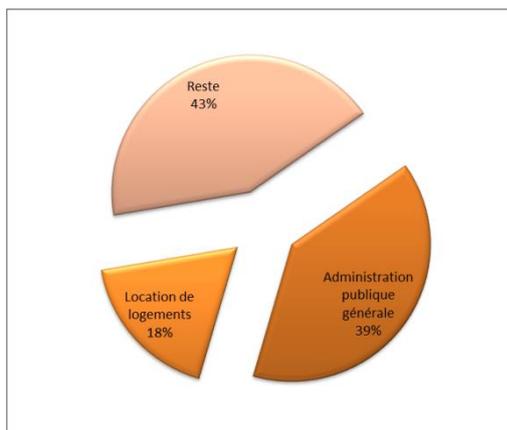
Les tranches 7-14 MWhé et 15-19 MWhé, citées précédemment et représentant 75% des sites, englobent un peu moins de la moitié des consommations électriques totales des sites tertiaires de bureaux référencés dans la base clients EDF.

Les « rares » sites classés « grands consommateurs » sont responsables d'environ 17% des consommations électriques totales, tandis que les quelques 2000 sites compris entre 20 et 60 MWhé/an représentent 28% du volume global de consommations.

Parmi les 15 933 sites référencés, 2 domaines d'activité sont prépondérants :

Tableau 3 –Nombre de sites d'administration publique et immobilière

ACTIVITÉ	NOMBRE D'ENTREPRISES OU SITES RECENSÉS
Administration publique générale	6 248
Location de logements	2 841



Parmi les autres activités, La Défense représente un enjeu insoupçonné et intéressant avec près de 6% des consommations facturées pour seulement 1% des sites répertoriés dans le périmètre de l'étude.

Sur la base de ces quelques vecteurs d'analyse, un premier échantillon aléatoire a été constitué par notre partenaire IPSOS Réunion, avec les critères d'échantillonnage suivants :

- Secteurs d'activités NAF retenus : représentativité du nombre d'activités répertoriées par code NAF ;
- Consommation moyenne des secteurs par code NAF : représentativité des niveaux de consommations facturées ;
- Dispersion géographique sur l'île de La Réunion.

Plusieurs tirages aléatoires successifs ont permis d'établir puis de mettre à jour la sélection complémentaire de 40 sites. Face aux difficultés rencontrées pour l'adhésion des derniers acteurs au programme, le groupement a sélectionné « manuellement » les quelques derniers sites, en hiérarchisant les critères de sélection suivant :

- Volonté et proactivité du contact du site ;
- Pertinence de l'architecture électrique du site pour une synthèse optimale ;
- Typologie d'activité (NAF) et localisation géographique.

Le chapitre suivant présente la sélection finale ainsi constituée.

1.2. SELECTION FINALE

Tableau 4 – Sélection finale des sites audités sur le territoire réunionnais

N°	SITE	NAF	ACTIVITE	COMMUNE
1	CBO Territoria – Siège social	4110C	Promotion immobilière d'autres bâtiments	STE MARIE
2	CBO Territoria – Bâtiment Turbine : SOREFI & CFA ECR	6492Z	Autre distribution de crédit	STE MARIE
3	CBO Les Cuves A : Pôle Emploi La Mare	8413Z	Administration publique (tutelle) des act. éco	STE MARIE
4	OPALE – ALSEI – Siège bâtiment Kerveguen	4110C	Promotion immobilière d'autres bâtiments	LE PORT
5	SODIAC – Bâtiment COSINUS : SOCOTEC	7120B	Analyses, essais et inspections techniques	ST DENIS
6	Pôle Emploi Agence de Bel Air	8413Z	Administration publique (tutelle) des act. éco	ST LOUIS
7	SODIAC – Le Bambou : Pôle Emploi Butor	8413Z	Administration publique (tutelle) des act. éco	ST DENIS
8	DEAL – Site de La Providence	8411Z	Administration publique générale	ST DENIS
9	DEAL – Siège de la DEAL, bâtiment A	8411Z	Administration publique générale	ST DENIS
10	DAAF	8411Z	Administration publique générale	ST DENIS
11	CG – Direction Enfance Famille	8411Z	Administration publique générale	ST DENIS
12	CG – Direction des Bâtiments et des Espaces Publics	8411Z	Administration publique générale	ST DENIS
13	CG – Direction de la Vie Educative	8411Z	Administration publique générale	ST DENIS
14	CG – Pôle Insertion Est	8411Z	Administration publique générale	ST DENIS
15	Mairie Etang-Salé	8411Z	Administration publique générale	ETANG SALE
16	EDEX Engineering	7112B	Activités d'architecture et d'ingénierie	STE CLOTILDE
17	CLIMEO	7010Z	Activités des sièges sociaux	ST PAUL
18	RAVATE - Siège Social	7010Z	Activités des sièges sociaux	STE CLOTILDE
19	BRED - Banque Populaire	6419Z	Services financiers et d'assurance	ST ANDRE
20	LA POSTE - St Denis	5310Z	Activités de poste et de courrier	ST DENIS
21	DIRECTION SERVICES TECHNIQUES ST-LEU	6622Z	Administration publique	ST LEU
22	SEMAC - Siège	6820A	Administration publique	ST BENOIT
23	SIDR - AGENCE OUEST	6820A	Activités immobilières	LE PORT
24	SHLMR - GERANCE HAB ST BENOIT	6820A	Activités immobilières	ST BENOIT
25	SIDR - AGENCE EST ST BENOIT	6820A	Activités immobilières	ST BENOIT
26	SHLMR - GERANCE HAB PLATEAU CAILLOU	6820A	Activités immobilières	PLATEAU CAILLOU
27	SIDR - AGENCE SUD ST PIERRE	6820A	Activités immobilières	ST PIERRE
28	SIDR - DIRECTION PATRIMOINE	6820A	Activités immobilières	ST DENIS
29	HAVAS REUNION	7311Z	Publicité et études de marché	ST DENIS
30	SC TECH Université	7219Z	Recherche-développement scientifique	ST DENIS
31	DIRECTION SERVICES TECHNIQUE ST-BENOIT	8411Z	Administration publique	ST BENOIT
32	POPINEAU MAREL ROCCA AH-FENNE	6910Z	Activités juridiques et comptables	ST DENIS
33	MAIRIE SAINT PHILIPPE	8411Z	Administration publique	ST PHILIPPE
34	RAVATE DISTRIBUTION Le Port		Activités des sièges sociaux	LE PORT
35	SOCIETE EURAUDIT OI	6920Z	Activités juridiques et comptables	STE CLOTILDE

36	COLORSYSTEM	7312Z	Publicité et études de marché	ST DENIS
37	FAZSOI - Dir. des Infrastructures de la Défense	8422Z	Administration publique et défense	ST DENIS
38	FAZSOI - PC CDT Pierrefonds	8422Z	Administration publique et défense	ST PIERRE
39	FAZSOI - PC BASE du DA 181	8422Z	Administration publique et défense	STE MARIE
40	GENDARMERIE DE BRAS PANON	8422Z	Administration publique et défense	BRAS PANON
41	ETAT MAJOR DE LA GENDARMERIE	8422Z	Administration publique et défense	ST DENIS
42	DIRECTION SERVICES TECHNIQUES STE-MARIE	8411Z	Administration publique	STE MARIE
43	DIRECTION ENERGIE TELECOM ST-DENIS	8411Z	Administration publique	ST DENIS
44	Direction du Projet Educatif Global (DPEG)	8411Z	Administration publique	ST DENIS
45	MAIRIE DU PORT	8411Z	Administration publique	LE PORT
46	MAIRIE DE BOIS DE NEFLE – ST PAUL	8411Z	Administration publique	ST PAUL
47	MAIRIE DE ST GILLES LES HAUT - ST PAUL	8411Z	Administration publique	ST PAUL
48	MAIRIE DES AVIRONS	8411Z	Administration publique	LES AVIRONS
49	MAIRIE DE SAINT LEU	8411Z	Administration publique	ST LEU
50	MAIRIE DE SAINT PIERRE	8411Z	Administration publique	ST PIERRE
51	DIRECTION SERVICES TECHNIQUES ST-PIERRE	8411Z	Administration publique	ST PIERRE
52	MAIRIE DE PETITE ILE	8411Z	Administration publique	PETITE ILE
53	MAIRIE DU TAMPON	8411Z	Administration publique	LE TAMPON
54	MAIRIE DE ST BENOIT	8411Z	Administration publique	ST BENOIT
55	C.I.R.E.S.T	8411Z	Administration publique	ST BENOIT

Cette sélection finale dénombre une grande majorité d’administrations publiques, dont un grand nombre de Mairies et de Directions Techniques. Les agences de quelques acteurs immobiliers, quelques sites de Défense, et les sièges sociaux de diverses sociétés privées complètent l’échantillon.

Tableau 5 – Répartition de la sélection par type d’activité et dispersion géographique

Activité	Nb Sites	%
Activités d'architecture et d'ingénierie	1	2%
Activités de poste et de courrier	1	2%
Activités des sièges sociaux	3	5%
Activités immobilières	6	11%
Activités juridiques et comptables	2	4%
Administration publique	18	33%
Admin. publique (tutelle) des activités éco	3	5%
Administration publique et défense	5	9%
Administration publique générale	8	15%
Analyses, essais et inspections techniques	1	2%
Autre distribution de crédit	1	2%
Promotion immobilière d'autres bâtiments	2	4%
Publicité et études de marché	2	4%
Recherche-développement scientifique	1	2%
Services financiers et d'assurance	1	2%



Afin de respecter les engagements de protection des données, la suite de ce rapport présente des résultats anonymisés. L'ensemble des rapports d'audits individuels nominatifs est disponible en annexe pour les commanditaires de l'étude, et n'a pas vocation à être diffusée au grand public sans l'accord explicite des acteurs concernés.

2. INDICATEURS ET VECTEURS D'ANALYSE

L'observation des résultats bruts et des statistiques qui découlent de l'ensemble des audits individuels amène à cibler la suite de l'analyse sur certains indicateurs, permettant de juger la performance énergétique des sites et de les comparer judicieusement. Ce chapitre synthétise la plupart des indicateurs conservés dans l'analyse.

■ Ratio surfacique de consommations électriques finales, en kWh/m²/an

C'est l'indicateur le plus classique et qui permet donner une première idée très rapide de la performance du bâtiment. Il a pour limites de dépendre de l'exactitude des surfaces utiles communiquées, et des écarts entre Surface Utile, Surface Climatisée, Surfaces communes, etc.

■ Ratio de consommation électrique finale par occupant, en kWh/occupant/an

Cet indicateur est moins répandu. Il a pour intérêt de mieux cerner les enjeux en termes d'usages d'équipements électriques au sein des bâtiments en fonction de la densité d'occupation. Il permet ainsi de nuancer ou accentuer les dérives énergétiques éventuellement constatées à la lecture du ratio surfacique.

Un autre intérêt est le rapprochement possible aux consommations électriques observées dans le secteur résidentiel, à l'échelle d'un individu. Par exemple, pour un ratio de 4 000 kWh/occupant/m² sur un site tertiaire, le salarié consomme en moyenne presque autant qu'un foyer classique dans le résidentiel à La Réunion, à peine deux fois moins qu'un foyer CSP+.

Il a pour limites de reposer sur l'exactitude des effectifs communiqués pour les sites audités.

■ Charge résiduelle, en kWh/m²/an et en kWh/occupant/an

L'une des principales observations de l'étude est la présence de consommations résiduelles importantes la nuit et les weekends, en dehors des horaires d'occupation. Cette donnée peut être comptabilisée en % des consommations électriques totales d'un site, ou via les ratios surfaciques et par occupants définis ci-dessus.

■ Taux de valorisation de l'énergie

Cet indicateur est ici défini ainsi :

$$\text{Taux de Valorisation de l'Energie} = 1 - \frac{\text{Consommation Résiduelle } \{\text{Climatisation} + \text{Eclairage}\}}{\text{Consommation Totale}}$$

Il permet d'évaluer rapidement pour chaque site la part d'énergie « perdue » en consommations résiduelles, en excluant la part des équipements informatiques, qui mettent régulièrement en jeu des onduleurs et serveurs appelés à fonctionner en dehors des horaires d'occupation. Cette donnée ne se veut pas très précise, mais purement indicative (les éventuelles puissances résiduelles de climatiseurs en locaux techniques, éclairage de sécurité, etc, n'en sont pas exclues).

D'autres indicateurs qualitatifs, comme la complexité des façades ou de l'agencement des bâtiments, sont donnés au cas par cas dans les synthèses individuelles.

Les rapports individuels proposent également un code couleur sur les ratios de puissance surfacique installée et de consommation totale surfacique par an. Les valeurs seuils, données ci-après, sont différenciées en fonction de la taille des bureaux.

Usage	Ratio de puissance installée en $W_{\text{élec}}/m^2SU$				
Climatisation	<20	<30	<50	<80	>80
Eclairage	<7	<10	<13	<20	>20
Informatique	<10	<25	<50	<70	>70
	Excellent	Correct	Moyen	Mauvais	Médiocre

Taille bureaux	Ratio de consommation en $kWh_{\text{élec}}/m^2SU/an$				
Surface > 800 m ²	<92	<130	<150	<200	>200
Surface < 800 m ²	<100	<140	<160	<220	>220
	Très performant	Performant	Correcte	Moyen	Médiocre

Ces valeurs sont basées d'une part sur le guide PERENE, d'autre part sur les différents retours d'expérience des acteurs et partenaires de la mission.

3. SYNTHÈSE MACRO DE LA CAMPAGNE D'AUDITS

Ce chapitre propose un bilan global des principaux enseignements des audits. La synthèse exhaustive des données récoltées est disponible en annexe.

3.1. CONSOMMATIONS GLOBALES

Le volume de consommations électriques de l'ensemble de l'échantillon représente environ **6.1 GWh/an**, réparti en **55 sites de tailles très diverses**, à comparer aux 311 GWh / an de l'ensemble des 106 secteurs d'activités tertiaires identifiées en phase 1 comme étant imputables à des activités de type Bureaux (près de 16 000 sites à La Réunion).

La campagne d'audits a ainsi ciblé environ 2% des consommations des activités de type Bureaux à La Réunion, sur environ 0.3% du nombre total de sites ainsi identifiés.

3.1.1. Echantillon total

Ci-après les données de consommations pour la totalité des sites audités. Quelques statistiques sur la puissance moyenne souscrite des sites apparaissent également.

Tableau 6 – Statistiques consommations électriques annuelles | Echantillon entier

Echantillon Total	occupants	m ²	kWh	kWh/m ²	kWh/salarié	kVA
Min	0	100	3 314	19	104	6
Moyenne	40	918	110 926	104	2867	80
Médiane	30	680	107 668	104	1996	60
Max	243	3900	563 705	224	12923	250

La consommation moyenne des sites de l'échantillon entier est de l'ordre de 104 kWh/m²/an (par ailleurs égale à la valeur médiane).

Cette moyenne cache des disparités considérables avec près de 200 kWh/m² d'écart entre le site le plus énergivore et le plus sobre, et un écart type moyen de 49 kWh/m² autour de la médiane.

Cette première constatation quantifie la grande diversité et disparité du parc tertiaire réunionnais entrevue lors de la phase d'échantillonnage au début de la mission.

3.1.2. Administrations publiques

Les bâtiments accueillant des activités de type administration publique générale représentent la majorité de l'échantillon étudié, et un fort enjeu à l'échelle de l'ensemble du secteur tertiaire réunionnais. Ci-après les chiffres clés des consommations relevées sur les sites audités. Quelques statistiques sur la puissance moyenne souscrite des sites apparaissent également.

Tableau 7 – Statistiques consommations électriques annuelles | Activités d'Administration Publique Générale

Admin Publiques	occupants	m ²	kWh	kWh/m ²	kWh/salarié	kVA
Min	0	130	3 436	19	264	6
Moyenne	46	1057	135 614	108	3194	71
Médiane	36	729	74 000	109	1996	60
Max	243	3900	563 705	215	12923	250

La consommation moyenne des administrations publiques générales est de l'ordre de 108 kWh/m²/an, très légèrement supérieur à celle de l'ensemble de l'échantillon.

D'importantes disparités sont à nouveau observées, avec notamment un écart type de 46 kWh/m²/an.

3.1.3. Immobilier

Les activités immobilières (agences, gérances de résidences, direction patrimoine) constituent une part notable de l'échantillon, avec 6 sites, géographiquement très dispersés : Sud – Ouest – Nord – Est. Ci-après les chiffres clés des consommations relevées sur les sites audités. Quelques statistiques sur la puissance moyenne souscrite des sites apparaissent également.

Tableau 8 – Statistiques consommations électriques annuelles | Activités de gestion immobilière

Immobilier	occupants	m ²	kWh	kWh/m ²	kWh/salarié	kVA
Min	17	200	5 749	29	287	18
Moyenne	24	538	41 120	79	1676	47
Médiane	24	510	35 179	62	1315	36
Max	33	1023	81 996	181	3565	72

La consommation moyenne des activités immobilières est de l'ordre de 79 kWh/m²/an, avec une valeur médiane de 62 kWh/m²/an.

L'écart visible entre la moyenne et la médiane, ainsi que l'écart type de l'ordre de 57 kWh/m²/an, reflètent une nouvelle fois la grande disparité des sites étudiés. En particulier :

- Parmi les 6 sites concernés par cette catégorie, 2 agences/gérances présentent des ratios de l'ordre de 30 kWh/m²/an, particulièrement performants, malgré des bâtis non optimisés et l'absence d'un réel suivi des consommations. Malgré les échanges avec les référents des sites en questions, un doute subsiste sur l'exactitude des surfaces utiles communiquées et sur l'effectif d'un des deux sites.
- Parmi les 6 sites concernés, 1 bâtiment présente des ratios très élevés, témoignant de certaines dérives. Ce site est par ailleurs caractérisé par une forte densité d'occupation ; son ratio par salarié de l'ordre ~3 500 kWh/salarié légèrement supérieur à la moyenne mais bien inférieur aux maxima de l'ensemble de l'échantillon. Cette densité d'occupation nuance la performance énergétique a priori très médiocre de ce site.

3.1.4. Défense

La phase d'échantillonnage a permis d'établir que les activités de Défense représentent une part insoupçonnée du volume de consommations électriques du secteur tertiaire réunionnais : près de 6% des consommations (des 106 typologies d'activités identifiées) pour seulement 1% du nombre de sites.

Quelques sites de Défense d'envergure ont accepté d'inclure un ou plusieurs bâtiments dans la présente campagne d'audits, ainsi qu'une gendarmerie classique et un Etat-major de gendarmerie.

Ci-après quelques chiffres et statistiques clés de ces sites. Les puissances souscrites n'ont pu être communiquées.

Tableau 9 – Statistiques consommations électriques annuelles | Activités de Défense

Défense	occupants	m ²	kWh	kWh/m ²	kWh/salarié
Min	5	480	32 300	49	1923
Moyenne	42	1132	145 375	134	4986
Médiane	35	820	115 371	129	3076
Max	90	1950	246 005	224	10740

La consommation moyenne des activités de Défense est de l'ordre de 134 kWh/m²/an, avec une valeur médiane de relativement proche.

Les bâtiments audités accueillant des fonctions relativement variés, l'exercice de synthèse regroupée sous l'appellation « Défense » est délicate et réalisée à titre informatif.

Parmi les 5 sites sélectionnés, 3 ont des ratios surfaciques très proches de 130 kWh/m²/an. Une des gendarmeries est peu énergivore avec environ 60 kWh/m²/an, et le dernier site met en jeu d'importantes consommations et de grandes dérives énergétiques, avec près de 224 kWh/m²/an. Le ratio par occupant pour ce dernier site est édifiant et reflète le manque total de suivi énergétique du site, bien que l'effectif communiqué semble légèrement sous-estimé au regard des surfaces mises en jeu.

3.1.5. Autres types d'activités

L'échantillon est complété par 15 autres sites aux activités diverses, dont certains sièges sociaux de différentes tailles, et un centre de Poste accueillant bureaux, public et tri de courrier.

Ci-après quelques chiffres et statistiques clés de ces 15 sites catégorisés « autres ».

Tableau 10 – Statistiques consommations électriques annuelles | Autres types d'activité

Autres	occupants	m ²	kWh	kWh/m ²	kWh/salarié	kVA
Min	5	100	3 314	32	104	6
Moyenne	30	593	58 707	91	2034	33
Médiane	25	462	32 085	86	1694	7.5
Max	95	1168	201 302	175	6430	140

La consommation moyenne de ces 15 sites d'activités diverses est de l'ordre de 91 kWh/m²/an, avec une valeur médiane de relativement proche.

L'écart type de 47 kWh/m²/an (soit ~55% par rapport à la médiane) et les valeurs extrêmes observées reflètent une nouvelle fois une grande disparité, en particulier :

- Parmi les 15 sites, 6 ont une consommation annuelle relativement faible, comprise entre 32 et 57 kWh/m²/an.
- Parmi les 15 sites, 4 ont une consommation annuelle comprise entre 139 et 155 kWh/m²/an, ces sites étant caractérisés par la singularité de leur activité (activité de poste, notariale...) ou par une forte densité d'occupation.

3.2. REPARTITION DES CONSOMMATIONS

L'un des principaux objectifs de la mission était la réalisation systématique d'une campagne d'instrumentation pour chacun des audits, à l'aide d'équipements de mesures *Ewattch* mis à disposition et installés par DOM ENERGY / MAE. Le plan d'instrumentation devait permettre dans chaque cas la décomposition des consommations entre les principaux postes spécifiques du site, **en isolant si possible la Climatisation, l'Eclairage, et l'Informatique**.

L'architecture électrique complexe ou le manque d'étiquetage de certains tableaux n'ont pas permis de s'assurer dans 100% des cas d'une décomposition fidèle et exhaustive de ces 3 postes en particuliers. Le poste « Informatique » est ainsi régulièrement surestimé à la marge en incluant les départs électriques de diverses prises de courants. Les chiffres présentés sont ainsi teintés d'une légère incertitude (de quelques %), mais donnent une idée très claire des enjeux énergétiques.

3.2.1. Echantillon total

Ci-après les données de consommations pour la totalité des sites audités.

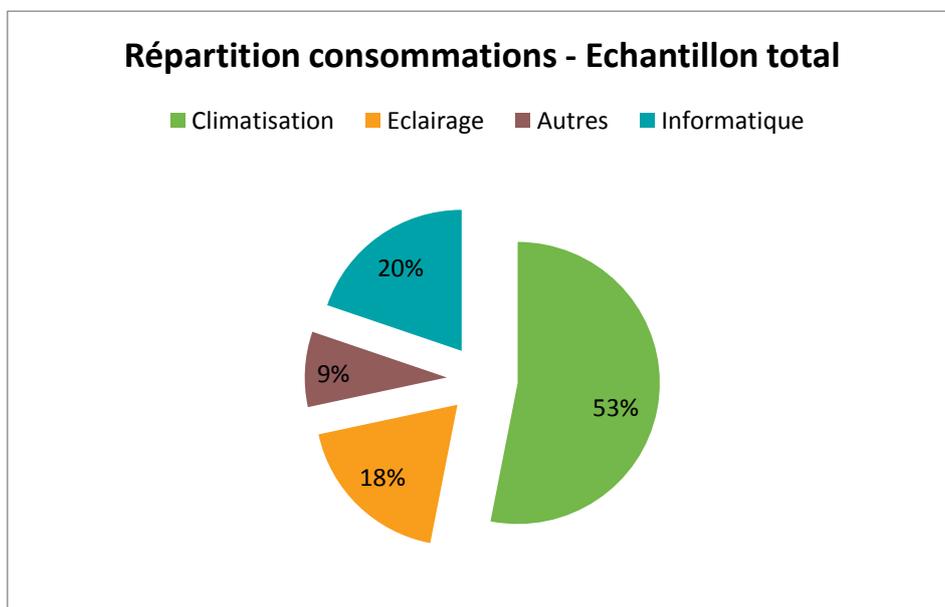


Figure 2 – Répartition des consommations par poste | Echantillon total

Sur l'ensemble de l'échantillon réunionnais, **la climatisation des locaux, exclusivement à des fins de confort hygrothermique, représente près de 53% des consommations électriques totales**. Il s'agit donc de 3.2 GWh / an (énergie finale) qui sont utilisés pour la climatisation de ces 55 sites tertiaires de type bureaux.

L'éclairage et l'informatique représentent en moyenne des parts égales, avec respectivement 18 et 20% de la facture électrique, soit environ 1.16 GWh / an pour chacun des postes. Leur part varie en revanche fortement en fonction des spécificités des sites.

Les consommations autres, non identifiables de manière systémique, représentent en moyenne 9% du total. En fonction des architectures électriques, elles englobent divers départs de prises de courants et peuvent alimenter des brasseurs d'air, des équipements électroménagers (réfrigérateurs, micro-ondes, etc), ou divers équipements spécifiques à certains sites. Sur certains sites, une unité de climatisation intérieure indépendante est parfois prise sur un départ PC pour le rafraîchissement des locaux informatiques.

3.2.2. Administrations publiques

Ci-après les données de consommations pour les administrations publiques générales de l'échantillon.

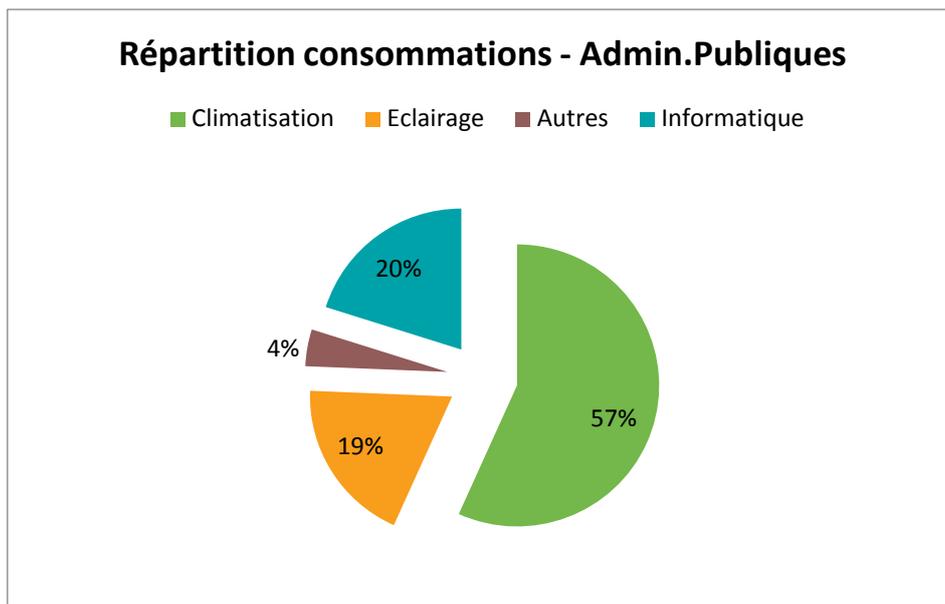


Figure 3 – Répartition des consommations par poste | Activités d'Administration Publique Générale

La part de la climatisation dans le bilan énergétique des administrations publiques auditées est supérieure à la moyenne de l'échantillon, à hauteur de 57%, soit environ 77 MWh/an par site.

L'éclairage et l'informatique représentent un enjeu d'environ 26 MWh/an chacun.

La part de consommations non identifiées est relativement faible (4%) pour ces types de bâtiments.

3.2.3. Immobilier

Ci-après les données de consommations pour les activités immobilières de l'échantillon.

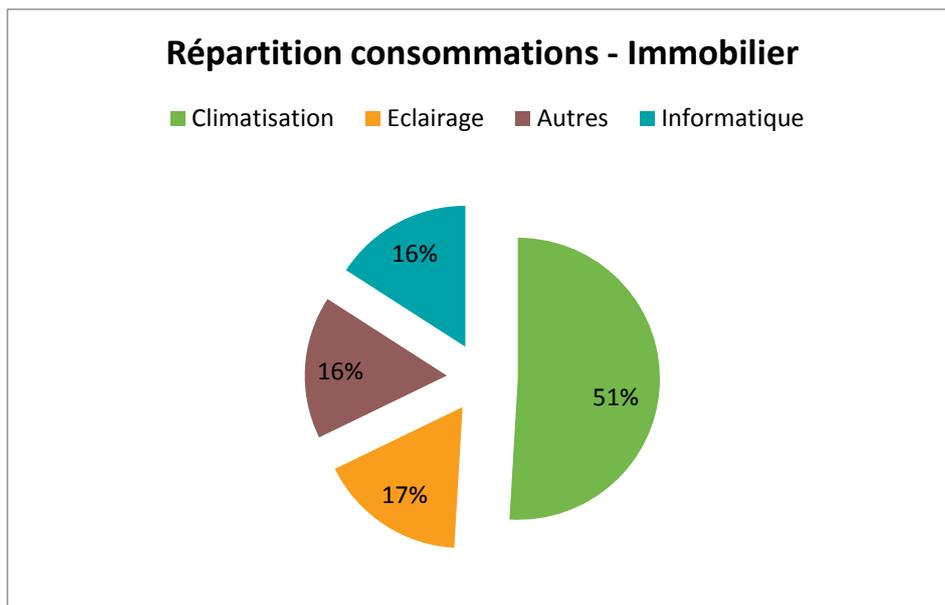


Figure 4 – Répartition des consommations par poste | Activités Immobilières

Les agences et autres bâtiments de gestion immobilière sélectionnés consomment en moyenne 41 MWh/an, dont 21 MWh/an dédiés à la climatisation des bureaux.

L'autre moitié des consommations est en moyenne équitablement répartie entre éclairage, informatique, et des prises de courants diverses.

3.2.4. Défense

Ci-après les données de consommations pour les sites de Défense.

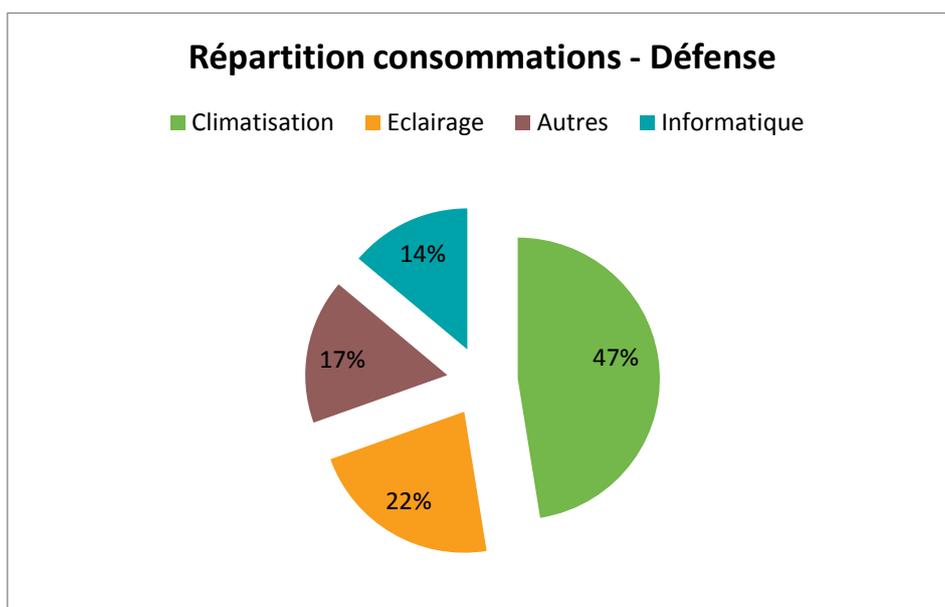


Figure 5 – Répartition des consommations par poste | Activités de Défense

Les sites de Défense audités ont une consommation moyenne importante, de l'ordre de 145 MWh/an, et même supérieure à 170 MWh/an si l'on met de côté une petite gendarmerie peu énergivore.

Près de 47% de ce bilan sont imputables à la climatisation, soit en enjeu d'environ 69 MWh/an. Cette part s'accroît jusqu'à ~76% pour deux des sites, qui sont équipés d'un générateur d'eau glacée.

Une part importante des consommations (17%) n'est pas clairement identifiée sur ces sites. Le branchement d'un certain nombre d'équipements informatiques sur des départs PC divers est soupçonné pour la plupart de ces grands sites de Défense.

3.2.5. Autres

Ci-après les données de consommations pour les 15 sites restants.

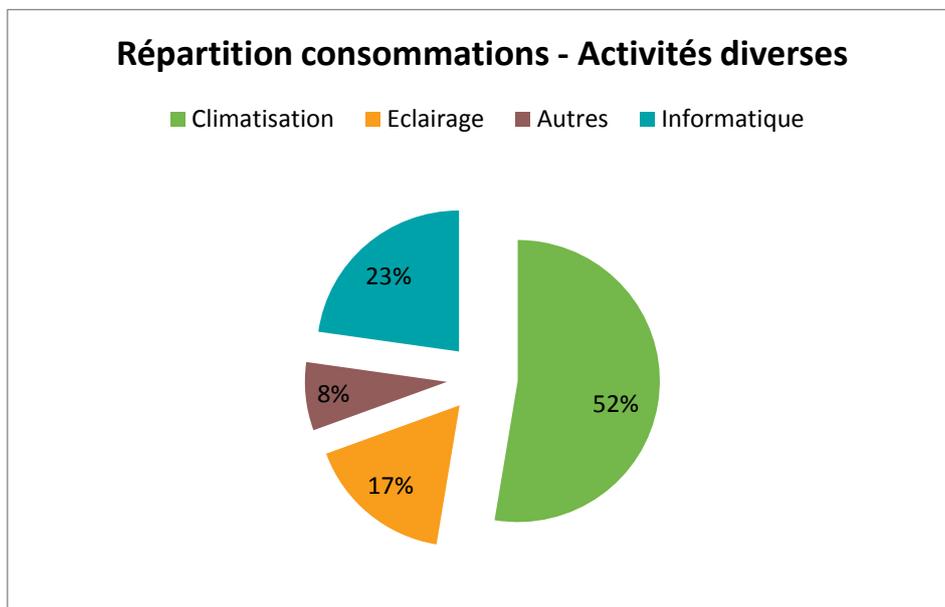


Figure 6 – Répartition des consommations par poste | Autres types d'activités

De même que pour les typologies précédentes, les sites de type sièges sociaux, ou plateaux de bureaux accueillant des activités diverses, ont un bilan énergétique largement dominé par la climatisation. En revanche, les consommations mises en jeu sont bien plus faibles, de l'ordre de 31 MWh/an pour la climatisation, contre 69 et 77 MWh/an pour les administrations publiques et les sites de Défense.

La part des équipements informatiques est non négligeable, avec près de 23%, soit 13.4 MWh/an.

Le poste éclairage consomme en moyenne 9.9 MWh/an.

3.2.6. Grands Bureaux (Su > 800 m²)

Parmi les sites audités, 24 ont une surface utile supérieure à 800 m². La plupart de ces « grand bureaux » (67%) sont équipés de systèmes de climatisation centralisée :

- 10 sites équipés d'un GEG ;
- 4 sites équipés d'un VRV ;
- 1 site équipé de GEG et VRV ;

- 1 site équipé d'un Rooftop.

Ci-après la décomposition des consommations pour ces sites de surface utile supérieure à 800 m².

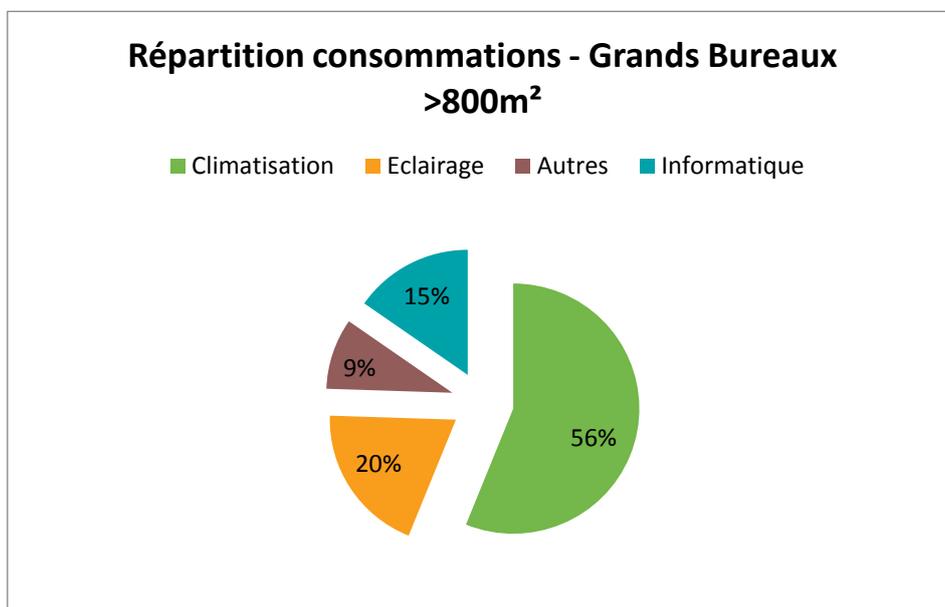


Figure 7 – Répartition des consommations par poste | Bureaux > 800m²

Les consommations moyennes mises en jeu sont de l'ordre de 196 MWh/an par site, soit un ratio surfacique moyen de 118 kWh/m²/an.

La part de l'informatique dans le bilan énergétique est limitée à 15% ; l'éclairage est responsable d'environ 20% des consommations.

3.2.7. Petits Bureaux (Su < 800 m²)

Parmi les sites audités, 31 ont une surface utile inférieure à 800 m². Ces derniers sont majoritairement climatisés par des systèmes individuels de type split mural (65%) ; 6 GEG et 4 VRV sont par ailleurs recensés.

Ci-après la décomposition des consommations pour les petits bureaux.

Répartition consommations - Petits Bureaux <800m²

■ Climatisation ■ Eclairage ■ Autres ■ Informatique

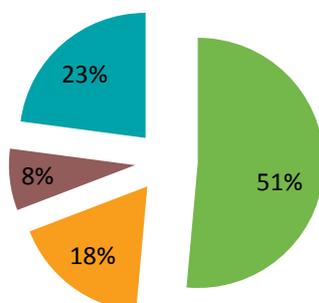


Figure 8 – Répartition des consommations par poste | Bureaux < 800m²

Les consommations moyennes mises en jeu sont de l'ordre de 41.7 MWh/an par site, soit un ratio surfacique moyen de 93 kWh/m²/an.

Une des différences les plus notables est la part importante des consommations informatiques (23%) comparée aux grands bureaux.

3.2.8. Synthèse des répartitions de consommations

Ci-après l'aperçu de la répartition des consommations pour les différentes typologies listées plus haut.

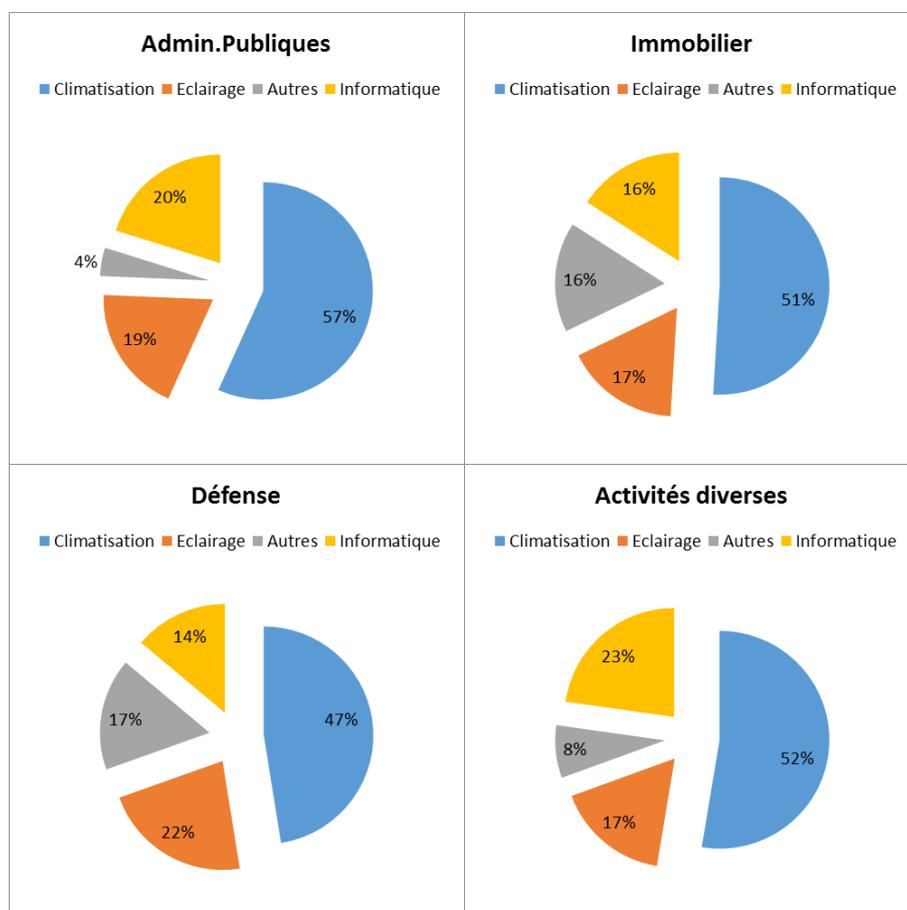


Figure 9 – Synthèse des répartitions de consommations par poste | Toutes activités

Les clés de répartition des consommations sont très similaires pour chacune des typologies, avec une part variable pour les équipements non identifiés « autres ».

En revanche, les volumes consommés diffèrent largement d'une typologie à l'autre :

- *Défense* : 145 MWh/an par site
- *Administrations publiques* : 136 MWh/an par site
- *Activités diverses* : 59 MWh/an par site
- *Agences immobilières* : 41 MWh/an par site.

3.2.9. Climatisation centralisée / individuelle

Un peu moins de la moitié des sites sélectionnés à La Réunion sont équipés de systèmes de climatisation centralisée, majoritairement de type Générateur d'Eau Glacée. Bien que l'intérêt de tels systèmes ne soit pas remis en question, leur état ainsi que leur gestion est source d'interrogations au sein des institutions locales compétentes, en premier lieu l'ADEME et EDF, partenaires du présent projet.

Sont juxtaposées ci-après les clés de répartition des consommations en fonction du type de climatisation majoritaire des sites.

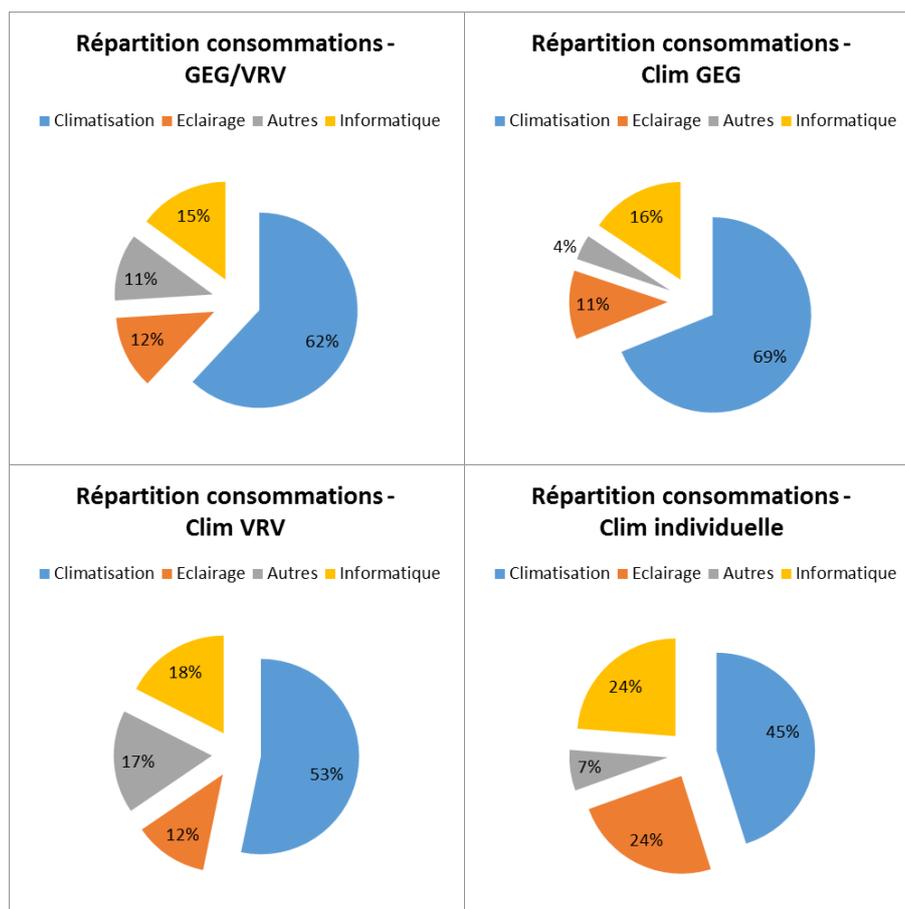


Figure 10 – Synthèse des répartitions de consommations par poste | Par type de climatisation

Outre les surfaces mises en jeu et le type d'activité, la technologie de climatisation joue un rôle important dans le bilan énergétique global des sites.

La part de la climatisation est effectivement supérieure à 60% lorsqu'elle est centralisée, et atteint même 69% en moyenne lorsqu'elle est assurée par des générateurs d'eau glacée.

La suite de ce rapport reviendra plus en détail sur ces GEG, les dérives qui y sont liées en termes de pilotage, et les gains envisageables.

3.3. COUT MOYEN DE L'ELECTRICITE

L'échantillon étudié dénombre des types d'abonnements et des puissances souscrites variés. Ce paragraphe présente les principales statistiques relatives au coût de l'électricité des clients ayant adhéré au programme d'audits.

Tableau 11 – Coût moyen de l'électricité sur l'échantillon entier

Coût de l'Electricité	Coût absolu annuel € TTC	Coût de revient de l'énergie active c€TTC / kWh
Min	948 €	9.3 c€/ kWh
1 ^{er} quartile	5 954 €	14.6 c€/kWh
Moyenne	19 899 €	16.7 c€/kWh
Médiane	13 104 €	15.8 c€/kWh
3 ^{ème} quartile	23 028 €	18.5 c€/kWh
Max	96 737 €	28.3 c€/kWh

Les coûts moyens et médians de l'électricité consommée par les 55 sites tertiaires de l'échantillon sont de l'ordre de **160 €TTC/MWh**.

Les ¾ des clients ont un coût compris dans une fourchette de 146 à 185 €/MWh ; quelques clients isolés présentent des coûts très faibles ou très élevés, qui mériteraient au cas par cas une réévaluation de leur contrat de fourniture d'électricité auprès d'EDF SEI.

3.4. TENDANCES GENERALES ET PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

La campagne d'audits instrumentés dans le tertiaire à La Réunion a permis de photographier la performance énergétique d'une sélection de Bureaux représentatifs du secteur.

Sur la base des relevés, mesures, et enquêtes de terrains effectués, la première constatation réside dans **l'absence presque systématique d'un quelconque suivi des consommations au sein des bâtiments** audités. Parmi les 55 sites audités à La Réunion, moins de 10% des clients possèdent en leur sein un « responsable énergie », ou un salarié ayant une bonne connaissance des consommations et de la performance des équipements. L'observation de consommations résiduelles importantes la nuit ou le weekend témoigne d'un manque de maîtrise criant.

La mise en place d'un suivi et d'actions correctives simples sur la programmation des appareils, notamment la climatisation et dans une moindre mesure, l'éclairage, **représente un gisement d'économies d'énergie de 10 à 35% pour plus de la moitié de l'échantillon**.

Le recensement des équipements électriques révèle une grande diversité d'appareils plus ou moins efficaces, globalement non corrélée à l'âge des bâtiments.

- Près de 45% des sites sont équipés au moins en partie de luminaires performants, mais souffrent pour la moitié d'un manque de maîtrise qui pourrait être comblé par la mise en place de gradation, détection sur seuil, programmation horaire, etc ;
- Les équipements informatiques sont globalement performants et peu énergivores, avec notamment le recours à des clients légers dans près de 25% des cas ;

- Les installations frigorifiques type Générateurs d'Eau Glacée souffrent dans 90% des cas d'une régulation peu flexible (débit fixe), de surdimensionnement, ou d'un pilotage non maîtrisé qui rendent le poste climatisation très énergivore et précipitent la dégradation dans le temps des compresseurs ;
- Les climatiseurs individuels type split system ne bénéficient pas de maintenance préventive dans 34% des cas, et sont jugés peu performants dans 28% des cas.

L'étude fait par ailleurs apparaître une corrélation entre le type de bâti et ses performances thermiques. Comme escompté, le bâti ancien est propice à de grandes disparités au niveau des protections solaires, à des volumes climatisés importants, à une étanchéité médiocre, qui impactent fortement le bilan énergétique. A l'inverse, quelques exemples de bâtiments récents bien conçus apparaissent dans l'échantillon visité (environ 15%), s'appuyant par exemple sur l'externalisation des circulations, et affichent un bilan de consommations relativement sobre.

En conclusion, **le secteur tertiaire bureaux présente à La Réunion un fort gisement d'économies d'énergie, qui passe en priorité par la mise en place d'un suivi et d'une sensibilisation pour une meilleure maîtrise des consommations.** L'installation d'équipements performants peut permettre en complément de réduire les consommations finales. Enfin, un travail au cas par cas sur la performance du bâti semble inévitable pour faire du secteur tertiaire bureaux un exemple de sobriété.

La suite de ce rapport livre un panel d'analyse plus détaillés sur les bâtiments et équipements audités, et propose une synthèse des bonnes pratiques.



B. OBSERVATIONS ET ENSEIGNEMENTS DE LA CAMPAGNE D'AUDITS

4. IMPACT DU BATI SUR LA PERFORMANCE ENERGETIQUE

Le secteur tertiaire à La Réunion, en particulier les activités en bureaux, recèle une grande diversité en termes de bâti et d'architecture. Les locaux audités sont installés :

- Dans des bâtiments anciens, parfois classés au patrimoine national. C'est notamment souvent le cas pour les administrations publiques générales ;
- Dans des immeubles contemporains, conçus entre la fin des années 1970 et le début des années 2000 ;
- Dans des immeubles récents, postérieurs à la RTAADOM Réunionnaise ;
- Dans des immeubles (ou maisons) très récents, de conception à caractère bioclimatique.

Les pré-diagnostic réalisés dans le cadre de cette étude n'ont pas vocation à établir un état des lieux précis et exhaustif du bâti, ou de composer un « carnet de santé » du bâtiment. Les visites de terrain ont néanmoins permis de relever de nombreuses observations permettant de jauger qualitativement la performance du bâti selon plusieurs critères :

- Isolation et Facteurs Solaires des parois ;
- Baies vitrées (matériau, type d'ouverture, occultation) ;
- Insertion environnementale (qualitative).

Les chapitres suivants aiguillent l'analyse de la performance énergétique des bureaux audités vers ces critères.

4.1. ISOLATION ET FACTEURS SOLAIRES

Le Facteur Solaire d'une paroi, noté S ou FS, est le rapport de l'énergie transmise par la paroi à l'intérieur du bâtiment pendant les heures d'exposition à l'ensoleillement sur l'énergie reçue par la paroi pendant les heures d'exposition à l'ensoleillement (cf définition guide PERENE 2009).

$$S = \frac{\text{Ener Paroi} \rightarrow \text{Intérieur bâtiment}}{\text{Ener solaire reçue par la paroi}}$$

Le tableau ci-après rappelle les valeurs plafonds des référentiels en vigueur à La Réunion, pour les zones climatiques 1 et 2 (comprenant ~97% de l'échantillon).

Tableau 12 – Valeurs plafonds de Facteur Solaire

Elément du bâti	S max RTAADOM*	S max PERENE
Paroi Verticales	0.03*	0.02
Paroi Horizontale	0.09*	0.06
Baies	-	Nord : 0.3 Sud : 0.4 Est : 0.3 Ouest : 0.25

*Le décret RT DOM n'émet pas d'exigence pour la typologie tertiaire ; les valeurs maximales exigées pour le logement sont données dans le tableau à titre indicatif.

En pratique, le facteur solaire est calculé comme suit :

$$S = \frac{0.074 * Cm * \alpha}{Rth + 0.2}$$

Avec :

- *0.074* le coefficient d'échange surfacique ;
- *Cm* le coefficient d'ensoleillement en fonction des protections des parois ;
- *α* le coefficient d'absorption solaire des parois, fonction de leur couleur ;
- *Rth* la résistance thermique des parois.

En l'absence de relevés exhaustifs et précis relatifs au bâti pour chacun des sites, quelques simplifications sont prises en compte pour regrouper les sites par bâtiments types :

- Toiture *isolée* / Revêtement clair parois / débords de toitures N-O-E
- Toiture *isolée* / Revêtement clair parois / débords de toiture Nord uniquement
- Toiture *isolée* / Revêtement clair parois / absence de débords
- Toiture *non isolée* / Revêtement clair parois / débords N-O-E
- Toiture *non isolée* / Revêtement clair parois / débords Nord uniquement
- Toiture *non isolée* / Revêtement clair parois / absence de débords
- Toiture + Façade *isolées* / Revêtement clair parois / débords de toitures N-O-E
- Toiture + Façade *isolées* / Revêtement clair parois / débords de toiture Nord uniquement
- Toiture + Façade *isolées* / Revêtement clair parois / absence de débords.

4.1.1. Isolation des parois

De tailles et d'âge très variés, les bâtiments visités dans le cadre de l'étude sont majoritairement équipés de toitures terrasses (environ 60%). Parmi l'ensemble des sites, on dénombre 17 bâtiments dont la toiture est isolée, et 6 qui bénéficient d'une isolation de la toiture et des parois verticales.

Le tableau ci-après synthétise le nombre de sites et les indicateurs de consommations de climatisation en fonction, d'une part du type d'isolation des bâtiments, d'autre part de la qualité de leurs protections solaires.

Les protections solaires sont ainsi qualifiées :

- **Bonnes** : *a minima* débords et/ou lames horizontales en façades Nord, Ouest, Est ; toiture terrasse ou protégée par une superstructure ;
- **Variables** : *a minima* débords et/ou lames en façade Nord ;
- **Aucune** : absence totale de protections, ou présence de protections largement sous-dimensionnées.

Tableau 13 – Sensibilité de la consommation en climatisation en fonction du type d’isolation et de la qualité des protections solaires

Isolation	Protections solaires	Nb sites	kWh/m ²	kWh/occupant	% clim	kWh/m ² m clim	kWh/occupant clim
Toiture + Façades	Bonnes	1	135	2251	21%	▲ 28	▲ 473
Toiture + Façades	Variables	5	81	1759	38%	▲ 31	▲ 824
Toiture + Façades	Aucune	0	-	-	-	-	-
Toiture	Bonnes	8	99	2624	64%	▼ 66	▶ 1656
Toiture	Variables	7	110	3352	66%	▼ 72	▼ 2052
Toiture	Aucune	2	111	1963	48%	▲ 31	▲ 705
Aucune	Bonnes	4	106	2175	43%	▶ 45	▲ 947
Aucune	Variables	16	110	2414	51%	▼ 61	▶ 1441
Aucune	Aucune	12	102	4327	57%	▼ 61	▼ 2504

L’impact du niveau d’isolation et de protections solaires n’apparaît pas systématiquement sur les indicateurs de consommations d’énergie, ces derniers dépendant d’un nombre important de variables indépendantes comme le comportement des usagers ou la performance des équipements.

Il conviendrait en effet de réaliser ce type d’analyse en **besoins**, intrinsèques au bâti et aux conditions internes théoriques d’usage (plages horaires, consignes), **et non en consommations finales**.

Quelques tendances ou observations se dessinent néanmoins, à l’échelle de l’échantillon :

- Les bâtiments **isolés en toiture et en façade** démontrent une performance indéniable, avec des ratios très performants ;
- Les bâtiments seulement isolés en toiture donnent des indicateurs proches de la moyenne de l’échantillon, avec quelques gros consommateurs compensant les bonnes performances de certains sites. Cette observation est la preuve que **la seule performance intrinsèque du bâti ne suffit pas à garantir sobriété d’un site**, cette dernière dépendant étroitement des usagers et de la gestion des équipements.

4.1.2. Facteurs solaires des toitures

Le lien entre les toitures et les consommations en climatisation est ici ciblé plus précisément, via un calcul simplifié des facteurs solaires horizontaux rencontrés.

Hypothèses de coefficient d’ensevelissement (selon guide PERENE 2009) :

- Cm = 0.3 pour les toitures avec pare-soleil ou protection équivalente ;
- Cm = 1 pour les toitures non protégées, type toiture-terrasse.

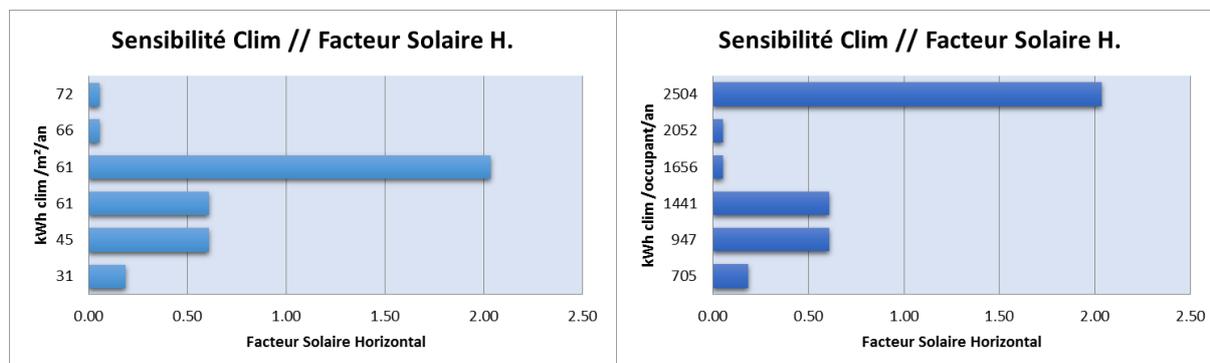


Figure 11 – Indicateurs de consommation en climatisation en fonction du facteur solaire des toitures

Ces observations ne permettent pas de tirer de tendance claire relative au lien entre consommations en climatisation et performance des toitures.

L'exclusion de certains sites où des dérives de gestion sont constatées permettrait de cerner de plus près l'impact de l'isolation des toitures et de leurs protections solaires. La diversité de l'échantillon en termes de types d'équipements, et de niveau de sensibilisation des usagers resterait néanmoins une limite à l'étude de ces seuls paramètres. Notons par ailleurs qu'un nombre important de sites concerne un plateau de bureaux dans un immeuble, dont le volume audité n'est pas systématiquement adjacent à la toiture de l'édifice.

Le ciblage d'un échantillon de sites caractérisés par le même type de technologies (split system individuel par exemple), par des densités d'occupation relativement proches, et par des habitudes d'usage et de gestion identiques de la climatisation (consignes de température, horaires) permettrait de pousser l'analyse en ce sens. L'échantillon de la présente étude ne comporte pas suffisamment de sites pour approfondir cette analyse.

Au-delà du manque de tendance ici observée, la synthèse des enquêtes de confort rapporte toutefois un lien certain entre la bonne isolation des toitures et le confort hygrothermique ressenti au sein des locaux.



Figure 12 – Aperçu de quelques toitures de l'échantillon

Conclusion sur la performance des toitures :

Près de **40% des bâtiments visités sont dotés d'une toiture isolée**. Le gain en termes de confort hygrothermique est certain dans les locaux concernés, mais **cette étude ne permet pas de dégager de tendance claire et chiffrée sur le seul impact des toitures sur les consommations finales**.

4.1.3. Facteurs solaires des façades

Le lien entre les façades et les consommations en climatisation est ici ciblé un peu plus précisément, via un calcul simplifié des facteurs solaires horizontaux rencontrés. Pour rappel, seuls 6 bâtiments de l'échantillon sont dotés d'une isolation des façades.

Hypothèses (selon guide PERENE 2009) :

- $0.15 < C_m < 0.30$ pour les bâtiments dont les façades Nord, Est, Ouest sont dotées de protections solaires adaptées et bien dimensionnées ;
- $0.30 < C_m < 0.45$ pour les bâtiments dont seule la façade Nord est équipée de protections adéquates ;
- $0.45 < C_m < 0.80$ pour les bâtiments dépourvus de protections solaires en façade ;
- $R_{th} = 2$ en moyenne pour les façades isolées (correspondant à un isolant Th40 de 8cm d'épaisseur).

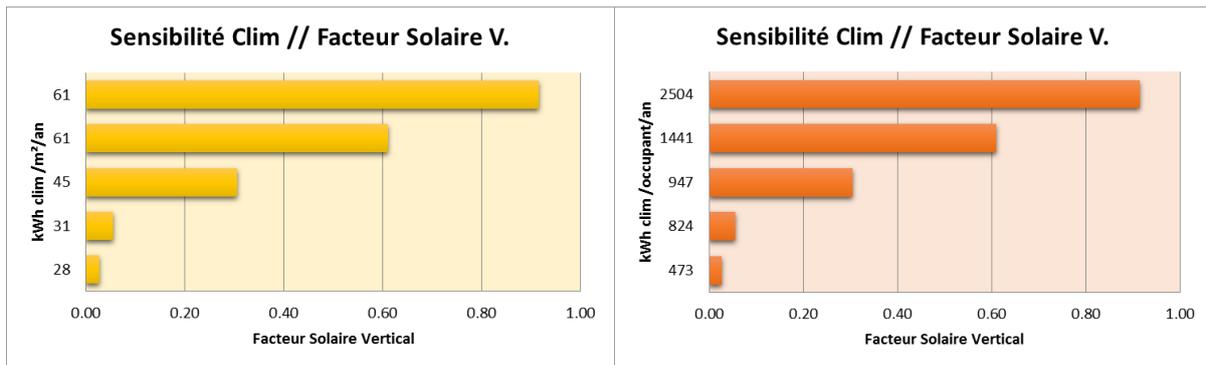


Figure 13 – Indicateurs de consommation en climatisation en fonction du facteur solaire des façades

Une corrélation apparaît ici entre la qualité des protections solaires des façades et les consommations en climatisation.

Les sites ayant des parois verticales de facteur solaire moyen supérieur ou égal à 0.6 consomment environ 2 fois plus que les sites caractérisés par des façades de facteur solaire inférieur ou égal à 0.2.

Comme pour l'analyse précédente sur les parois verticales, une étude plus complète visant un large échantillon de bâtiments similaires en termes d'équipements, d'usages et de gestion, permettrait de statuer avec plus de certitudes sur la corrélation qui se dessine ici.



Figure 14 – Aperçu de façades dénuées de protections solaires

L'illustration de droite met bien en évidence les protections solaires des baies vitrées, mais l'absence de protections bénéficiant à l'ensemble de la façade.



Figure 15 – Aperçu de façades dotées de protections solaires adéquates

Conclusion sur la performance des façades :

L'échantillon recense une large diversité de façades, de conception ancienne ou contemporaine, parfois classées au patrimoine national et ainsi difficilement modifiables. La mise en parallèle du niveau de protection des façades, de leur isolation, et des consommations en climatisation des locaux audités fait apparaître **un lien certain qui confirme l'impact des optimisations du bâti sur son bilan énergétique**. Pour la plupart des sites, **la surface d'échange importante entre les façades et l'extérieur** (comparé aux surfaces de toitures notamment) **explique en partie le lien plus fort observé entre consommations de climatisation et performance des façades**.

Une étude spécifique sur cet axe, basée sur les besoins plutôt que les consommations finales, et mettant en jeu un plus grand nombre de sites similaires, permettrait d'approfondir cette analyse.

4.1.4. Limites de l'analyse

L'analyse des performances en fonction de l'isolation du bâti et de ses protections solaires présente les limites suivantes :

- *Nombre de variables indépendantes et impactant sur les consommations finales ; comme dit plus haut, ce type d'analyse serait plus judicieuse en besoins ;*
- *Nombre de sites de l'échantillon trop faible pour mener une analyse de sensibilité plus fiable ;*
- *Simplification du calcul des facteurs solaires sur la base des relevés effectués sur site, et des regroupements par familles de performances.*

4.2. BAIES VITREES

La caractérisation des surfaces vitrées est ici qualitative, avec la prise en compte des protections solaires spécifiques aux baies dont sont dotés les bâtiments.

■ Type de menuiseries majoritaires par site

- Métal : 40 sites
- Bois : 9 sites
- PVC : 3 sites
- Autre : 3 autres

■ Type d'ouvrants majoritaires par site

- Battant : 25 sites
- Coulissant : 27 sites
- Jalousie : 3 sites

■ Type d'occultation majoritaire par site

- Aucune occultation : 7 sites
- Store intérieur : 23 sites
- Store extérieur : 3 sites
- Volet extérieur : 22 sites

Ci-après une synthèse des consommations et des indicateurs de performance en fonction du type de protections solaires rencontrées (valeurs ici non décorrélatées des autres variables liées au bâti). Les valeurs de facteurs solaires ne sont pas détaillées ; le classement proposé va néanmoins du facteur solaire le plus faible (aucune occultation) au meilleur (volet extérieur).

Tableau 14 – Consommations d'éclairage et de climatisation en fonction du type d'occultation majoritaire

Type d'occultation	Nb sites	kWh/m ²	kWh/occupant	kWh/m ² CLIM	kWh/m ² ECL
Aucune	7	98	2 947	59	11
Store intérieur	23	117	2 149	62	21
Store extérieur	3	82	1 776	32	19
Volet	22	96	3 748	55	16

L'influence du type d'occultation dépend fortement de leur fréquence d'utilisation, donnée ici non disponible. Il semble par exemple évident qu'une protection de type store intérieure est utilisée plus régulièrement qu'un volet extérieur.

Malgré cette variabilité d'usage, **les indicateurs de consommations sont meilleurs pour la climatisation lorsque les baies vitrées sont équipées de protections extérieures, plus efficaces qu'un simple store intérieur.**

A l'inverse, les consommations d'éclairage ont tendance à augmenter dans les bureaux équipés de stores intérieurs ou extérieurs.



Figure 16 – Aperçu de baies sans protections solaires adéquates



Figure 17 – Aperçu de baies dotées de protections solaires adéquates (ici stores extérieurs)

4.3. INSERTION ENVIRONNEMENTALE

L'étude qualifie l'insertion environnementale en trois catégories, selon la densité d'infrastructures humaines et d'espaces verts à proximité des sites :

- Rurale : site éloigné de toute infrastructure humaine (excepté la voirie), entouré de végétation et d'arbres projetant des masques sur une ou plusieurs façades ;
- Péri-urbaine : site inséré en périphérie d'une ville, avec des bâtiments alentours à une distance raisonnable, rares espaces verts ;
- Urbaine : site inséré en pleine ville, entouré d'autres bâtiments et des voiries publiques ; aucun espace vert, excepté quelques arbres isolés dans certains cas.

Le tableau ci-après divise les sites audités selon les classes d'insertion environnementale définies.

Tableau 15 – Insertion environnemental des sites de l'échantillon

Insertion Environnementale	Nb sites	kWh/m ²	kWh/occupant	% clim	kWh/m ² clim	kWh/occupant clim
Rurale	1	224	3 076	77%	173	2 376
Péri urbaine	17	94	1 989	48%	43	920
Urbaine	37	106	3 287	55%	61	1 942

La majorité des bureaux visités sont situés en milieu urbain. Ces derniers consomment en moyenne davantage que ceux situés en périphérie, bien que ce seul critère ne semble pas suffisant pour établir une véritable corrélation.

Le seul site situé en zone « rurale » est particulier par sa fonction et sa densité d'équipements, et ne saurait être représentatif des consommations des autres bureaux entourés de végétation à la Réunion.

4.4. LIMITES DE LA CAMPAGNE D'AUDITS SUR L'ASPECT BATI

Pouvant être qualifié de « pré-diagnostics », les états des lieux réalisés sur l'ensemble des sites de l'échantillon n'ont pas vocation à caractériser précisément le bâti. En effet, l'accent de l'étude est davantage mis sur l'évaluation et la répartition des consommations électriques, afin de photographier la performance énergétique des bureaux sur le territoire réunionnais.

Dans ce contexte, le nombre et les dimensions des baies vitrées n'ont pas été relevés de manière systématique.

Dans de nombreux cas, les gestionnaires rencontrés n'ont pas su répondre avec certitude sur les questions relatives à l'isolation des parois. Par défaut, pour les vieux bâtiments, l'absence d'isolant a été considérée si la donnée n'était pas disponible.

L'objectif principal de l'étude étant d'axer les analyses sur les consommations et leur répartition, l'analyse des liens entre bâti et consommations finale reste succincte et se contente de livrer quelques tendances. Ces dernières sont à considérer avec précaution étant donné le nombre important de variables indépendantes du bâti qui jouent un rôle important dans les bilans énergétiques.

5. IMPACT DES EQUIPEMENTS SUR LA PERFORMANCE ENERGETIQUE

5.1. PUISSANCE ELECTRIQUE & DIMENSIONNEMENT

5.1.1. Equipements de climatisation

Comme entrevu dans la partie A, l'échantillon réunionnais rassemble dans des proportions équivalentes des sites équipés d'installations de climatisation centralisée et de sites exclusivement équipés d'installations individuelles.

Le chapitre B.7 propose une analyse plus détaillée des installations centralisées.

Le tableau ci-après classe les sites par fourchette de puissance électrique installée, pour le poste climatisation.

Tableau 16 – Puissances installées pour la climatisation

Puis. Installée Inférieure	Puis. Equipement	Puis. Installée Supérieur ou =	Nb sites	Conso Equipement	Tendance Performance
W/m ²	W/m ²	W/m ²	-	kWh/m ² /an	
0	CLIM	30	13	56.6	▲
30	CLIM	40	7	56	▲
40	CLIM	50	12	60.6	▼
50	CLIM	-	13	59.5	▼

A l'échelle de l'échantillon, il est difficile de dresser une tendance qui lierait la puissance de climatisation installée et les consommations de ce poste essentiel. Les ratios surfaciques restent effectivement très proches.

Une analyse complémentaire prenant en compte les volumes traités et non les surfaces utiles au sol serait intéressante.

De manière générale, le poste climatisation mettant en jeu un nombre important de variables, dont certaines complexes comme le type de régulation, il semble inconcevable à l'échelle de cet échantillon d'apporter des conclusions à la seule analyse des puissances installées.

5.1.2. Equipements d'éclairage

Les bâtiments audités sont équipés de luminaires de type, performance et nombres très variés. La densité de puissance installée pour le poste éclairage, indicateur régulièrement utilisé en conception, semble être un vecteur d'analyse de la performance intéressant.

Le tableau ci-après classe les sites par fourchette de puissance électrique installée, pour le poste éclairage.

Tableau 17 – Puissances installées pour l'éclairage

Puis. Installée Inférieure	Puis. Equipement	Puis. Installée Supérieur ou =	Nb sites	Conso Equipement	Tendance Performance
W/m ²	W/m ²	W/m ²	-	kWh/m ² /an	
0	ECL	4	17	12.8	▲
4	ECL	8	16	14.4	▲
8	ECL	10	10	21.2	▼
10	ECL	-	12	16.6	▬

A l'échelle de l'échantillon entier, **il semble y avoir corrélation entre la puissance d'éclairage installée et les consommations de ce poste**. Lorsque le taux d'équipement dépasse 8 W/m² (valeur jugée médiocre dans le tertiaire neuf en conception aujourd'hui), le ratio surfacique tend vers la barre des 20 kWh/m²/an.

Ce lien apporte une réelle importance, d'une part à la densité de points lumineux dans les locaux, d'autre part à la technologie de luminaires installés, dont la puissance unitaire peut varier du simple au double pour un éclairage équivalent.

5.1.3. Equipements informatiques

Les relevés d'équipements et les campagnes de mesures effectuées sur les équipements informatiques ne sont pas emprunts de la même fiabilité que les postes climatisation et éclairage. Plusieurs raisons à cela :

- Onduleurs et serveurs éventuels non systématiquement accessibles lors des visites, leur puissance installée rarement communiquée ;
- Architecture électrique regroupant le plus souvent divers départs « Prises de Courant », sans identification plus fine, ni distinction des équipements informatiques d'éventuels appareils divers et variés ;
- Manque de matériel d'instrumentation prévu dans l'étude pour équiper les tableaux ondulés parfois placés dans des locaux éloignés du TGBT (car préalablement assignés aux départs climatisation et éclairage).

Les valeurs présentées dans ce chapitre sont ainsi à considérer avec précaution.

Le tableau ci-après classe les sites par fourchette de puissance électrique installée, pour le poste informatique.

Tableau 18 – Puissances installées pour l'informatique

Puis. Installée Inférieure	Puis. Equipement	Puis. Installée Supérieur ou =	Nb sites	Conso Equipement	Tendance Performance
W/m ²	W/m ²	W/m ²	-	kWh/m ² /an	
0	INFO	6	21	19.1	▼
6	INFO	10	22	15.2	▲
10	INFO	-	12	20.8	▼

A l'échelle de l'échantillon, **il ne semble pas y avoir de tendance qui lierait la puissance informatique installée et les consommations** de ce poste particulier et symbolique du secteur tertiaire bureaux. Les ratios surfaciques restent relativement proches.

5.2. EFFICIENCE

L'efficacité des équipements est caractérisée dans les rapports d'audits individuels de façon qualitative, sur la base des observations et relevés effectués sur site, et des enquêtes menées auprès des usagers et gestionnaires de patrimoine.

Un nouvel indicateur est ici proposé pour tenter de caractériser l'efficacité des équipements, au-delà des descriptions qualitatives relevées au cours des audits et des enquêtes. Adimensionné, il est en partie inspiré de la définition d'un productible énergétique annuel.

L'efficacité est ainsi calculée comme suit :

$$\varepsilon = \frac{\text{Ratio Consommation Surfaccique annuel } \left[\frac{kWh}{m^2} \right]}{\text{Puissance surfaccique installée } \left[\frac{kW}{m^2} \right]} * 8760 \text{ h/an}$$

A l'inverse d'un productible, **plus la valeur ε calculée est faible, meilleure est l'efficacité des équipements.**

5.2.1. Equipements de climatisation

Le tableau ci-après caractérise les équipements de climatisation de manière globale à l'échelle de l'échantillon. Le chapitre B.7 focalise plus bas l'analyse sur les systèmes de climatisation centralisée rencontrés, s'appuyant sur un panel de données plus concrètes.

L'indicateur d'efficacité calculé pour la climatisation donne des valeurs comprises entre 1 et 50. Concrètement, cela signifie que le site le moins efficace en termes de climatisation consomme 50 fois plus au m² rafraîchi que le meilleur site, à puissance installée égale. Cette amplitude démontre entre autres la variété des sites audités.

Tableau 19 – Répartition des sites par efficacité en climatisation

Efficiency ε	Nb Sites*	kWh/m ² /an CLIM	kWh/occupant/an CLIM	Technologie par site
1 < ε < 6	13	20	691	10 avec splits / 3 avec GEG
6 < ε < 10.5	13	38	946	6 avec splits / 5 avec VRV / 2 avec GEG
10.5 < ε < 18	13	76	2 186	8 avec GEG / 4 avec splits / 1 avec rooftop
18 < ε < 52	13	97	2 903	7 avec splits / 4 avec GEG / 2 avec VRV

*3 sites sont ici exclus, le manque de certitude sur la puissance électrique installée ne permettant pas de calculer cet indicateur.

L'échantillon est réparti en 4 classes d'efficacité pour la climatisation, de volumétries équivalentes (i.e. même nombre de sites par catégorie).

Une des premières constatations est **la domination de la technologie individuelle type split system dans la catégorie la plus efficace**. Bien que tous les splits rencontrés ne puissent être qualifiés de performants, force est de constater que ceux en bon état, correctement dimensionnés et entretenus subviennent efficacement aux besoins des sites audités, généralement de petite taille.

Globalement, **le nombre de générateurs d'eau glacée croît de même que l'efficacité décroît**.

La suite de ce rapport livre une analyse plus détaillée des climatiseurs centralisés.



Figure 18 – Splits muraux équipant 2 sites performants en climatisation

5.2.2. Equipements d'éclairage

Le tableau ci-après caractérise les équipements d'éclairage de manière globale à l'échelle de l'échantillon.

L'indicateur d'efficacité calculé pour l'éclairage donne des valeurs comprises entre 0.6 et 80. Cette amplitude démontre entre autres la variété des sites audités, en termes de technologies mais surtout en termes de densité de puissance installée et d'usages des luminaires.

Tableau 20 – Répartition des sites par efficacité en éclairage

Efficiéce ϵ	Nb Sites*	kWh/m ² /an ECL	kWh/occupant/an ECL	Technologie
0.6 < ϵ < 8.8	14	8	148	40% T8 / 40% T5 / 10% LED / 10% Fluocompacte
8.8 < ϵ < 15	13	12	392	70% T8 / 30% T5
14 < ϵ < 34.1	13	21	722	55% T8 / 30% T5 / 15% LED
34.1 < ϵ < 79	13	24	824	62.5% T8 / 30% T5 / 7.5% LED

*2 sites sont ici exclus, le manque de certitude sur la puissance électrique installée ne permettant pas de calculer cet indicateur.

L'échantillon est réparti en 4 classes d'efficacité pour l'éclairage, de volumétries équivalentes.

La catégorisation proposée ne permet pas clairement de hiérarchiser la performance des luminaires équipant l'échantillon, bien que l'intérêt des technologies les moins énergivores ne soit plus à justifier aujourd'hui.

Cette constatation met en exergue l'importance d'autres facteurs :

- **Densité de puissance des luminaires** : indépendamment du choix technologique, **c'est surtout le nombre de points lumineux qui joue un rôle déterminant dans le bilan énergétique du poste éclairage**. Parmi les sites les plus récents de l'échantillon, nombre d'entre eux sont équipés en LED mais dotés de dizaines de luminaires superflus, dont la fonction semble davantage liée à l'esthétique qu'à l'apport lumineux nécessaire au confort visuel des occupants.
- Gestion et pilotage des luminaires : des oublis d'extinction sont fréquemment relevés dans les enquêtes réalisées, et confirmés par les campagnes d'instrumentation.

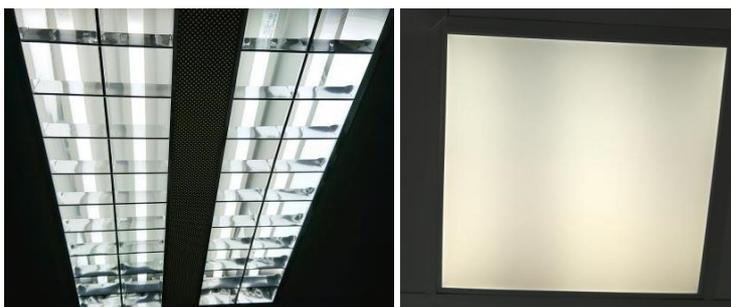


Figure 19 – Tubes T5 et pavés LED équipant un site performant en éclairage

5.2.3. Equipements informatiques

Le tableau ci-après caractérise les équipements informatiques de manière globale à l'échelle de l'échantillon. Les sites étant équipés d'écrans et d'ordinateurs sensiblement similaires, les écarts de consommations constatés sont davantage liés à la présence ou non d'onduleurs et de serveurs.

L'indicateur d'efficacité calculé pour l'informatique donne des valeurs comprises entre 2 et 100. Cette amplitude s'explique en partie par la diversité d'équipements, tous les sites n'étant pas équipés de serveurs et d'onduleurs.

Tableau 21 – Répartition des sites par efficacité en informatique

Efficacité ϵ	Nb Sites	kWh/m ² /an INFO	kWh/occupant/an INFO	Technologie	Surface utile m ²
2.5 < ϵ < 8.8	15	8	244	73% serveur + onduleur	1066
8.8 < ϵ < 17.5	12	15	475	25% serveur + onduleur	1055
17.5 < ϵ < 22.8	13	16	420	30% serveur + onduleur / 15% serveur	830
22.8 < ϵ < 103	13	29	1 038	30% srv + ond / 15% ond / 7.5% srv	755

*2 sites sont ici exclus, le manque de certitude sur la puissance électrique installée ne permettant pas de calculer cet indicateur.

Le classement effectué ne dégage pas réellement de tendance sur l'efficacité par type d'équipements.

En revanche, une **corrélation claire apparaît entre l'efficacité des équipements informatiques et la surface utile audité : plus celle-ci est grande, plus le poste informatique est efficient**, à l'échelle de l'échantillon.

Cette constatation corrobore la tendance globale observée lors des visites : les sites les plus grands sont rarement équipés de plus d'un onduleur et d'un serveur, de même que les bureaux de tailles moyennes. Malgré les différentes puissances unitaires mises en jeu, il semble que les grands bureaux soient dotés d'une architecture électrique ondulée plus optimisée.

Par ailleurs, **plusieurs sites de petites taille (<600m²) ont une grande densité d'équipements informatiques**, accentuant cette tendance d'efficacité décroissante pour les bureaux de petite taille.

6. IMPACT DE LA GESTION DE L'ÉNERGIE

6.1. HABITUDES COMPORTEMENTALES

De manière générale, les enquêtes menées auprès des usagers livrent les tendances suivantes sur l'usage des équipements électriques.

Comportements relatifs à la climatisation

- Utilisation de la climatisation à des fins de confort thermique, principalement l'été / demi-saison, et « ponctuellement » l'hiver ;
- Extinction systématique des unités intérieures de climatisation dans 80% des cas, presque la totalité des usagers consultés reconnaissent néanmoins quelques oublis ;
- Consignes de climatisation particulièrement variées :
 - De 24 à 26°C pour une douzaine de sites dont les occupants semblent être en partie sensibilisés à l'impact des consignes sur la consommation, ou dont le gestionnaire délivre des recommandations en ce sens ;
 - De 20°C à 24°C pour une grande majorité de sites, avec le plus souvent une absence totale d'homogénéité d'un bureau à l'autre, d'un volume rafraîchi à l'autre ;
 - De 18°C à 22 °C pour quelques bureaux particulièrement exposés au rayonnement solaire direct, et/ou équipé de climatiseurs vieillissants ou sous-dimensionnés ;
 - De 16° à 20°C en moyenne dans les locaux techniques comportant onduleurs, serveurs, baies informatiques diverses, etc.

Comportements relatifs à l'éclairage

- Dans près de 60% des cas, recours à l'éclairage artificiel seulement lorsque la lumière naturelle est insuffisante ;
- Extinction systématique des luminaires des bureaux dans 95% des cas, quelques oublis constatés ;
- Extinction aléatoire des luminaires des espaces communs dans 60% des cas, les occupants pas toujours au fait de la présence ou non d'un pilotage et d'une programmation horaire de l'ensemble.

Comportements relatifs à l'informatique

- Extinction systématique de l'ordinateur et de l'écran dans 90% des cas en fin de journée.

Conclusion sur les habitudes comportementales

Globalement, **les usagers des sites audités semblent avoir acquis de bonnes habitudes concernant l'extinction des équipements d'éclairage et de bureautique.**

Le réglage des consignes de climatisation des unités intérieures est en proie, comme dans le secteur résidentiel, à certaines **dérives liées à des référentiels de confort hygrothermique qui varient fortement d'un usager à l'autre**, ou

à un certain laxisme. Lors de certaines visites, l'usage de la climatisation dans quelques bureaux a ainsi été constaté, malgré l'ouverture des fenêtres d'un ou plusieurs bureaux adjacents.

Cet exemple extrême symbolise le **manque presque systématique d'harmonisation des usages de climatisation au sein des locaux**. Il est d'ailleurs exacerbé lorsque les locaux sont équipés de climatiseurs individuels. A l'inverse, quelques rares gestionnaires de bâtiment ont indiqué avoir pris l'habitude de brider les consignes de leur système de production centralisée, de manière à limiter les appels de puissances, quelles que soient les consignes appelées par les émetteurs dans les bureaux.

6.2. GESTION TECHNIQUE ET MAINTENANCE DES EQUIPEMENTS

De manière générale, les équipements informatiques et d'éclairage ne font pas l'objet de maintenance préventive dans les sites visités au cours de l'étude. Ils sont simplement remplacés à intervalles réguliers, à des fins de d'optimisation ou d'économies, ou bien au cas par cas lors des pannes qui sont rencontrées.

Le pilotage des luminaires est dans la grande majorité des cas géré par des interrupteurs individuels ; les espaces communs étant dans 40% des cas dotés de détecteurs de présence. Notons que les usagers de certains sites pensent que leurs locaux sont dotés de programmation sur horloge centralisant l'extinction des luminaires de l'ensemble des locaux, alors que les mesures effectuées démontrent le contraire.

Les enjeux de gestion et de maintenance des équipements de climatisation sont dans de nombreux cas sous-estimés par les gestionnaires de bâtiment.

Le tableau ci-après livre quelques indicateurs sur les consommations de climatisation en fonction des types de contrats de maintenance auxquels les équipements sont soumis. L'efficacité définie au chapitre B.5.2 est également reprise.

Tableau 22 – Répartition des sites par performance en climatisation

Performance	Nb sites	Conso Equipement CLIM		Maintenance	Efficience
		kWh/m ² /an	kWh/salarié/an		
<i>Qualitative</i>	-			<i>Type</i>	<i>Moyenne</i>
Médiocre	9	120	3 300	65% corrective / 20% préventive / 15% sans contrat	31.2
Peu performante	11	76	2 527	30% corrective / 60% préventive / 10% sans contrat	15.7
Correcte	11	55	1 013	85% préventive / 15% sans contrat	13.4
Performante	3	42	1 187	33% corrective / 67% préventive	9
Très performante	21	24	750	88% préventive / 12% sans contrat	5.6

Une corrélation apparaît sans surprise entre le type de maintenance opérée et l'efficacité des installations de climatisation.

Si l'on exclut la catégorie « Performante », ne contenant que 3 sites, **l'efficacité des équipements croît en fonction du pourcentage de contrats de maintenance de type préventive**.

6.3. POLITIQUE ENERGETIQUE DE LA STRUCTURE

Sur l'ensemble de l'échantillon, seule une poignée de sites a semblé posséder un semblant de politique énergétique, relayé par un interlocuteur proactif.

Parmi ces rares bons exemples, un gestionnaire de bâtiment procède depuis quelques années à la mise en place progressive d'un suivi instrumenté des consommations de ses bâtiments. Il est accompagné d'un prestataire lui permettant d'adapter le pilotage de ses équipements de climatisation, et procède périodiquement à quelques tests visant à optimiser leur fonctionnement.

Un autre site, concernant un petit bâtiment, a également mis en place une relève de ses consommations à un pas de temps 10 minutes. Ce relevé alimente un suivi fiable et a notamment motivé la mise en place successives de brasseurs d'air à variateur de vitesse, et de pavés LED dans les bureaux.

Les quelques sites possédant un tarif vert auprès d'EDF pourraient sans difficulté établir un suivi minimaliste de leurs consommations, et repérer rapidement les dérives éventuelles la nuit et les weekends.

De manière générale, les moyens (humains/temps) alloués à la politique énergétique sont largement sous-estimés au regard des gains énergétiques et économiques potentiels.

7. FOCUS SUR LA CLIMATISATION CENTRALISEE

7.1. CONTEXTE REUNIONNAIS

L'île de La Réunion, département outre-mer français le plus habité, a la particularité d'avoir un fort taux de pénétration d'installations de climatisation centralisée, notamment dans le secteur tertiaire.

Identifiée comme un enjeu potentiellement majeur de la maîtrise des consommations dans le secteur tertiaire réunionnais, la performance réelle de ces équipements centralisés souffre d'un manque de visibilité à l'échelle du territoire. C'est dans ce contexte qu'ARTELIA et DOM ENERGY / MAE ont décidé, d'un commun accord avec les partenaires institutionnels de la mission, d'instrumenter de plus près les équipements rencontrés sur une quinzaine de sites audités.

Le tableau ci-après recense le type d'équipements de climatisation rencontrés dans l'échantillon.

Tableau 23 – Recensement des types de climatisation dans l'échantillon

Technologie	Nombre de sites équipés	Consommation surfacique	Consommation par salarié	% Conso Climatisation
GEG	17*	74 kWh/m ² /an	1 715 kWh/salarié/an	69 %
Groupe VRV / DRV	9*	58 kWh/m ² /an	1 517 kWh/salarié/an	51 %
Rooftop	1	150 kWh/m ² /an	4 074 kWh/salarié/an	70 %
Splits individuels	29	43 kWh/m ² /an	1 321 kWh/salarié/an	45 %

*Un site est équipé à la fois de GEG et groupes VRV.

Rappelons avant de comparer les indicateurs par technologies que les ratios et valeurs présentées ne sont aucunement décorrélées d'autres variables, comme la taille et la complexité des bâtiments, leur densité d'occupation, ou le type d'activité. Les bilans statistiques présentés en partie A permettent de nuancer cette comparaison.

Par ailleurs, un seul site étant équipé de rooftop, il paraît prudent de considérer que les performances de celui-ci ne soient pas représentatives de l'ensemble des équipements de ce type installés à La Réunion, notamment dans d'autres activités tertiaires (commerces, etc).

Les deux technologies qui nous intéressent ici sont :

- Les Générateurs d'Eau Glacée ;

Très répandus à La Réunion, leurs performance intrinsèque n'est pas remise en cause dans ce rapport. Les interrogations ayant mené à des instrumentations plus précises portent néanmoins sur :

- o Le bon **dimensionnement** des équipements ;
- o Le mode de **pilotage** ;
- o Le mode de **régulation**.

Quand cela s'est avéré possible, les composants suivants ont été instrumentés :

- o Compresseurs
- o Condenseurs
- o Auxiliaires de circulation

- Emetteurs
- Températures de Départ et Retour



Figure 20 – Quelques clichés de GEG équipant les sites de l'échantillon

- Les Groupes à Volume/Débit de Réfrigérant Variable ;

De plus en plus déployée à La Réunion, pour diverses gammes de puissance, cette technologie réputée flexible et performante prend une place importante dans le marché. Notre attention a porté sur la bonne **gestion de la programmation** de ces équipements.



Figure 21 – Quelques clichés de groupes VRV équipant les sites de l'échantillon

7.2. ZOOM SUR LES SITES ANALYSES

7.2.1. Sites équipés de GEG

Les 16 sites équipés de GEG sont par la suite dénommés de manière anonyme de A à P.

7.2.1.1. Etat général des installations

Le tableau ci-après qualifie l'état des 16 GEG rencontrés, par une rapide inspection visuelle.

Tableau 24 – Etat général visuel et type de maintenance des installations de production à eau glacée

Site GEG	Etat Général	Maintenance
A	Satisfaisant	Préventive
B	Dégradé	Préventive
C	Satisfaisant	Préventive
D	Satisfaisant	Préventive
E	Dégradé	Pas de contrat de maintenance
F	Satisfaisant	Préventive

G	Satisfaisant	Préventive
H	Satisfaisant	Préventive
I	Dégradé	Préventive
J	Satisfaisant	Corrective
K	Satisfaisant	Préventive
L	Satisfaisant	Préventive
M	Satisfaisant	Préventive
N	Satisfaisant	Préventive
O	Satisfaisant	Corrective
P	Neuf	Préventive

Notons l'absence de contrat de maintenant pour l'installation E, dont l'état est dégradé.

Les usures observées touchent divers composants des installations. Quelques clichés illustrent ces dégradations.



Figure 22 – Zoom sur le condenseur du GEG B

L'état d'usure des grilles du condenseur est ici particulièrement avancé, en dépit d'un contrat de maintenant préventive lié à cette installation.



Figure 23 – Zoom sur le calorifuge des canalisations du GEG B

Notons par ailleurs que la coque de protection du calorifuge est ici partiellement démontée, laissant l'isolant exposé à l'air libre et à des risques de détérioration.



Figure 24 – Aperçu de l'installation I

Le niveau d'usure et d'encrassement de l'aérocondenseur témoigne ici d'un manque d'entretien. De même, les calorifuges sont largement détériorés et auraient dû faire l'objet d'un renouvellement.

Pour la plupart de ces installations, l'inspection visuelle des compresseurs n'a pas été possible, protégés derrière des armatures.

7.2.1.2. Exemple type d'un GEG surdimensionné

Ce chapitre n'a pas vocation à critiquer le dimensionnement des installations inspectées, qui a pu être effectué dans un contexte différent (besoins frigorifiques plus ou moins importants à l'époque de l'installation, densité d'occupation des locaux différente, etc). Sont synthétisées dans cette partie un certain nombre d'observations sur le fonctionnement des GEG, s'appuyant sur les mesures réalisées.

Les graphes en page suivante soulèvent des interrogations quant au dimensionnement de l'installation A.

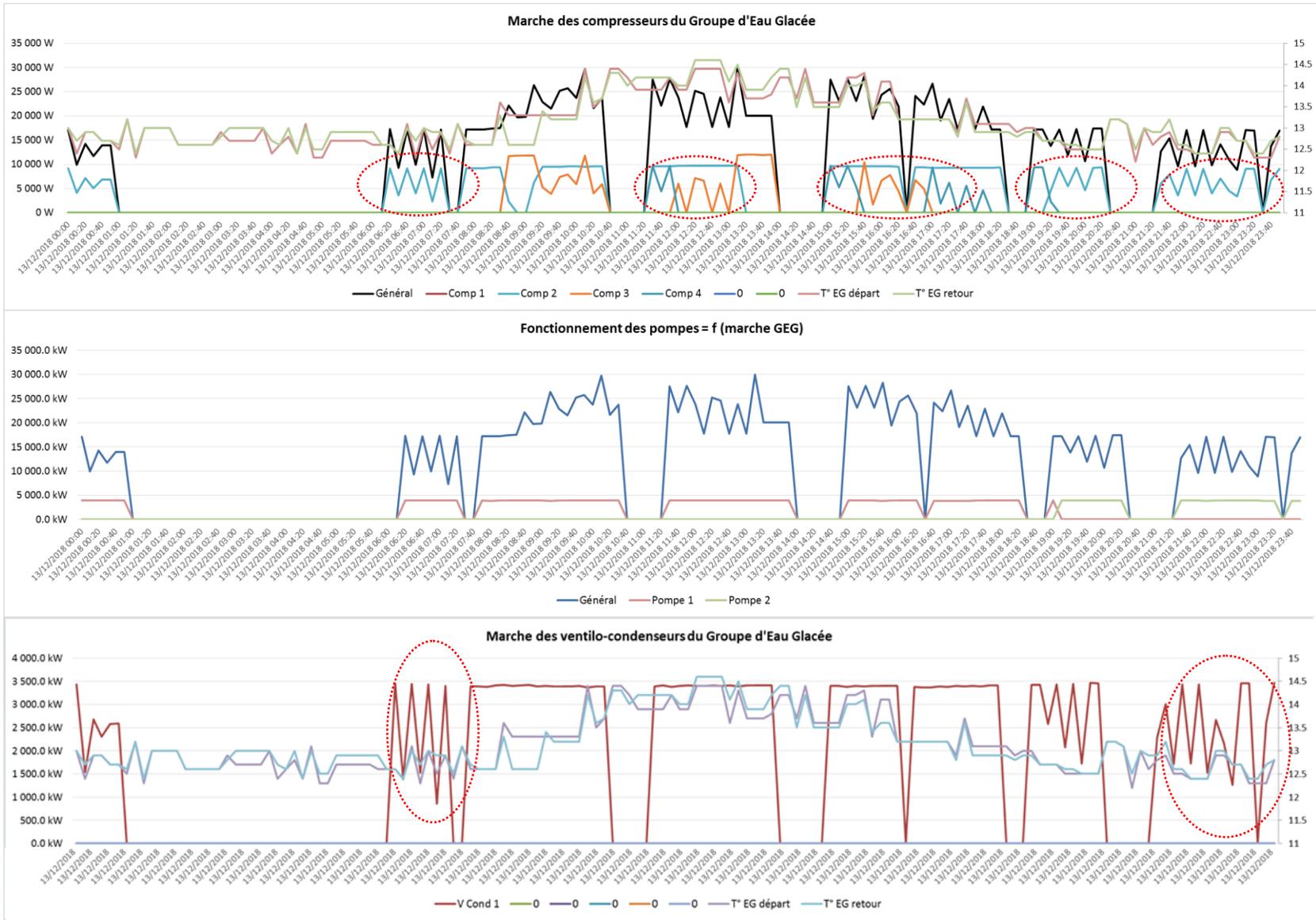


Figure 25 – Courbes de charges de l'installation A sur une journée type

Les courbes affichent successivement :

- Les puissances appelées par chacun des 4 compresseurs ;
- La puissance appelée par l'ensemble du GEG ;
- Les températures de départ et retour relevées ;
- Les puissances appelées par les 2 pompes de distribution ;
- Les puissances appelées par les ventilo-condenseurs.

Comportement des compresseurs :

Le compresseur n°2 s'enclenche vers 6h15 et monte rapidement en charge jusqu'à 10 kWé. S'en suit pendant près d'1h une succession de montées puis descentes en charge, qui s'expliquent probablement par les faibles besoins rencontrés si tôt le matin, inférieurs à la puissance frigorifique délivrée à l'aide d'un seul compresseur. La courbe affiche des puissances de 3 à 5 kWé au niveau des « creux » observés ; en réalité, les compresseurs s'arrêtent, puis redémarrent au bout de quelques minutes, avant l'acquisition de la mesure suivante, qui comptabilise quelques minutes à l'arrêt et quelques minutes avec des consommations. Un pas de temps plus fin que celui affiché (10min) montrerait bien l'arrêt des compresseurs. Voici un extrait de cette courbe de charge à un pas de temps 1min :

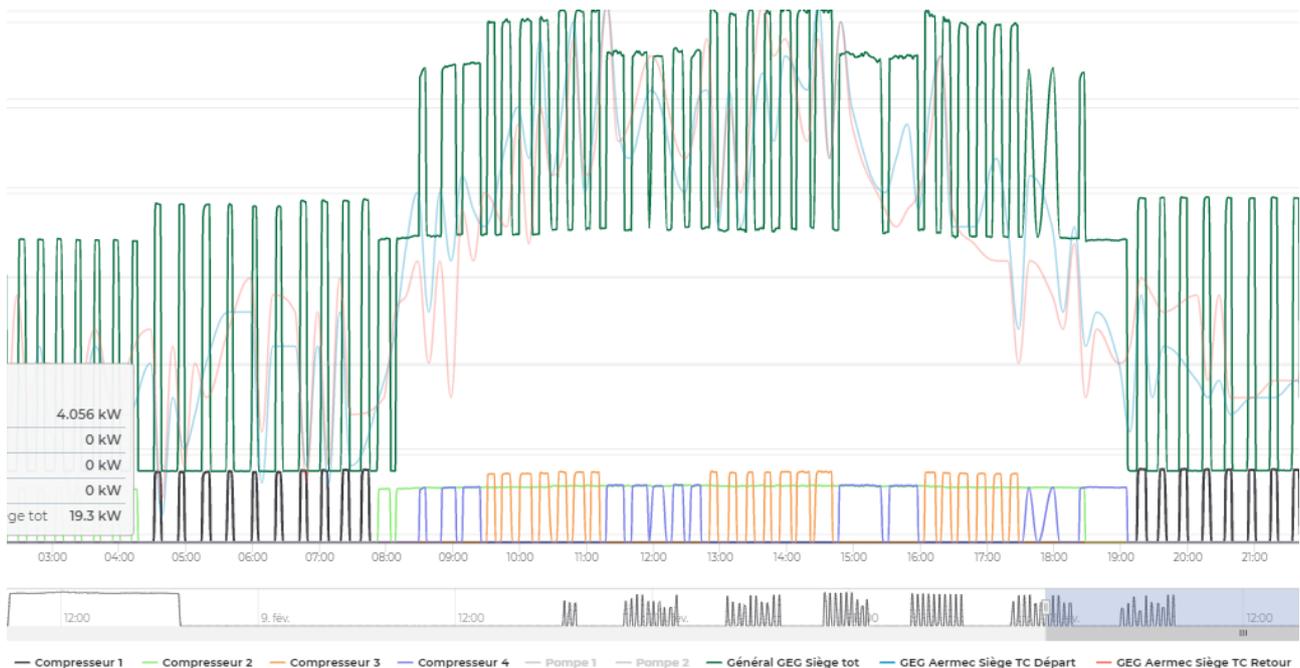


Figure 26 – Zoom sur la courbe de charge des compresseurs, en pas de temps 1 minute

Avec ce pas de temps plus fin, les arrêts évoqués sont bien visibles pour chacun des 2 compresseurs.

Peu avant 8h, un nouvel appel de puissance, plus important, amène le compresseur n°2 à un palier stable jusqu'à environ 9h. Durant cette période, on n'observe pas de fonctionnement saccadé. Vers 9h, l'arrivée des derniers salariés (et donc le démarrage puis le réglage des derniers émetteurs au sein des locaux) provoque un nouvel appel de puissance plus important, comblé par le démarrage d'un second compresseur, le n°3. Nous observons ici que le fonctionnement en « cascade » des compresseurs n°2 et 3 met près de 40min à se stabiliser après le démarrage du compresseur n°3.

La suite de la matinée voit le compresseur n°2 produire à un palier constant, le n°3 ajustant la production en fonction de la modification éventuelle des températures de consigne dans les bureaux, et surtout du delta de température croissant entre extérieur et intérieur.

Deux coupures nettes des compresseurs apparaissent en fin de matinée et début d'après-midi, et peuvent s'expliquer par 2 facteurs :

- Une intervention sur l'équipement de production, par un responsable technique du site, ou l'exploitant de la machine ;
- Plus simplement, par la régulation de la machine, sur température du retour, à débit fixe, qui amène à couper la production lorsque la température de retour tend vers celle de départ, signe que les échanges de frigories tendent vers zéro dans les volumes climatisés, déjà à la température souhaitée. L'absence de variation possible sur le débit d'eau glacée dans les distributions ne permet ainsi pas de ralentir la production, provoquant l'arrêt total des compresseurs.

Le même schéma est reproduit au cours de l'après-midi, avec le fonctionnement d'un troisième compresseur en complément, le n°4.

Globalement, **le fonctionnement en cascade des compresseurs semble ici correct**. En revanche, **les saccades observées en début, milieu et fin de journée suggèrent que la puissance unitaire des compresseurs est trop importante au regard des besoins, et de l'absence de variateur de vitesse**. Un effort sur la programmation et la régulation de l'installation pourrait en partie atténuer ce fonctionnement saccadé, mais n'amènera pas la machine à un fonctionnement parfaitement fluide.

Comportement des auxiliaires de distribution :

La courbe de charge des pompes met ici en évidence leur asservissement au fonctionnement des compresseurs. Les 2 pompes se relaient à puissance et donc débit constant, lorsque les compresseurs sont actifs. La bascule entre les 2 pompes, ici en fin de journée vers 19h10, s'opère avec rapidité et efficacité.

Comportement des ventilo-condenseurs :

De même que les pompes, **les ventilo-condenseurs sont ici asservis aux compresseurs**. Les moteurs alternent entre 2 vitesses de manière saccadée en début et fin de journée, mais fonctionnent en palier constant tout au long de la journée.

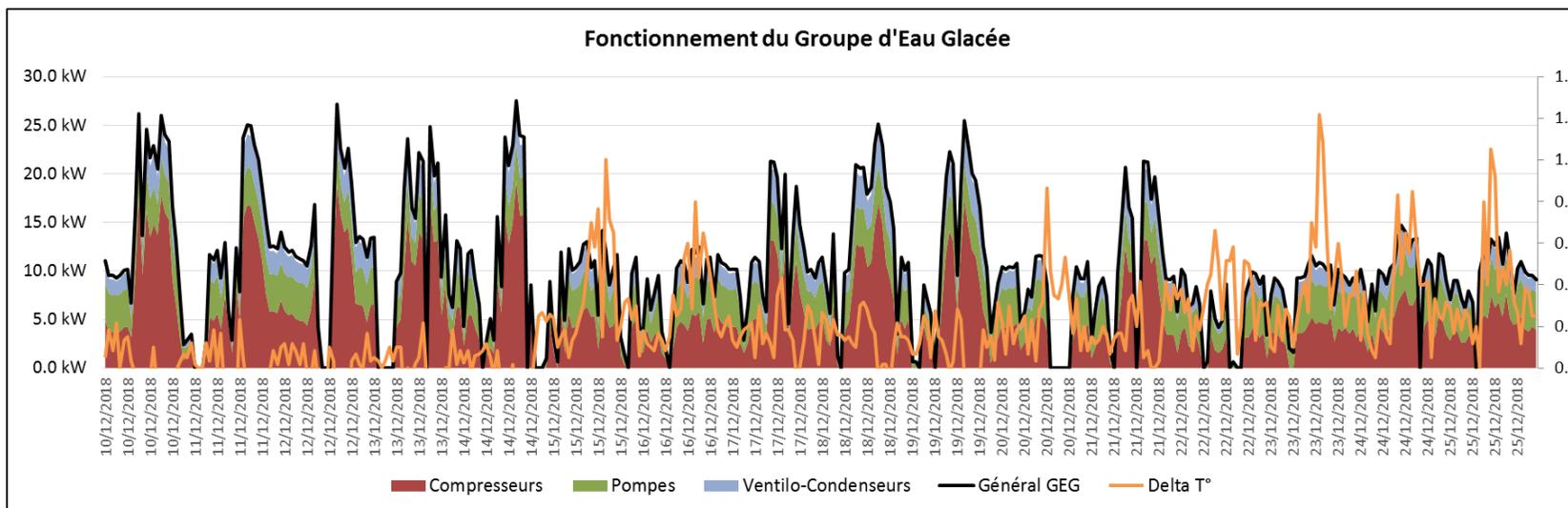


Figure 27 – Synthèse du fonctionnement du GEG A

La programmation horaire de cet équipement est évidente mais insuffisante, avec une coupure nocturne qui intervient tout de même tard en soirée, après 23h. **L'installation est en revanche sollicitée le weekend**. Les faibles Delta T constatés certains jours, comme celui du 13 décembre observé plus haut, sont très faibles et signes d'une demande frigorifique insuffisante dans les locaux en regard de la puissance délivrée par les compresseurs.

Conclusion sur l'installation GEG A :

La programmation du GEG est largement perfectible, via la programmation de coupures le weekend, comme c'est le cas pour la plupart des nuits. **Sa régulation, contrainte par une vanne 3 voies imposant un débit fixe, peut difficilement être améliorée ici**, avec un fonctionnement en cascade opérationnel des compresseurs. **La puissance unitaire de ces derniers semble en revanche trop forte au regard des besoins et du fonctionnement observé** sur une journée type en début d'été. De même, la puissance totale du groupe semble trop importante au regards des besoins réels du sites, avec l'utilisation d'un seul compresseur en début d'été.

Au moins un tiers des groupes d'eau glacée rencontrés ont un comportement similaire au A : régulation contrainte par la nature de l'installation, surdimensionnement, pilotage existant mais largement perfectible.

7.2.1.3. Exemple type d'un GEG non piloté

Ce chapitre n'a pas vocation à critiquer la gestion des responsables du bâtiment, le plus souvent dépourvus des compétences techniques nécessaires au bon pilotage de leurs équipements. Sont synthétisées dans cette partie un certain nombre d'observations sur le fonctionnement des GEG, s'appuyant sur les mesures réalisées, et alertant sur les dérives constatées. Les graphes ci-après concernent l'installation N, qui symbolise l'ensemble des GEG dont l'absence totale de pilotage a été constatée au cours des audits.

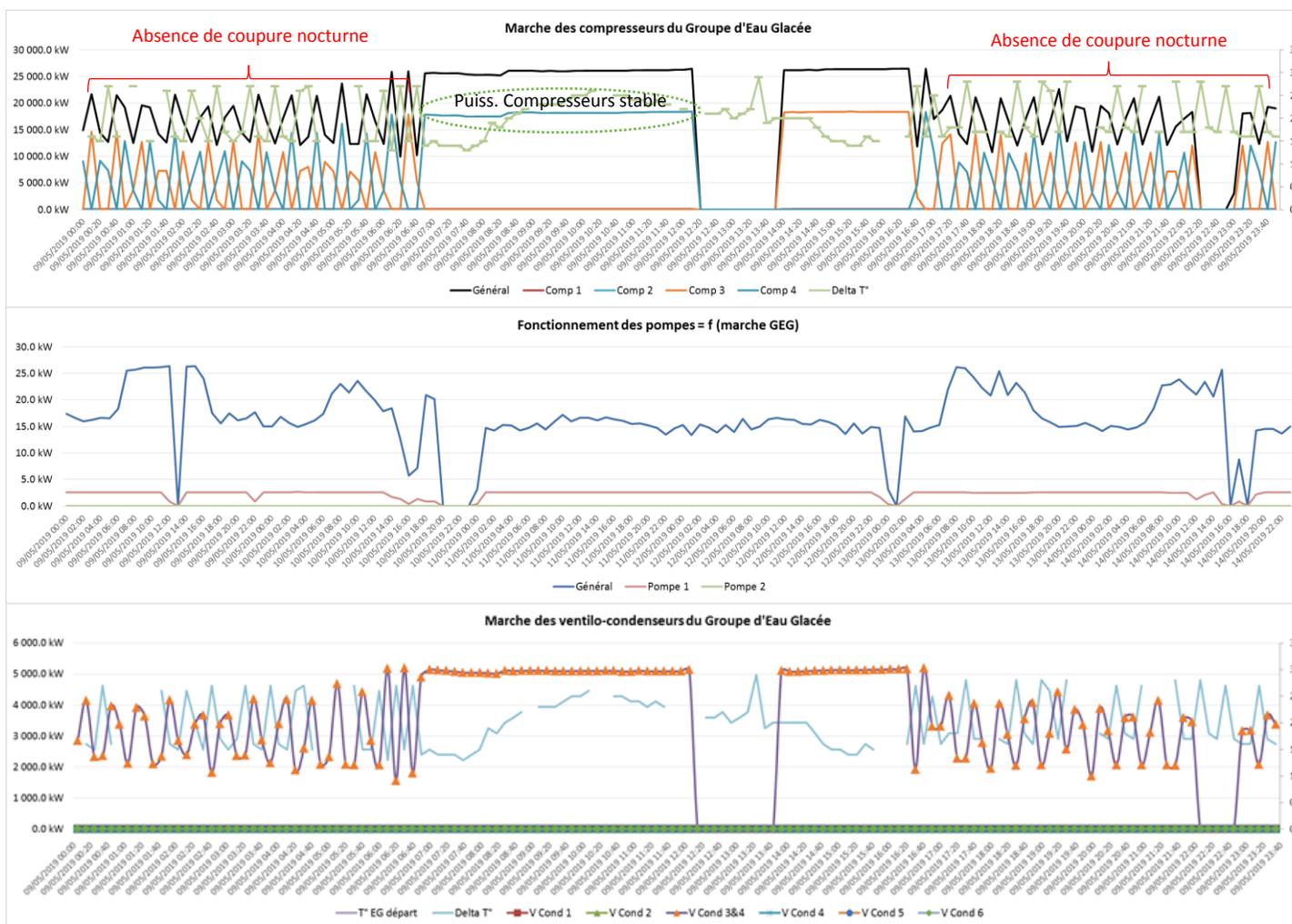


Figure 28 – Courbes de charge du GEG N

Les courbes affichent successivement :

- Les puissances appelées par chacun des 4 compresseurs du groupe ;
- La puissance appelée par l'ensemble du GEG ;
- Les températures de départ et retour relevées ;
- Les puissances appelées par les pompes de distribution ;
- Les puissances appelées par les ventilo-condenseurs.

Comportement des compresseurs :

Les compresseurs n°2 et 3 fonctionnent en alternance de manière très stable la matinée et l'après-midi, après une coupure d'environ 1h30 le midi. **En dehors des horaires d'occupation des locaux, le groupe continue à fonctionner de façon très saccadée, avec des arrêts/démarrages incessants des compresseurs 2 et 3.**

Comportement des auxiliaires de distribution :

La courbe de charge des pompes met ici en évidence leur asservissement au fonctionnement des compresseurs. Seule la pompe n°1 est ici sollicitée, à puissance et débit constants, lorsque les compresseurs sont actifs.

Comportement des ventilo-condenseurs :

Les ventilo-condenseurs sont asservis au fonctionnement des compresseurs. Les moteurs fonctionnent de manière stable en journée, et saccadée en dehors des horaires d'occupation du bâtiment.

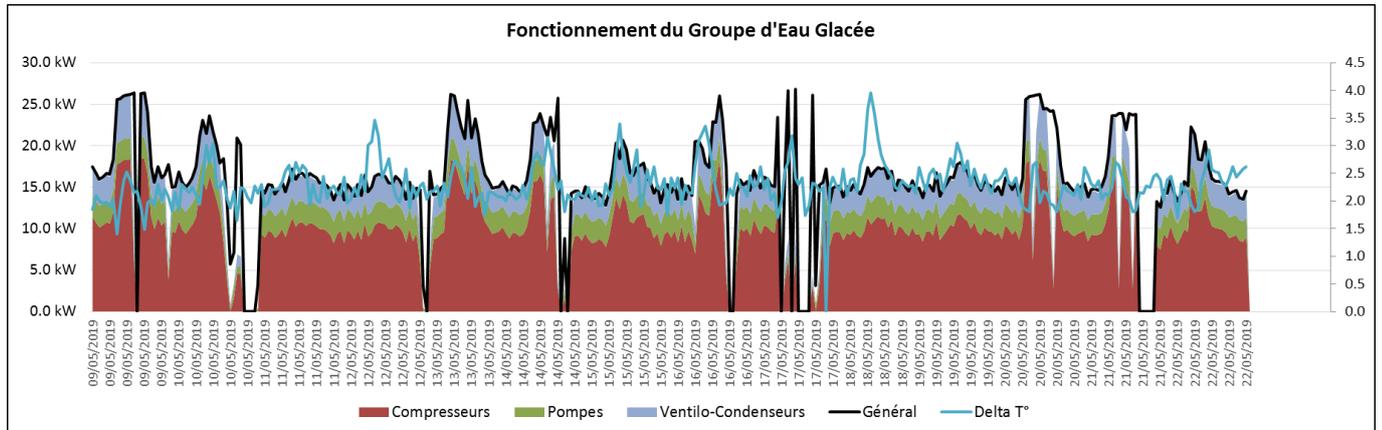


Figure 29 – Synthèse du fonctionnement du GEG N

Les courbes de charge montrent l'absence totale de programmation de l'équipement de climatisation, qui est sollicité la nuit comme les weekends, à un taux de charge proche de celui en période occupée.

Conclusion sur l'installation GEG N :

Le dimensionnement des compresseurs semble adapté aux besoins frigorifiques des locaux, aux consignes de températures actuellement pratiquées, comme l'attestent les appels de puissances relativement stables en journée et le delta T compris entre 2 et 3.5°C.

Le site équipé de ce GEG N est en revanche en proie à d'importantes dérives de consommations de climatisation en raison de l'absence totale de pilotage, l'installation fonctionnant 24h/24 sans aucune plage apparente de coupure ni programmation.

7.2.1.4. Exemple type d'un GEG bien piloté

Cette section présente quelques courbes et l'analyse succincte d'un générateur d'eau glacée (**GEG D**) correctement piloté, rencontré au cours des audits.

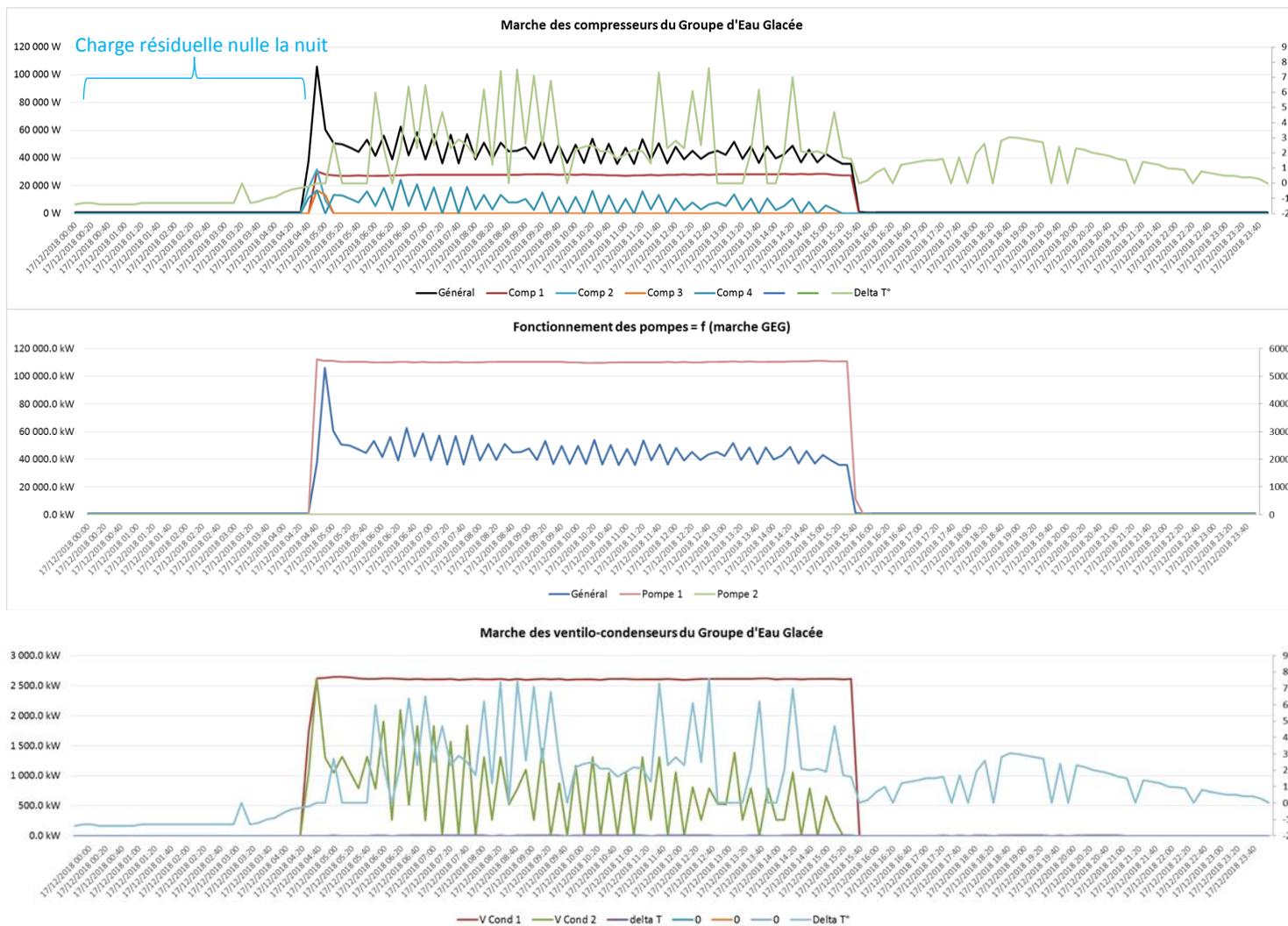


Figure 30 – Synthèse du fonctionnement du GEG A

Les courbes affichent successivement :

- Les puissances appelées par chacun des 4 compresseurs du groupe ;
- La puissance appelée par l'ensemble du GEG ;
- Les températures de départ et retour relevées ;
- Les puissances appelées par les pompes de distribution ;
- Les puissances appelées par les ventilo-condenseurs.

Comportement des compresseurs :

Les compresseurs n°1 et 2 fonctionnent en continu pendant les horaires d'occupation du bâtiment. Le n°1 est stabilisé à un palier de puissance constant d'environ 28 kWé. Le compresseur n°2 oscille entre 0 et 25 kWé, signe d'un manque de flexibilité de l'installation par rapport aux besoins de la journée. **En l'absence de variateur de vitesse, une puissance unitaire plus petite par compresseur eût été bienvenue, afin que la production colle de plus près aux besoins** sans démarrages et arrêts successifs d'un ou plusieurs compresseurs.

Comportement des auxiliaires de distribution :

La courbe de charge des pompes met ici en évidence leur asservissement au fonctionnement des compresseurs. Seule la pompe n°1 est ici sollicitée, à puissance et débit constants, lorsque les compresseurs sont actifs.

Comportement des ventilo-condenseurs :

Les ventilo-condenseurs sont asservis au fonctionnement des compresseurs. Leur fonctionnement suit le même schéma que les compresseurs : le VC n°1 fonctionne à puissance nominale tout au long de la journée, tandis que le VC n°2 alterne démarrages et arrêts successifs en secours du n°1.

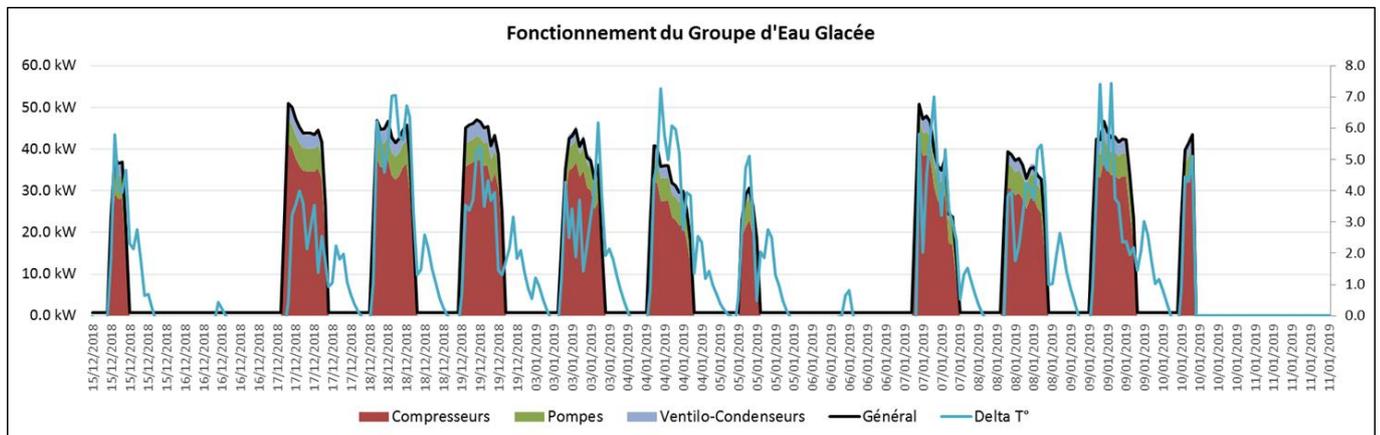


Figure 31 – Synthèse du fonctionnement du GEG D

Les courbes de charge montrent l'absence totale de charge résiduelle la nuit et le weekend, preuve d'une programmation efficace de l'équipement de climatisation.

Conclusion sur l'installation GEG D :

Manquant de flexibilité comme la plupart des GEG rencontrés, à débit fixe, **l'installation est pourvue de compresseurs de puissance unitaire un peu élevée.** L'évolution du Delta T suppose que la machine délivre une puissance frigorifique adaptée aux besoins réels du volume à rafraîchir. **La présence d'un plus petit compresseur, d'une quinzaine de kWé, permettrait de lisser la production.**

Le pilotage et la programmation de l'installation sont en revanche irréprochables.

7.2.1.5. Synthèse des GEG de l'échantillon

Les chapitres précédents ont montré quelques tendances rencontrées sur le fonctionnement des générateurs d'eau glacée rencontrés. Le tableau ci-après synthétise les tendances de façon qualitative, et précise la charge résiduelle du poste climatisation des sites concernés.

Tableau 25 – Synthèse des observations relatives au fonctionnement des GEG

Site GEG	Pilotage	Régulation	Dimensionnement	Charge Résiduelle Clim %	Commentaire
A	✘	⚠	⚠	69%	Absence totale de coupure la nuit
B	✔	⚠	✘	36%	Charge résiduelle le samedi liée à une activité voisine
C	✔	✔	✔	40%	Charge résiduelle entièrement liée aux émetteurs non éteints
D	✔	✔	✔	16%	Petite charge résiduelle liée aux circulateurs non coupée
E	✔	⚠	✔	18%	Automate d'origine shinté (rongeurs), remplacé par thermostat digital
F	⚠	✔	⚠	42%	Fonctionnement bridé mais non coupé la nuit
G		✘		18%	
H	✘	✘	✘	62%	Pas de programmation, pics de charges importants
I				0%	
J				32%	
K	✔	✔	✔	2%	Programmation efficace, matériel en très bon état. Régulation Cascade TOR mais bien dimensionné
L	✘	✘	✘	86%	Pas de programmation, fonctionnement continu et saccadé
M	✘	✘	⚠	94%	Absence de pilotage du générateur et des auxiliaires, fonctionnement continu
N	✘	⚠	✘	100%	Absence de pilotage du générateur et des auxiliaires, fonctionnement continu
O	⚠	✘	✘	90%	Absence de programmation, fonctionnement continu
P	⚠	⚠	⚠	41%	Fonctionnement bridé mais non coupé la nuit

Nota : la charge résiduelle affichée prend également en compte les éventuels climatiseurs individuels dont le fonctionnement est souvent continu dans les locaux techniques.

Les informations récoltées pour les installations I et J ne suffisent pas à émettre un avis sur le dimensionnement, le pilotage et la régulation des équipements de climatisation.

Après analyse des données disponibles, seules les installations C, D et K semblent être adaptées aux besoins et gérées de façon exemplaire.

7.2.1.6. Bilan énergétique des GEG

Le tableau ci-dessous donne les consommations des sites équipés de générateurs d'eau glacée. Il rappelle également les principaux indicateurs (ratios surfacique et par occupant), et donne un aperçu de l'énergie « perdue » à cause des consommations résiduelles de climatisation.

Le taux de valorisation de l'énergie du site, indicateur global incluant également l'éclairage, est également donné à titre indicatif.

Tableau 26 – Eléments de bilan énergétique des sites équipés de GEG

Site GEG	kWh site	kWh/m ² /an site	kWh/salarié/an site	% Clim	kWh "perdus" clim	% Ecl	Charge résid. Ecl	Taux de Valorisation Energie Site
A	116 597	100	2 712	67%	18 105	7%	14%	0.53
B	116 142	109	1 223	51%	7 162	8%	7%	0.81
C	39 976	44	999	64%	3 437	18%	92%	0.58
D	3 314	43	104	60%	107	32%	100%	0.58
E	77 932	101	1 948	80%	3 769	3%	58%	0.84
F	184 499	104	3 690	75%	19 520	11%	21%	0.66
G	50 611	78	1 446	85%	2 601	7%	5%	0.84
H	103 705	84	1 347	89%	19 220	6%	25%	0.43
I	49 904	91	4 537	47%	0	15%	6%	0.99
J	188 438	130	3 426	58%	11 747	13%	80%	0.71
K	84 635	65	1 459	48%	273	17%	5%	0.98
L	68 480	105	2 536	71%	14 044	13%	7%	0.38
M	141 462	149	6 430	71%	31 711	14%	15%	0.31
N	246 005	126	2 733	76%	62 797	4%	5%	0.24
O	107 668	224	3 076	77%	25 061	3%	19%	0.30
P	513 156	152	2 112	83%	58 653	12%	62%	0.59

Selon les sites, **des volumes annuels compris entre 10 et 62 MWh d'électricité finale (!) sont consommés en dehors des horaires d'occupation des locaux**, à des moments où la climatisation de confort ne bénéficie à personne.

Si l'on convient que ces valeurs sont légèrement majorées du fait de l'inclusion des charges résiduelles destinées au rafraîchissement des locaux techniques, le gisement d'économie d'énergie sur le poste climatisation est édifiant pour l'ensemble des sites équipés de générateurs d'eau glacée.

Pour certains de ces sites, on lit d'ailleurs des taux de valorisation de l'ordre de 0,3, **signifiant qu'à peine 30% de l'énergie active achetée au réseau EDF est en réalité bien consommée à des fins utiles** et justifiables.

Le gain économique par site n'est pas précisé ici. En première approche, l'application du coût moyen de l'électricité de l'échantillon **chiffre l'enveloppe « énergie perdue » à hauteur de 49 k€ TTC pour l'ensemble de ces 16 sites.**

7.2.2. Sites équipés de VRV

Les 8 sites équipés de VRV sont par la suite dénommés de manière anonyme de A' à H'.

Ces équipements n'ont pas été instrumentés avec le même détail que les GEG. Les courbes de charges de chacune des installations sont affichées dans les rapports individuels.

De manière générale, la régulation des groupes VRV est efficace et permet d'ajuster avec réactivité la production frigorifique aux besoins réels dans les locaux.

Relativement récentes, les installations semblent correctement dimensionnées, ou ne présentent pas de signes du contraire. Le pilotage des équipements reste toutefois problématique, avec l'observation de consommations résiduelles la nuit ou le weekend pour la plupart des sites.

Tableau 27 – Synthèse des observations relatives au fonctionnement des VRV

Site VRV	Pilotage	Régulation	Dimensionnement	Commentaire
A'	✘	✔	✔	Pas d'arrêt la nuit ni le weekend
B'	⚠	✔	✔	
C'	✔	✔	✔	
D'	⚠	✔	✔	Quelques consommations le weekend
E'	✔	✔	✔	
F'	⚠	✔	✔	Charge résiduelle importante le weekend
G'	⚠	✔	✔	Emetteurs coupés en inoccupation, pas la production
H'	⚠	✔	✔	Charge résiduelle non négligeable le weekend

Bilan énergétique des VRV :

Le tableau ci-dessous donne les consommations des sites équipés de groupes à Volume de Réfrigérant Variable. Il rappelle également les principaux indicateurs (ratios surfacique et par occupant), et donne un aperçu de l'énergie « perdue » à cause de les consommations résiduelles de climatisation.

Le taux de valorisation de l'énergie du site, indicateur global incluant également l'éclairage, est également donné à titre indicatif.

Tableau 28 – Eléments de bilan énergétique des sites équipés de VRV

Site VRV	kWh site	kWh/m ² /an site	kWh/salarié/an site	% CLIM	kWh "perdus" CLIM	% ECL	Charge résiduelle ECL	Taux de Valorisation Energie Site
A'	16 245	57	542	80%	3 099	4%	1%	0.43
B'	160 302	158	2 466	6%	905	4%	1%	0.98
C'	54 568	57	1 819	70%	1 411	16%	10%	0.91
D'	57 598	170	2 618	72%	-	8%	25%	-
E'	45 310	70	1 295	38%	3 643	28%	48%	0.63
F'	563 705	145	10 249	63%	84 690	20%	20%	0.51
G'	83 958	122	-	54%	4 264	13%	79%	0.75
H'	202 619	135	2 251	21%	5 431	8%	14%	0.91

Selon les sites, **des volumes annuels compris entre 1 et 85 MWh d'électricité finale (!) sont consommés en dehors des horaires d'occupation des locaux**, à des moments où la climatisation de confort ne bénéficie à personne.

Si l'on convient comme pour les GEG que ces valeurs sont légèrement majorées du fait de l'inclusion des charges résiduelles destinées au rafraîchissement des locaux techniques, le gisement d'économie d'énergie sur le poste climatisation est très important pour l'ensemble des sites équipés de groupes à volume de réfrigérant variable.

Les taux de valorisation de l'énergie sont globalement meilleurs pour les sites équipés de VRV que ceux équipés de GEG, en moyenne de l'ordre de 73%. Cela signifie tout de même que **plus d'un quart de l'électricité achetée à EDF est virtuellement perdue**.

Le gain économique par site n'est pas précisé ici. En première approche, l'application du coût moyen de l'électricité de l'échantillon **chiffre l'enveloppe « énergie perdue » à hauteur de 18 k€ TTC pour l'ensemble de ces 8 sites**.

7.3. ENJEUX ET RECOMMANDATIONS

Une série d'enjeux liés à la climatisation découle naturellement des observations précédentes :

- Fort enjeu sur le bilan énergétique des sites
- Enjeu sur le bilan énergétique de l'ensemble du parc tertiaire à La Réunion

Recommandation n°1 : déploiement d'un plan d'actions visant à mettre le consommateur au cœur de cet enjeu :

- *Sensibilisation*
- *Formation*
- *Responsabilisation*
- *Suivi & accompagnement*

- Enjeu sur la pérennité des installations de climatisation
- Fort enjeu économique pour les sites
 - D'une part lié à l'énergie consommée et achetée pour l'exploitation des équipements ;
 - D'autre part lié à l'entretien et au renouvellement des équipements dont l'usure est accélérée dans les cas où le surdimensionnement ou une mauvaise régulation entraîne un fonctionnement saccadé.

La recommandation n°1 doit permettre au consommateur de repérer d'éventuelles dérives et de dialoguer avec son prestataire d'exploitation maintenance pour veiller à pérenniser l'installation et optimiser son efficacité.

- Enjeu pour le réseau électrique réunionnais

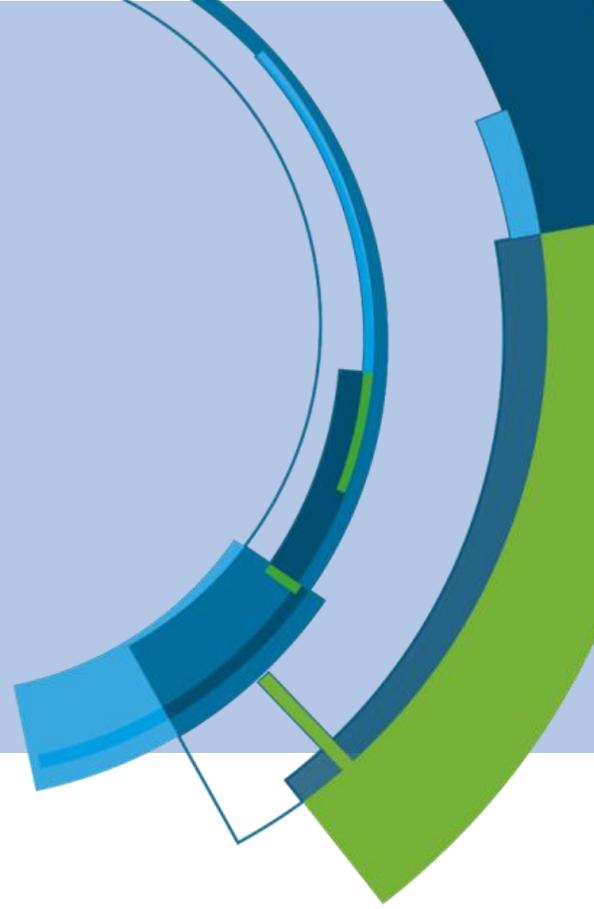
Une meilleure régulation et un meilleur pilotage de l'ensemble des systèmes de climatisation du territoire permettraient d'atténuer les importants pics de charges régulièrement constatés en début de matinée, qui coïncident avec une période de pointe pour le réseau d'EDF SEI.

Recommandation n°2 : identifier les bonnes pratiques en termes de dimensionnement, les bons équipements de pilotage et régulation. La mise en place d'équipements performants, mais aussi fiables dans le temps et simple à exploiter, constitue un des maillons manquant à l'assouplissement du stress engendré par la climatisation sur le réseau électrique réunionnais.

- Enjeu pour la crédibilité de la filière CVC réunionnais, et notamment des exploitants et mainteneurs

La responsabilité des exploitants auprès de leurs clients ne doit pas être oubliée. Le maintien du fonctionnement dégradé d'une installation, engendrant par exemple une usure prématurée des compresseurs, ne doit pas être favorisé. L'absence d'automate fonctionnel sur plusieurs installations visitées témoigne d'un manque de proactivité pour éviter ce type de problèmes à moyen terme.

La recommandation n°2 doit permettre de hisser tous les professionnels réunionnais du secteur au même niveau d'exigence et de proactivité. La généralisation de contrats d'exploitation de type Performance est également une solution envisageable.



C. VERS DES BATIMENTS TERTIAIRES PEU ENERGIVORES

8. FOCUS SUR UN MAUVAIS EXEMPLE

8.1. CARACTERISATION DU BATI

Le bâtiment, situé à environ 20m d'altitude, est un immeuble contemporain accueillant sur deux niveaux environ 480m² de bureaux. Le site fonctionne indifféremment en semaine et ferme le weekend.

- Situation géographique de l'établissement : *Rural*
- Architecture principale de l'établissement : *Immeuble*
- Année de construction : *Inconnue ; < 2000*
- Performance hygrothermique :

L'enquête de confort menée auprès des occupants donne totale satisfaction quant au confort hygrothermique au sein des locaux, été comme hiver.

Ce dernier est assuré par un système de climatisation centralisé de type générateur d'eau glacée.

- Type de toiture majoritaire : *Rampants*
- Composition des façades : *Béton*
- Isolation générale du bâti : *Aucune*
- Etanchéité à l'air : *Moyenne*
- Type de menuiseries : *Aluminium ; Simple vitrage*
- Mode d'ouverture majoritaire des menuiseries : *Coulissant*
- Particularités :

Elément du bâti	Illustration	Commentaire
Débords de toiture		<p>Le bâti est doté de débords de toitures sur toutes ses façades.</p> <p>Ces derniers sont en revanche largement sous-dimensionnés, notamment pour la façade Est, particulièrement exposée et ne bénéficiant d'aucune protection naturelle le matin.</p>

<p>Lames horizontales</p>		<p>Le bâtiment est équipé de lames horizontales fixes au droit de toutes les baies vitrées.</p> <p>Ces dernières constituent la seule protection solaire efficace, même si l'inclinaison et l'espacement des lames semblent identiques en façades Est et Ouest, témoignant d'un manque de précision lors de la conception ou de la réalisation.</p>
----------------------------------	---	---

■ Comportement global du bâti :

L'absence d'isolation, la forte inertie apportée par la structure béton, et l'absence de protections solaires pour les façades engendrent une importante montée en température du bâti, particulièrement l'été. Les seules lames horizontales au niveau des baies vitrées ne suffisent pas à protéger efficacement l'édifice.

Le confort hygrothermique repose donc intégralement sur la climatisation active, utilisée toute l'année.

8.2. CARACTERISATION DES EQUIPEMENTS

8.2.1. Climatisation

- Type de climatisation : *Centralisée ; GEG*
- Type d'émetteurs : *Ventilo-convecteur*
- Présence de climatiseurs individuels : *Oui ; split system*
- Contrat de maintenance : *Corrective*
- Etat général des équipements : *Satisfaisant*
- Système de régulation : *TOR ; débit fixe V3V*
- Détails équipement VRV : *42 kWfroid / 13 kWé*
EER constructeur : 3.23

Performance globale des systèmes de climatisation :	Médiocre	105 kWh/m²/an
---	-----------------	---------------------------------



Figure 32 – Aperçu du GEG (à gauche) et d'un émetteur associé (à droite)

Le système de climatisation est complété par une VMC.

Sont présentés ci-après les courbes de charges issues de la campagne d'instrumentation pour le poste climatisation du site.

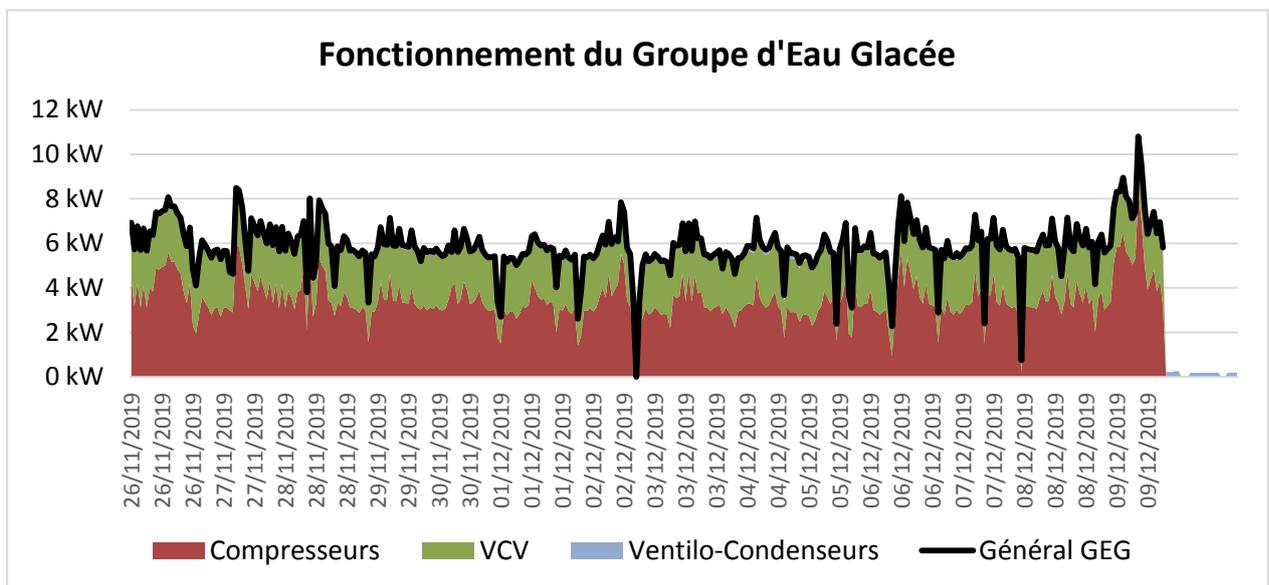


Figure 33 – Courbe de charge de la climatisation centralisée : compresseurs / condenseurs / ventilo-convecteurs

Les courbes de charges correspondent à un usage en demi-saison, début d'été.

La première observation est le fonctionnement quasi continu des compresseurs et émetteurs. La part des ventilo-condenseurs est très faible. Il en résulte une courbe de charge moyenne très saccadée, non différenciée le weekend, avec des charges de plusieurs kW la nuit.

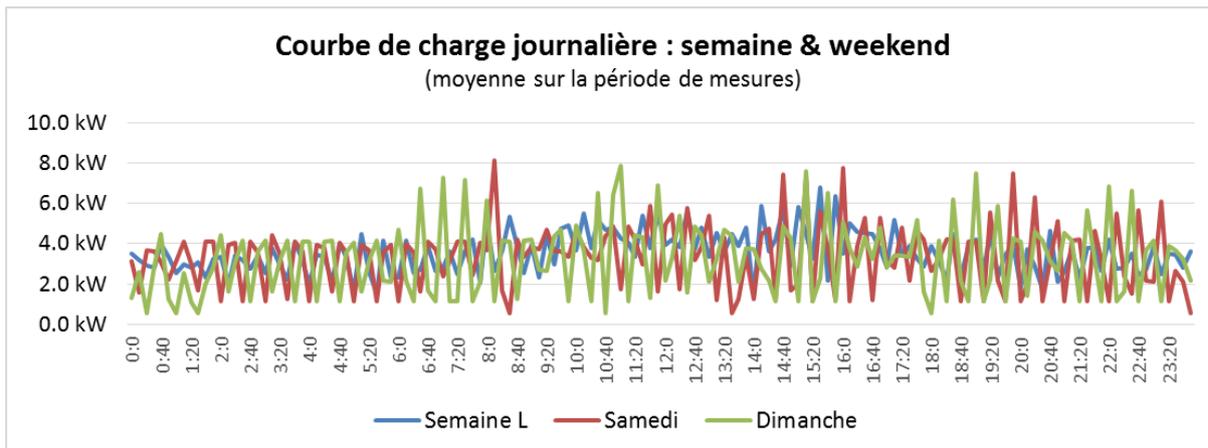


Figure 34 – Courbe de charge moyenne de la climatisation centralisée

Conclusion sur le poste climatisation :

Les locaux audités sont dotés d'un générateur d'eau glacée en bon état, mais dont l'absence totale de pilotage est criante. Aucune coupure nocturne n'est constatée au niveau de la production et de l'émission dans les locaux. L'installation à débit fixe ne permet d'ailleurs pas d'ajuster au mieux la production aux besoins réels, bien que l'absence de mesures de delta T ne permette pas de le vérifier.

8.2.2. Eclairage

L'éclairage des bureaux est exclusivement assuré par des luminaires de type T8.

- Technologie des luminaires : *T8*
- Type de pilotage bureaux : *Interrupteurs classiques*
- Type de pilotage parties communes : *Détecteurs de présence*
- Etat général des systèmes d'éclairage : *Bon*
- Particularités :

Les apports en lumière naturelle dans les bureaux sont globalement bons, réduisant le recours aux luminaires.

Performance globale des systèmes d'éclairage :	Très Performant	6.7 kWh/m²/an
--	------------------------	---------------------------------

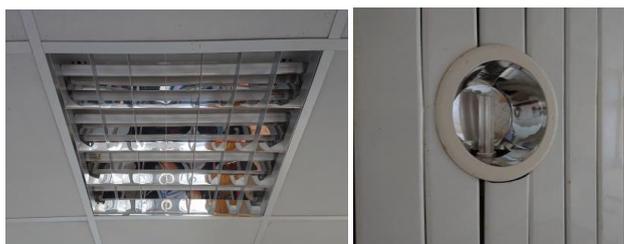


Figure 35 – Aperçu de néons T8 et d'une fluocompacte équipant les locaux

Conclusion sur le poste éclairage :

Les locaux sont naturellement lumineux et réduisent ainsi les besoins en éclairage artificiel. Les luminaires installés, peu performants, sont relativement peu utilisés, d'où une performance globalement bonne pour le poste éclairage du site.

8.2.3. Informatique

Les locaux sont équipés de nombreux appareils informatiques, y-compris serveur et onduleur dont les puissances n'ont pu être relevées au cours des visites.

- Type d'écran majoritaire : *LCD >19"*
- Présence d'onduleurs : *Oui ; puissance inconnue*
- Présence de serveurs : *Oui ; puissance inconnue*

Performance globale des systèmes informatiques :	Correcte	44 kWh/m²/an
--	-----------------	--------------------------------

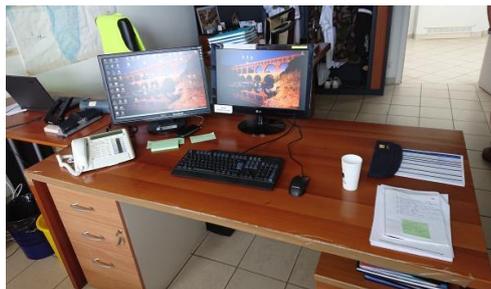


Figure 36 – Aperçu d'un poste de travail

Une partie des équipements est branchée sous onduleur. La courbe de charge de ce dernier est donnée ci-dessous.

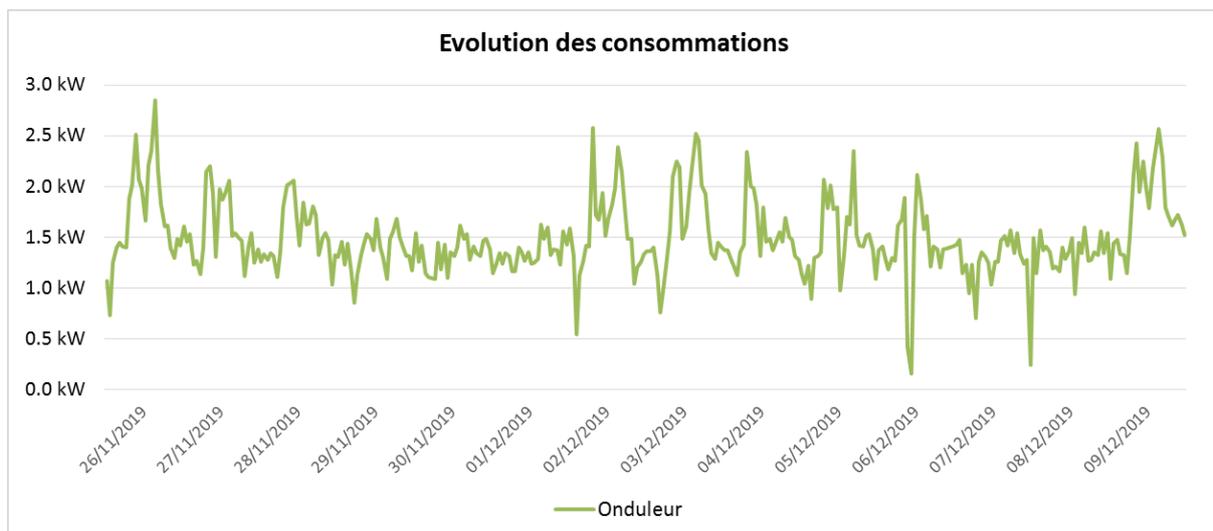


Figure 37 – Courbe de charge Onduleur

Les courbes relevées montrent une puissance résiduelle comprise entre 1.2 et 2 kW.

Conclusion sur le poste informatique :

Le site est doté d'une forte densité d'équipements, qui expliquent en grande partie les fortes consommations relevées sur ce poste. L'absence de coupure de certains équipements la nuit serait à vérifier et corriger.

8.3. BILAN ENERGETIQUE

Ci-après les principaux ratios de consommation reconstitués pour le site en question.

Tableau 29 – Bilan énergétique du site « bon exemple »

Poste de consommation	Ratio kWh/m ² SU/an	Ratio médian échantillon	Ratio kWh/salarié/an	Ratio médian échantillon
Climatisation	175	50	2 368	-
Eclairage	6.7	14	92	-
Informatique	45	15	615	-
Total	224	104	3 076	1 996

Le ratio global est très largement supérieur à la moyenne de l'ensemble de l'échantillon, proche de celui d'un bâtiment tertiaire en métropole avec d'importantes consommations de chauffage.

Les ratio par salariés sont également élevés, mais restent dans la fourchette haute de l'échantillon, atténués par une faible densité d'occupation, qui contraste d'ailleurs avec le nombre important d'équipements informatiques.

9. FOCUS SUR UN BON EXEMPLE

9.1. CARACTERISATION DU BATI

Le bâtiment, situé à environ 50m d'altitude, a été construit après 2010 suivant une démarche de performance énergétique et environnementale. Les locaux audités concernent un plateau de bureaux d'environ 400 m².

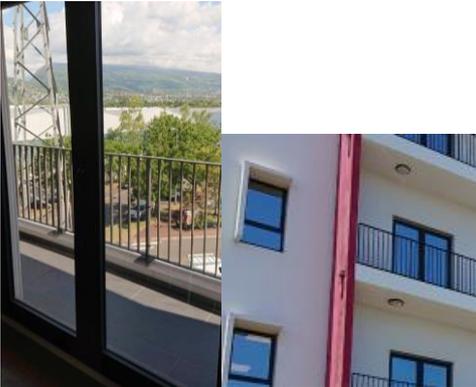
- Situation géographique de l'établissement : *Péri urbain*
- Architecture principale de l'établissement : *Immeuble*
- Année de construction : *2016*
- Performance hygrothermique :

L'enquête de confort menée auprès des occupants donne totale satisfaction quant au confort hygrothermique au sein des locaux, été comme hiver.

Ce dernier est assuré en premier lieu par l'architecture du bâtiment et les protections dont il est doté, et complété par un système de climatisation actif centralisé de type VRV, commun à tout le bâtiment.

- Type de toiture majoritaire : *Terrasse*
- Composition des façades : *Béton*
- Isolation générale du bâti : *Toiture*
- Etanchéité à l'air : *Moyenne*
- Type de menuiseries : *Aluminium ; Simple vitrage*
- Mode d'ouverture majoritaire des menuiseries : *Battant*
- Particularités :

Tableau 30 – Particularités du bâti

Élément du bâti	Illustration	Commentaire
<p>Coursives extérieures</p>		<p>L'externalisation des coursives du bâtiment a pour intérêt :</p> <ul style="list-style-type: none"> - De réduire la surface climatisée ; - De réduire les apports solaires sur les parois adjacentes aux zones climatisées ; - Dans le cas présent, d'assurer une bonne ventilation naturelle dans ces zones de transit.
<p>Débords de toitures / Casquettes</p>		<p>Le bâtiment est doté de nombreuses casquettes et de débords de toiture ou de terrasses, plus ou moins bien dimensionnés.</p> <p>Ci-contre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un aperçu de l'ombre portée d'un débord de toiture en façade Ouest ; - Un aperçu des casquettes verticales/horizontales mises en œuvre et des débords de balcons en façade Nord. <p>Le dimensionnement des casquettes côté Nord semble perfectible, mais est compensé par une autre mesure.</p>
<p>Films réfléchissants</p>		<p>Une partie des vitrages est équipée de films de protection, notamment en façade Nord. L'intérêt de cet équipement est double :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réduire le rayonnement direct (longueurs d'ondes IR) - Laisser filtrer l'éclairage diffus pour garantir un bon apport en lumière naturelle dans les locaux. <p>Le reflet de l'environnement extérieur au droit de ces vitrages est visible ci-contre.</p>
<p>Lames horizontales fixes</p>		<p>Le bâtiment est doté de lames horizontales orientées, fixes, au droit des baies vitrées en façades Ouest, Est et une partie de la façade Nord.</p> <p>Ci-contre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Aperçu de lames de petite dimension, avec faible espacement, depuis une circulation extérieure : ces dernières forment ainsi des ventelles qui assurent la ventilation naturelle de la zone ; - Aperçu de lames horizontales de taille moyenne, plus espacées, depuis un bureau ; - Aperçu depuis l'extérieur des lames donnant sur des bureaux (façade Est).

- Comportement global du bâti :

L'isolation de la toiture, les protections solaires des façades et des baies coupent une bonne partie des apports solaires directs. Les circulations extérieures jouent un rôle « tampon », leurs nombreuses ouvertures favorisant les échanges convectifs et le renouvellement d'air dans ces espaces.

Des jalousies et menuiseries coulissantes permettent une ventilation traversante l'hiver et en demi-saison, retardant le recours à la climatisation active.

9.2. CARACTERISATION DES EQUIPEMENTS

9.2.1. Climatisation

- Type de climatisation : *Centralisée ; VRV*
- Type d'émetteurs : *Cassettes*
- Présence de climatiseurs individuels : *Oui ; split system*
- Contrat de maintenance : *Préventive*
- Etat général des équipements : *Neuf*
- Système de régulation : *Inverter*
- Détails équipement VRV : *33.5 kWfroid / 9.23 kWé*
EER constructeur : 3.63
Fluide : R410a
Année fabrication : 11/2015

Performance globale des systèmes de climatisation : **Très Performant** **33.1 kWh/m²/an**



Figure 38 – Aperçu des groupes VRV (à gauche) et émetteurs associés (à droite)

Sont présentés ci-après les courbes de charges issues de la campagne d'instrumentation pour le poste climatisation du site.

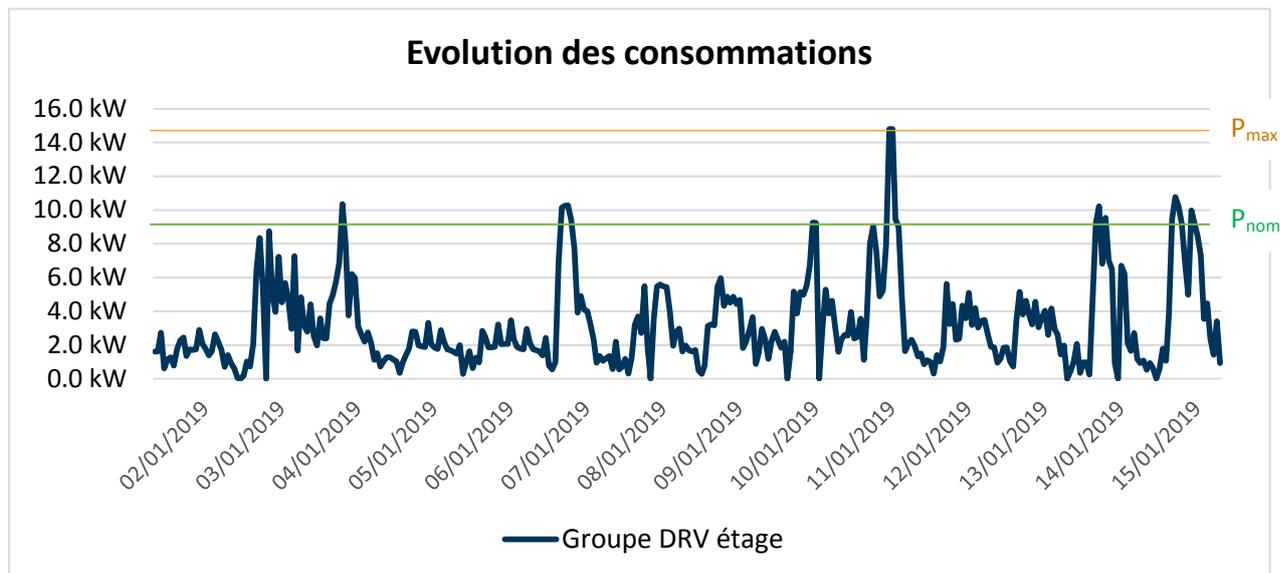


Figure 39 – Courbe de charge de la climatisation centralisée (production + distribution) commune à tout l'étage de l'immeuble

Pour rappel, les locaux étudiés sont un plateau de bureau d'environ 300m² au premier étage d'un immeuble en R+3.

La campagne, réalisée en plein été, donne plusieurs vecteurs d'analyse :

- Le groupe VRV dépasse rarement les 9kW, même en pointe, et n'atteint qu'une fois sa puissance maximale le 11 janvier. Cela laisse supposer qu'il est **correctement dimensionné** au regard des besoins des locaux rafraîchis (puissance nominale 9,23 kWé ; puissance max 14.6 kWé). Cela signifie par ailleurs que le groupe fonctionne la plupart du temps (en été) à un **taux de charge auquel il est performant**, avec un EER constructeur annoncé jusqu'à 3.63, bien supérieur à nombres d'installations.
- Quelques pics sont visibles au sein de chaque journée, mais relativement peu marqués (en comparaison à ce qu'on lit sur la courbe de charge d'un GEG par exemple). Cela atteste du bon fonctionnement du système, à débit de réfrigérant variable, qui adapte sa charge au besoin en temps réel, grâce à une régulation type *Inverter*.
- Les consommations chutent la nuit, mais quelques centaines de Watts résiduels restent visibles, signes de **l'absence de programmation horaire d'une coupure nette en dehors des horaires d'occupation** des locaux de l'étage.

Le graphe suivant focalise l'analyse sur le « départ climatisation » des locaux audités, qui centralise les quelques climatiseurs individuels de type split system et les émetteurs intérieurs du système centralisé.

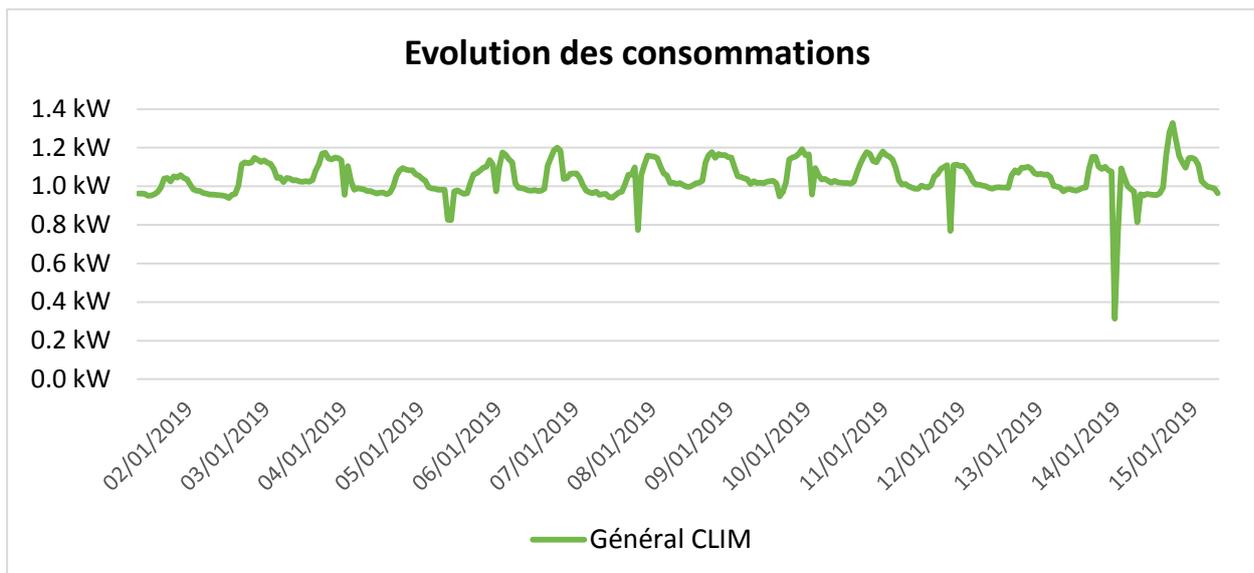


Figure 40 – Courbe de charge des émetteurs au sein des locaux étudiés : cassettes + splits

Au cours de la période instrumentée, la faible amplitude des puissances relevées sur ce départ ne permet pas de commenter avec certitude ces observations. L'analyse la plus vraisemblable, corroborée par l'enquête réalisée auprès des usagers, est la suivante :

- **Fonctionnement continu des 2 split systems dans les locaux techniques**, correspondant au seuil d'environ 1kW observé ci-dessus ;
- Appels de puissance compris entre 120 et 300W pour les cassettes diffusant la climatisation dans les bureaux ;
- **Coupe de l'ensemble des cassettes en dehors des horaires d'occupation** des locaux.

La chute de puissance observée le 14 janvier correspond probablement à la coupure des splits à l'occasion d'une maintenance, les cassettes restant actives avec une puissance appelée de l'ordre de 300W ce jour.

Conclusion sur le poste climatisation :

Les locaux audités sont dotés d'équipements modernes et performants, dont la technologie permet facilement une régulation précise et efficace. La présence de consommations résiduelles au niveau du groupe extérieur est regrettable, et semble ne pas dépendre uniquement des occupants de la société étudiée. Le pilotage des émetteurs semble en revanche irréprochable ; un léger gain serait peut-être envisageable en jouant sur la consigne des splits dans les locaux techniques.

9.2.2. Brassage d'air

Un grand nombre de brasseurs d'airs est déployé au sein des locaux.

De tailles et formes différentes, ils offrent aux occupants un moyen efficace de maintien du confort thermique dans les bureaux en maximisant les échanges convectifs au contact de la peau, et repoussant la sensation d'inconfort de quelques degrés. Aucune mesure de vitesse d'air n'a été effectuée dans le cadre de cette mission, ne permettant pas de quantifier l'effet de ces équipements sur la température de confort.

Ci-après quelques photos des brasseurs d'air.



Figure 41 – Aperçu de 2 brasseurs d'air équipant les locaux (en bureau à gauche, en espace commun à droite)

9.2.3. Eclairage

L'éclairage des bureaux est exclusivement assuré par des luminaires de type LED ou fluocompacte.

- Technologie des luminaires : *LED ; fluocompacte*
- Type de pilotage bureaux : *Interrupteurs classiques*
- Type de pilotage parties communes : *Détecteurs de présence*
- Etat général des systèmes d'éclairage : *Neuf*
- Particularités :

Les besoins en éclairage des circulations externalisées sont réduites, étant donné l'abondant apport en lumière naturelle.

Quelques oublis d'extinction de luminaires dans les salles de réunion sont signalés, mais demeurent marginaux.

Performance globale des systèmes d'éclairage :	Très Performant	1.6 kWh/m²/an
--	------------------------	---------------------------------

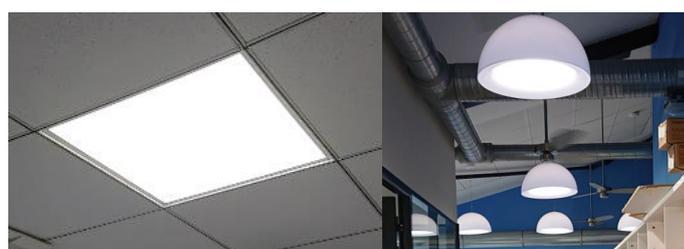


Figure 42 – Aperçu d'un pavé LED et d'une lampe LED classique équipant les locaux

Conclusion sur le poste éclairage :

Les locaux sont équipés de luminaires neufs et performants, très majoritairement de type LED. La détection de présence dans les espaces communs, et la bonne sensibilisation des salariés permettent d'éviter toute dérive.

9.2.4. Informatique

Les équipements informatiques des locaux sont globalement très récents. Le site est doté de 2 onduleurs et de 2 serveurs.

- Type d'écran majoritaire : *LCD >19"*
- Présence d'onduleurs : *Oui ; puissance inconnue*
- Présence de serveurs : *Oui ; puissance inconnue*

Performance globale des systèmes informatiques : **Très Performant** **6.8 kWh/m²/an**

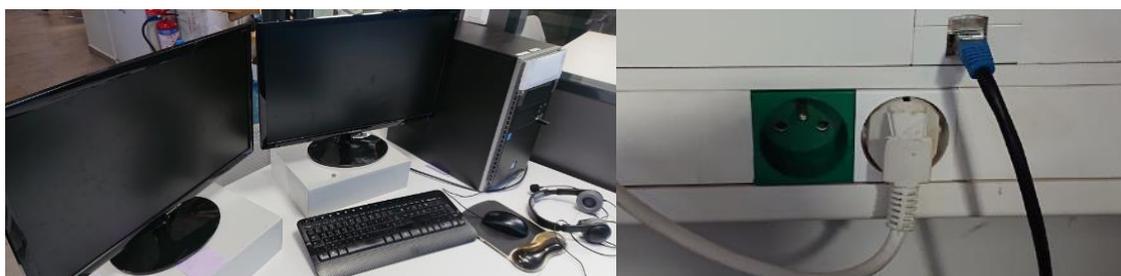


Figure 43 – Poste de travail et prises courant (y-c prise verte)

Le plateau de bureaux dispose de prises classiques et de prises vertes qui se coupent automatiquement en période d'inoccupation des locaux. Le graphe ci-après décompose les consommations de ces prises.

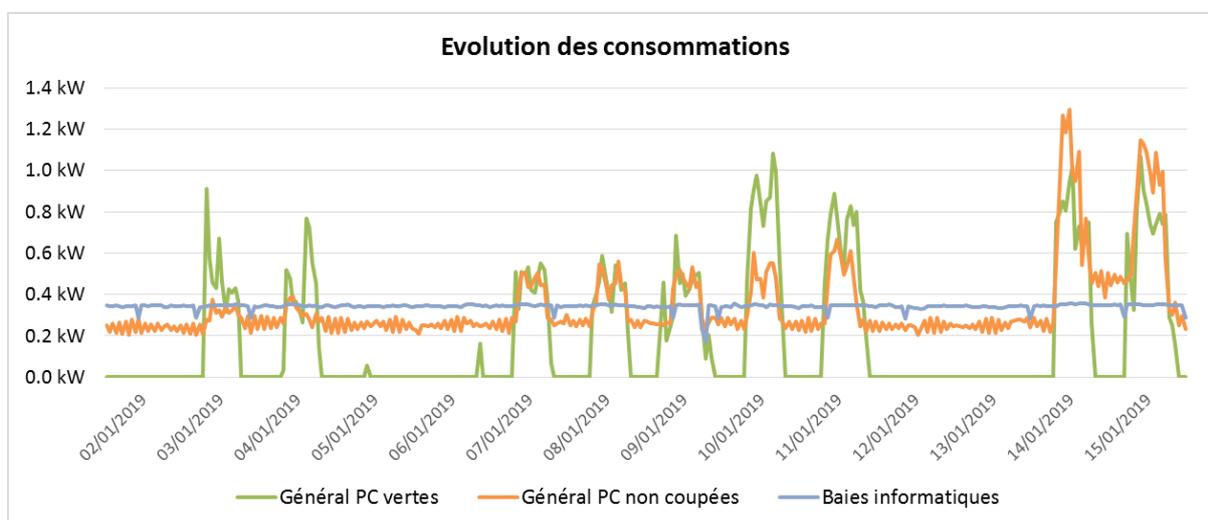


Figure 44 – Courbe de charge Informatique : prises vertes, prises classiques, baies informatiques

Les courbes relevées confirment la coupure systématique des équipements branchés sur prise verte, correspondant aux usages des salariés (bureautique, photocopieurs, etc). Les prises non coupées mettent en jeu une puissance résiduelle constante d'environ 230 W ; les baies informatiques une charge constante d'environ 330 W.

Conclusion sur le poste informatique :

Le site est doté d'équipements récents, et surtout de **prises différenciées permettant la coupure automatique d'une partie des appareils**. Il semble difficile d'optimiser davantage ce poste de consommation, à puissance installée égale.

9.3. BILAN ENERGETIQUE

Ci-après les principaux ratios de consommation reconstitués pour le site en question.

Tableau 31 – Bilan énergétique du site « bon exemple »

Poste de consommation	Ratio kWh/m ² SU/an	Ratio médian échantillon	Ratio kWh/salarié/an	Ratio médian échantillon
Climatisation	45.3	50	430	-
Eclairage	2.3	14	22	-
Informatique	9.8	15	90	-
Total	57.4	104	542	1 996

Bien que le ratio surfacique pour la climatisation semble perfectible, étant donné les nombreuses possibilités offertes par le bâtiment (ventilation naturelle, brasseurs), les résultats pour ce site sont globalement très bons.

Notons par ailleurs qu'en incluant dans la surface utile les parties de circulations extérieures et adjacentes aux locaux, le ratio global de consommation serait de l'ordre de 31 kWh/m²/an, parmi les meilleurs de la campagne d'audits réalisés à La Réunion, et largement inférieur à la moyenne.

10. SYNTHÈSE DES BONNES PRATIQUES

Sont repris dans cette partie les bons exemples répertoriés au cours de la campagne d'audits.

■ Bonnes pratiques sur la conception du bâti

- **Dimensionnement adapté des protections solaires des façades** : *ces dernières souvent trop souvent oubliées ou mal dimensionnées*
- **Externalisation des circulations et de certains espaces communs** : *réduction des besoins en climatisation notamment*
- Porosité, ouvertures, orientation pensées pour **permettre une ventilation naturelle** : *réduction des besoins en climatisation l'hiver et en demi-saison*

■ Bonnes pratiques relatives au choix des équipements électriques

- Mise en place de **brasseurs d'airs à variateurs de vitesse**
- **Dans certains cas, utilisateurs bien sensibilisés** ; usage des brasseurs avant de recourir à la climatisation, bon usage des protections solaires adéquates, etc : *comportements à généraliser*
- A défaut de posséder des équipements performants et « flexibles » (notamment pour la climatisation), **mise en place d'un suivi précis des consommations** :
 - Adapter le taux de charge (nombre de compresseurs par exemple)
 - Vérification / Mise en place d'une programmation horaire sur les compresseurs ET les émetteurs
 - Etc
- Mise en place de **détecteurs de présences pour le pilotage de l'éclairage dans les communs**
- Mise en place de **prises différenciées pour les équipements informatiques à couper hors occupation**

■ Bonnes pratiques d'ordre général

- Simplifier, sectoriser, **bien identifier son architecture électrique** : cela permet de suivre au plus près les consommations et simplifie la mise en place et le suivi d'optimisations.

11. QUELS LEVIERS POUR TENDRE VERS EFFICACITE ET SOBRIETE ENERGETIQUE DANS LE TERTIAIRE A LA REUNION ?

L'étude sur les consommations d'électricité dans les bâtiments tertiaires de type bureaux à La Réunion livre un bilan qui place le consommateur, le salarié, au cœur des enjeux.

Ce chapitre donne quelques recommandations d'actions à l'échelle du territoire réunionnais pour effacer progressivement les mauvaises pratiques, et tendre vers un parc tertiaire sobre et efficace.

■ Sensibilisation à grande échelle

*Recommandation : déploiement d'un plan d'actions visant à **mettre le consommateur au cœur de cet enjeu** :*

- *Sensibilisation*
- *Formation*
- *Responsabilisation*

Résultats attendus :

- *Disparition progressive des mauvaises pratiques de réglage des consignes de climatisation*
- *Prise de conscience générale de l'impact de l'employé sur les consommations du site qui l'emploie*
- *Répercussion des pratiques inculquées dans l'éducation au sein des foyers*

■ Implication des gestionnaires dans la maîtrise de leurs consommations

*Recommandation : déploiement d'un plan d'actions visant faire **monter en compétence les gestionnaires** :*

- *Sensibilisation : démontrer par l'exemple au responsable du site l'impact de la gestion des équipements sur le bilan et la facture énergétique*
- *Formation de base sur la climatisation et l'importance de la programmation (horaire, température de consigne, etc)*
- *Responsabilisation : inciter le gestionnaire à un meilleur suivi de ses équipements*
- *Suivi & accompagnement : conseiller le gestionnaire en proie à des interrogations lors de ses échanges avec son prestataire d'exploitation maintenance pour les équipements de climatisation*

Résultats attendus :

- *Mise en place plus fréquente d'un suivi énergétique au sein des bâtiments*
- *Montée en compétence des gestionnaires sur les sujets techniques, notamment la climatisation*

■ Généralisation des équipements performants et adaptés au territoire

Recommandation :

- *Aiguiller les consommateurs et responsables patrimoines vers les mécanismes de soutien déjà existants sur le territoire pour l'acquisition d'équipements performants*
(exemple : fiches CEE, cadre de compensation, etc)
- *Aiguiller les consommateurs et responsables vers les bons interlocuteurs pouvant les accompagner sur le choix (et le dimensionnement) des équipements à installer.*

Résultats attendus :

- *Disparition progressive des équipements non adaptés ou surdimensionnés, à l'origine de dérives énergétiques difficiles à enrayer.*



ANNEXES



ANNEXE 1 – BASE DE DONNEES ISSUE DE LA CAMPAGNE

n°	Catégorie d'activité	Nombre occupants	Surface utile m²	Conso annuelle kWh	Ratio kWh/m²	Ratio kWh/salarié	Puissance souscrite KVA	Année construction	Performance hygrothermique	Isolation bâti	Protection solaire	Etanchéité à l'air	Conception	Détails	Recommandations MDE
a	Activités d'architecture et d'ingénierie	32	780	3 314	43	104	6	2001	Correcte	Toiture	Variable	Moyenne	RTAA-DOM		
b	Administration publique	13	180	3 436	19	264	9	-	Peu performant	N/A	Variable	Faible	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
c	Activités d'architecture et d'ingénierie	5	100	5 448	54	1 090	9	-	Peu performant	N/A	Faible	Faible	Bâtiment contemporain	Appartement réaménagé	Réduction des apports solaires par la toiture
d	Activités immobilières	20	200	5 749	29	287	18	<1990	Correcte	N/A	Inexistante	Importante	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
e	Administration publique	5	180	6 128	34	1 226	18	-	Peu performant	N/A	Variable	Moyenne	Bâtiment contemporain	Maison réhabilitée en bureaux	Isolation de combles ou de toitures
f	Recherche-développement scientifique	15	223	7 212	32	481	0	2014	Correcte	Toiture et parois verticales	Variable	Moyenne	RTAA-DOM		
g	Administration publique	8	130	8 091	62	1 011	6	-	Peu performant	N/A	Bonne	Faible	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
h	Publicité et études de marché	7	250	10 984	44	1 569	0	-	Performant	Toiture	Bonne	Importante	RTAA-DOM		
i	Activités des sièges sociaux	14	100	15 450	155	1 104	0	-	Peu performant	N/A	Faible	Faible	Bâtiment contemporain		
j	Construction de bâtiments	30	283	16 245	57	542	21	2016	Performant	Toiture	Bonne	Moyenne	Bioclimatique	Coursive d'accès extérieure. Jalousies permettant une ventilation naturelle traversante pendant la saison fraîche.	
k	Activités immobilières	17	335	20 135	60	1 184	36	-	Correcte	N/A	Variable	Importante	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
l	Administration publique	9	160	25 284	158	2 809	200	-	Peu performant	N/A	Inexistante	Moyenne	Bâtiment contemporain	Construction modulaire : algécos	Réduction des apports solaires par la toiture
m	Activités juridiques et comptables	10	350	31 813	91	3 181	0	-	Correcte	Toiture	Bonne	Moyenne	RTAA-DOM	Plateau de bureau semi-enterré	
n	Administration publique et défense	5	663	32 300	49	6 460	0	-	Peu performant	N/A	Inexistante	Moyenne	Bâtiment contemporain		
o	Services financiers et d'assurance	10	400	32 357	81	3 236	30	1988	Correcte	Toiture et parois verticales	Variable	Importante	Bâtiment contemporain		
p	Activités immobilières	33	1023	34 212	33	1 037	36	1997	Correcte	N/A	Inexistante	Importante	Bâtiment contemporain		Déstratificateur ou brasseur d'air
r	Activités immobilières	25	565	36 145	64	1 446	0	-	Correcte	N/A	Faible	Importante	Bâtiment contemporain		Protections des baies contre le rayonnement solaire
s	Administration publique	40	900	39 976	44	999	36	2010	Performant	Toiture	Bonne	Importante	RTAA-DOM		
t	Administration publique	35	650	45310	70	1 295	36	Réhabilitation ~2016	Performant	Toiture et parois verticales	Variable	Importante	Bioclimatique		
u	Administration publique	35	500	46 267	93	1 322	36	1950	Peu performant	Toiture et parois verticales	Variable	Faible	Bâtiment ancien	ERP, plusieurs accès sont maintenus ouverts.	Déstratificateur ou brasseur d'air
v	Administration publique	11	550	49 904	91	4 537	72	-	Correcte	N/A	Bonne	Importante	Bâtiment contemporain	Bâtiment de plein pied	
w	Administration publique	35	650	50 611	78	1 446	54	-	Peu performant	N/A	Variable	Moyenne	Bâtiment ancien		Isolation de combles ou de toitures
x	Activités des sièges sociaux	30	955.18	54 568	57	1 819	36	-	Correcte	N/A	Inexistante	Faible	Bâtiment ancien		Réduction des apports solaires par la toiture
y	Administration publique	22	339	57 598	170	2 618	0	1997	Correcte	Toiture	Variable	Importante	Bâtiment contemporain	Etage entièrement rénové en 2018	Déstratificateur ou brasseur d'air
z	Administration publique	30	600	59 878	100	1 996	0	-	Correcte	N/A	Variable	Moyenne	Bâtiment contemporain		Déstratificateur ou brasseur d'air
aa	Administration publique	8	1000	64 092	49	8 012	60	-	Peu performant	N/A	Inexistante	Importante	Bâtiment ancien		Isolation de combles ou de toitures
ab	Activités immobilières	27	650	68 480	105	2 536	72	2012	Performant	Toiture	Variable	Importante	RTAA-DOM		Protections des baies contre le rayonnement solaire
ac	Administration publique	75	500	68 737	137	916	0	-	Correcte	N/A	Variable	Faible	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
ad	Publicité et études de marché	28	524	69 006	132	2 464	0	-	Performant	Toiture et parois verticales	Variable	Moyenne	RTAA-DOM	Présence d'arbres autour du bâtiment	
ae	Administration publique	40	770	77 932	101	1 948	60	18ème siècle	Performant	N/A	Variable	Moyenne	Bâtiment ancien	Bâtiment A en pierre (bâtiment historique), bâtiment B en ossature bois et bardage métallique. Les 2 bâtiments sont connectés et forment un grand bâtiment	Isolation de combles ou de toitures

n°	% Conso clim	kWh/m²	kWh/salarié	Système Individuel	Etat général	Système Centralisé	Etat général	Régulation de la machine frigorifique	Régulation boucle d'eau (si GEG)	Maintenance	Performance globale clim	Recommandations MDE
a	60%	26	62	-	Satisfaisant	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
b	3%	1	7	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Pas de contrat de maintenance	Très performant	
c	36%	19	389	Split	Dégradé	-	-	Inverter		Pas de contrat de maintenance	Très performant	Climatiseur performant
d	63%	18	181	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
e	28%	10	344	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Très performant	Mise en place d'un suivi de consommations frigorifiques et de performance
f	30%	10	143	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Prédictive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
g	48%	30	484	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Pas de contrat de maintenance	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
h	44%	20	697	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Pas de contrat de maintenance	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
i	37%	58	411	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Prédictive	Correcte	
j	80%	46	432	Split	Neuf	VRV/DRV	Neuf	Inverter		Préventive	Très performant	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
k	62%	37	735	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
l	63%	99	1757	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Pas de contrat de maintenance	Médiocre	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
m	35%	31	1098	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Très performant	
n	45%	22	2932	Split	Satisfaisant	-	-	TOR		Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
o	74%	60	2403	Multisplit	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Correcte	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
p	29%	10	301	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
r	61%	39	878	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Très performant	
s	64%	29	645	-	-	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
t	38%	26	487	Split	Neuf	VRV/DRV	Neuf	Inverter		Corrective	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
u	11%	10	144	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
v	47%	43	2135	-	-	GEG	Dégradé	TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Performant	Programmation d'une rampe de lancement au démarrage
w	85%	66	1226	Split	Satisfaisant	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Correcte	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
x	70%	40	1271	Split	Satisfaisant	VRV/DRV	Satisfaisant	Inverter		Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
y	72%	123	1892	-	-	VRV/DRV	Neuf	Inverter		Préventive	Médiocre	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
z	44%	44	872	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
aa	42%	20	3353	Split	Dégradé	-	-	Inverter		Préventive	Très performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ab	71%	75	1794	Split	Neuf	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Peu performant	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
ac	29%	40	267	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Peu performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ad	38%	50	944	Split	Neuf	-	-	Inverter		Préventive	Correcte	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ae	80%	81	1553	Split	Satisfaisant	GEG	Dégradé	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Pas de contrat de maintenance	Peu performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements

n°	% Conso éclairage	kWh/m²	kWh/salarié	Type	Etat général	Pilotage	Performance	Recommandations MDE	% Conso Informatique	kWh/m²	kWh/salarié	Type	Etat général	Performance	Recommandations MDE
a	32%	14	33	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Optimisation de la programmation horaire sur l'éclairage	13%	6	13	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
b	36%	7	94	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Régulation des luminaires par une horloge	62%	12	164	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Mise en place de prises "coupe-veille"
c	22%	12	239	#N/A	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	35%	19	382	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Mise en place de prises "coupe-veille"
d	15%	4	42	Majoritairement Néons T5	Neuf	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	22%	6	64	Postes informatiques + serveurs	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
e	21%	7	254	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	39%	13	478	Postes informatiques + serveurs	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
f	19%	6	91	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Neuf	Interrupteurs classiques	Très performant	Conduits de lumière naturelle	19%	6	91	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
g	24%	15	243	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	29%	18	294	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Mise en place de prises "coupe-veille"
h	40%	56	769	Fluocompacte	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	31%	13	482	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
i	11%	17	119	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Correcte		45%	70	498	Postes informatiques	Satisfaisant	Médiocre	
j	4%	2	20	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Neuf	Interrupteurs classiques	Très performant		17%	9	89	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	
k	21%	13	252	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	16%	10	195	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
l	9%	15	266	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Peu performant	Lampe à LED de classe A+	26%	42	739	Postes informatiques	Satisfaisant	Peu performant	Mise en place de prises "coupe-veille"
m	27%	25	865	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Moyen	Interrupteurs classiques	Peu performant	Lampe à LED de classe A+	36%	33	1141	Postes informatiques + onduleur	Satisfaisant	Performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
n	36%	18	2326	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Correcte	Lampe à LED de classe A+	17%	8	1076	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
o	19%	15	610	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Neuf	Interrupteurs classiques	Correcte	Optimisation de la programmation horaire sur l'éclairage	7%	6	226	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
p	21%	7	222	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	21%	7	218	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
r	22%	14	312	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	18%	11	256	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
s	18%	8	176	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Optimisation de la programmation horaire sur l'éclairage	18%	8	180	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
t	28%	20	365	Majoritairement LED	Neuf	Interrupteurs classiques	Correcte	Optimisation de la programmation horaire sur l'éclairage	33%	23	428	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
u	30%	27	392	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Peu performant	Régulation des luminaires par une horloge	29%	27	388	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Performant	
v	15%	14	681	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	26%	24	1180	Postes informatiques + onduleur	Satisfaisant	Très performant	
w	7%	5	100	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	0	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	9%	7	124	Postes informatiques	0	Très performant	Mise en place de prises "coupe-veille"
x	16%	9	295	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Moyen	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	10%	6	177	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
y	8%	14	213	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Neuf	Interrupteurs classiques	Performant	Optimisation de la programmation horaire sur l'éclairage	11%	20	301	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Mise en place de prises "coupe-veille"
z	29%	29	578	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Peu performant	Lampe à LED de classe A+	15%	15	308	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
aa	27%	13	2178	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Moyen	Interrupteurs classiques	Performant	Sensibilisation/communication aux gestes économes	27%	13	2178	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
ab	13%	13	317	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	8%	8	203	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
ac	11%	15	98	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	18%	25	167	Postes informatiques	Satisfaisant	Performant	
ad	14%	18	346	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Correcte	Conduits de lumière naturelle	27%	36	677	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Correcte	Mise en place de prises "coupe-veille"
ae	3%	3	61	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Détecteurs de lumière du jour	Très performant	Luminaire d'éclairage général à modules LED	17%	17	331	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements

n°	Catégorie d'activité	Nombre occupants	Surface utile m²	Conso annuelle kWh	Ratio kWh/m²	Ratio kWh/salarié	Puissance souscrite KVA	Année construction	Performance hygrothermique	Isolation bâti	Protection solaire	Etanchéité à l'air	Conception	Détails	Recommandations MDE
af	Administration publique	45	680	79 262	117	1 761	60	-	Correcte	N/A	Inexistante	Moyenne	Bâtiment contemporain	Etablissement recevant du public au RdC	Protections des baies contre le rayonnement solaire
ag	Activités immobilières	23	454	81 996	181	3 565	72	-	Peu performant	N/A	Variable	Importante	Bâtiment contemporain		
ah	Administration publique	0	688	83 958	122	-	78	1967	Correcte	N/A	Inexistante	Faible	Bâtiment ancien	Bâtiment classé au patrimoine	Déstratificateur ou brasseur d'air
ai	Administration publique	58	1305	84 635	65	1 459	120	-	Correcte	Toiture	Inexistante	Importante	Bâtiment contemporain		Protections des baies contre le rayonnement solaire
aj	Administration publique	25	650	86 513	133	3 461	60	-	Correcte	N/A	Inexistante	Importante	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
ak	Administration publique	77	1235	103 705	84	1 347	80	<2000	Peu performant	Toiture	Variable	Faible	Bâtiment ancien		Isolation de combles ou de toitures
al	Administration publique et défense	35	480	107 668	224	3 076	0	-	Correcte	N/A	Faible	Moyenne	Bâtiment contemporain		Protections des baies contre le rayonnement solaire
am	Administration publique	90	850	110 741	130	1 230	0	<1990	Correcte	N/A	Bonne	Faible	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
an	Administration publique et défense	60	820	115 371	141	1 923	0	-	Correcte	N/A	Bonne	Moyenne	RTAA-DOM	Patio central	Réduction des apports solaires par la toiture
ao	Services financiers et d'assurance	95	1067	116 142	109	1 223	108	2007	Correcte	Toiture	Variable	Importante	RTAA-DOM		Protections des baies contre le rayonnement solaire
ap	Construction de bâtiments	43	1168	116 597	100	2 712	140	2007	Performant	Toiture	Variable	Importante	Bâtiment contemporain		
aq	Activités juridiques et comptables	22	950	141 462	149	6 430	0	-	Performant	Toiture	Bonne	Importante	RTAA-DOM		
ar	Administration publique	65	1014	160 302	158	2 466	0	-	Correcte	Toiture	Inexistante	Importante	Bâtiment contemporain		
as	Administration publique	50	1776	184 499	104	3 690	144	1971	Correcte	N/A	Variable	Faible	Bâtiment ancien	Bâtiments conçus par un élève du Corbusier	Isolation de combles ou de toitures
at	Administration publique	55	1450	188 438	130	3 426	0	-	Performant	Toiture	Bonne	Importante	RTAA-DOM		
au	Activités des sièges sociaux	80	1150	201 302	175	2 516	114	-	Correcte	N/A	Variable	Moyenne	Bâtiment contemporain	Toiture équipée de modules PV	Déstratificateur ou brasseur d'air
av	Administration publique	90	1500	202 619	135	2 251	120	2012	Correcte	Toiture et parois verticales	Bonne	Importante	RTAA-DOM	Possibilité de passer en ventilation naturelle traversante grâce aux jalousies intérieures	Sensibilisation au bon usage des protections solaires mobiles
aw	Administration publique	37	1350	217 820	114	5 887	120	-	Peu performant	N/A	Inexistante	Moyenne	Bâtiment ancien	Bâtiment historique en pierre avec ouvertures en arches	Déstratificateur ou brasseur d'air
ax	Administration publique et défense	21	1749	225 530	129	10 740	0	1988	Correcte	N/A	Faible	Importante	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
ay	Administration publique et défense	90	1950	246 005	126	2 733	0	-	Correcte	Toiture	Bonne	Moyenne	Bâtiment contemporain	Possibilité de passer en ventilation naturelle l'hiver	Réduction des apports solaires par la toiture
az	Administration publique	20	1600	258 465	162	12 923	100	-	Correcte	Toiture	Faible	Importante	Bâtiment contemporain		
ba	Activités de poste et de courrier	N/A	2206	305 629	139	-	128	1980	Peu performant	N/A	Variable	Faible	Bâtiment contemporain		Réduction des apports solaires par la toiture
bb	Administration publique	243	3381	513 156	152	2 112	200	Réhabilitation 2013	Performant	Toiture	Bonne	Moyenne	RTAA-DOM		
bc	Administration publique	96	2600	558 753	215	5 820	250	XIXème siècle, réhabilité en 2011	Peu performant	N/A	Inexistante	Faible	Bâtiment ancien	Bâtiment historique en pierre. Ouvertures de petite taille façade nord, coursives côté sud.	Déstratificateur ou brasseur d'air
bd	Administration publique	55	3900	563 705	145	10 249	200	<1990	Correcte	N/A	Inexistante	Moyenne	Bâtiment contemporain		

n°	% Conso clim	kWh/m²	kWh/salarié	Système Individuel	Etat général	Système Centralisé	Etat général	Régulation de la machine frigorifique	Régulation boucle d'eau (si GEG)	Maintenance	Performance globale clim	Recommandations MDE
af	54%	63	951	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		-	Correcte	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ag	71%	128	2535	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		-	Médiocre	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ah	54%	66	-	-	-	VRV/DRV	Satisfaisant	Inverter		Préventive	Correcte	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
ai	48%	31	706	-	-	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Très performant	Système de régulation sur un groupe de production de froid permettant d'avoir une haute pression flottante
aj	55%	73	1908	Split	Satisfaisant	-	-	TOR		Préventive	Peu performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ak	89%	75	1199	Split	Satisfaisant	GEG	Satisfaisant	TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Peu performant	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
al	77%	173	2376	Split	Dégradé	GEG	Satisfaisant	TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Corrective	Médiocre	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
am	50%	65	615	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Pas de contrat de maintenance	Correcte	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
an	29%	41	554	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Corrective	Performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ao	51%	55	618	-	-	GEG	Dégradé	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Correcte	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ap	67%	66	1803	Split	Satisfaisant	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Correcte	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
aq	71%	105	4544	Split	Neuf	GEG	Satisfaisant	TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Médiocre	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
ar	6%	9	147	-	-	VRV/DRV	Satisfaisant	Inverter		Préventive	Correcte	
as	75%	78	2769	Split	Satisfaisant	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Peu performant	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
at	58%	75	1973	Split	Neuf	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR		Corrective	Peu performant	Mise en place de climatiseurs individuels dédiés pour les espaces particuliers
au	45%	78	1124	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Corrective	Peu performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
av	21%	28	474	-	-	VRV/DRV	-	Inverter		Préventive	Très performant	Mise en place d'un suivi de consommations frigorifiques et de performance
aw	73%	83	4300	Split	Satisfaisant	-	-	TOR		Corrective	Médiocre	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ax	57%	74	6130	Split	Satisfaisant	-	-	TOR		Pas de contrat de maintenance	Peu performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ay	76%	96	2087	Split	Satisfaisant	GEG	Satisfaisant	Cascade TOR	Régulation sur Température de départ, avec Débit fixe, V3V	Préventive	Peu performant	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
az	54%	87	6996	Split	Satisfaisant	-	-	Inverter		Préventive	Peu performant	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
ba	34%	47	-	Split	Satisfaisant	GEG et VRV	Neuf	Cascade / Inverter		Préventive	Correcte	Sensibilisation des usagers concernant les températures de consigne et l'extinction des équipements
bb	83%	126	1755	-	-	GEG	Neuf	Cascade à puissance variable	Régulation sur Température de départ, avec Débit variable (VEV), V3V	Préventive	Médiocre	Programmeur d'intermittence pour la climatisation
bc	70%	151	4080	Split	Satisfaisant	Rooftop	Dégradé	TOR		Préventive	Médiocre	Mise en place d'un suivi de consommations frigorifiques et de performance
bd	63%	92	6508	-	Satisfaisant	VRV/DRV	Satisfaisant	Inverter		Corrective	Médiocre	Programmeur d'intermittence pour la climatisation

n°	% Conso éclairage	kWh/m²	kWh/salarié	Type	Etat général	Pilotage	Performance	Recommandations MDE	% Conso Informatique	kWh/m²	kWh/salarié	Type	Etat général	Performance	Recommandations MDE
af	34%	39	593	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Médiocre	Lampe à LED de classe A+	12%	14	218	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Mise en place de prises "coupe-veille"
ag	10%	17	342	Majoritairement LED	Bon	Interrupteurs classiques	Correcte	Régulation des luminaires par détection de présence	10%	17	342	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
ah	13%	16	-	#N/A	Bon	Détecteurs de présence	Correcte	Lampe à LED de classe A+	12%	15	-	Postes informatiques	Satisfaisant	Correcte	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
ai	17%	11	246	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Performant	Lampe à LED de classe A+	18%	11	258	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
aj	16%	21	558	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Peu performant	Lampe à LED de classe A+	29%	39	1004	Postes informatiques	Satisfaisant	Correcte	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
ak	6%	5	78	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	5%	4	70	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	
al	3%	7	91	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	20%	44	609	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Correcte	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
am	37%	48	455	Majoritairement Néons T8	Moyen	Interrupteurs classiques	Médiocre	Lampe à LED de classe A+	13%	17	160	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
an	40%	57	778	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Médiocre	Lampe à LED de classe A+	13%	18	250	Postes informatiques + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
ao	8%	8	93	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	42%	45	509	Postes informatiques + onduleur	Satisfaisant	Correcte	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
ap	7%	7	194	Majoritairement LED	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant		16%	16	434	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
aq	14%	21	919	Performant	Bon	Interrupteurs classiques	Peu performant	Lampe à LED de classe A+	9%	13	560	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
ar	4%	7	110	Majoritairement Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant			0	0	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	
as	11%	12	415	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Détecteurs de lumière du jour	Performant	Lampe à LED de classe A+	14%	14	506	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
at	13%	17	454	Majoritairement LED	Neuf	Interrupteurs classiques	Correcte	Optimisation de la programmation horaire sur l'éclairage	27%	35	931	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Correcte	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
au	43%	74	1070	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Moyen	Interrupteurs classiques	Médiocre	Lampe à LED de classe A+	13%	22	322	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
av	8%	11	184	Majoritairement Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Correcte	Luminaire d'éclairage général à modules LED	3%	4	62	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	
aw	17%	19	1001	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Médiocre	Optimisation de la programmation horaire sur l'éclairage	10%	12	610	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Moyen	Peu performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
ax	27%	35	2896	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Médiocre	Lampe à LED de classe A+	16%	21	1714	Postes informatiques + serveurs	Satisfaisant	Très performant	
ay	4%	5	106	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Très performant	Lampe à LED de classe A+	4%	5	106	Postes informatiques	Satisfaisant	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
az	14%	22	1765	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Peu performant	Lampe à LED de classe A+	32%	52	4162	Postes informatiques + serveurs	Satisfaisant	Peu performant	Mise en place de prises "coupe-veille"
ba	25%	35	-	Multiple : Néons T8, Néons T8, Néons T8, Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Peu performant	Lampe à LED de classe A+		0	-	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Moyen	Très performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
bb	12%	18	248	Majoritairement Néons T5	Bon	Détecteurs de présence	Médiocre	Lampe à LED de classe A+	6%	9	119	Postes informatiques + serveurs + onduleur	Satisfaisant	Très performant	
bc	5%	12	320	Majoritairement Néons T8	Bon	Interrupteurs classiques	Peu performant	Lampe à LED de classe A+	8%	17	460	Postes informatiques	Satisfaisant	Performant	Sensibilisation des usagers à l'utilisation de l'économiseur d'écran et à l'extinction des équipements
bd	20%	29	2066	Majoritairement Néons T5	Bon	Interrupteurs classiques	Médiocre	Lampe à LED de classe A+	14%	20	1388	Postes informatiques + serveurs	Satisfaisant	Performant	Mise en place de prises "coupe-veille"