

Montreuil Vincennes Energie

*12, bd Rouget de Lisle
Pavillon des Finances
93100 MONTREUIL
Tél : 01.42.87.13.55*

Electricité de France

Délégation Régionale Ile de France
*95, bd malesherbes
75008 PARIS
Tél : 01.56.88.41.58*

ARENE Ile de France

*94 bis, av. de Suffren
75015 PARIS
Tél : 01.53.85.61.75*

ADEME

Délégation Régionale Ile de France
*6-8 rue Jean Jaurès
92807 Puteaux Cedex*

**DIAGNOSTIC ELECTRIQUE DE 359 LOGEMENTS
A MONTREUIL**

2 - DIAGNOSTIC ELECTRIQUE DES PARTIES COMMUNES

Février 2001

ENERTECH

Ingénierie énergétique et fluides
F-26160 Félines sur Rimandoule
Tél. & Fax : 04.75.90.18.54
Email : sidler@club-internet.fr
Site : <http://perso.club-internet.fr/sidler>

Table des matières

INTRODUCTION	9
1 - METHODOLOGIE GENERALE	13
1-1 PRESENTATION DES OPERATIONS	13
1-1-1 Principales caractéristiques	13
1-1-2 Abonnements électriques souscrits	14
1-2 LES USAGES SUIVIS	15
1-3 LA METROLOGIE MISE EN ŒUVRE	17
1-4 LA CAMPAGNE DE MESURES	19
1-5 LE TRAITEMENT DES DONNEES	20
1-5-1 Méthode d'annualisation des résultats	20
1-5-2 Détermination des consommations par habitant	21
2 - STRUCTURE PAR USAGES DE LA CONSOMMATION GLOBALE	22
2-1 LE RECOLLEMENT DES CONSOMMATIONS	22
2-2 STRUCTURE DE LA CONSOMMATION TOTALE PAR USAGE	23
3 - L'ECLAIRAGE INTERIEUR DES PARTIES COMMUNES	26
3-1 LES CIRCULATIONS HORIZONTALES (« COULOIRS »)	26
3-1-1 Caractéristiques actuelles	26
3-1-2 Améliorations proposées	29
3.1.2.1 Réhabilitation	30
3.1.2.2 Règles de conception pour la construction neuve	34
3-2 LES ESCALIERS ENCLOISONNES	35
3-2-1 Caractéristiques actuelles	35
3-2-2 Améliorations proposées	37
3.2.2.1 Réhabilitation	37
3.2.2.2 Règles de conception pour la construction neuve	39
3-3 LES ESCALIERS NON ENCLOISONNES	40
3-3-1 Caractéristiques actuelles	40
3-3-2 Améliorations proposées	41

3-4 LES HALLS D'ENTREE	42
3-4-1 Caractéristiques actuelles	42
3-4-2 Améliorations proposées	43
3.4.2.1 Réhabilitation	43
3.4.2.2 Règles de conception pour la construction neuve	45
3-5 LES ACCES PARKING	46
3-5-1 Caractéristiques actuelles	46
3-5-2 Améliorations proposées	47
3.5.2.1 Réhabilitation	47
3.5.2.2 Règles de conception pour la construction neuve	49
3-6 LES LOCAUX POUBELLES	50
3-6-1 Caractéristiques actuelles	50
3-6-2 Améliorations proposées	51
3.6.2.1 Réhabilitation	51
3.6.2.2 Règles de conception pour la construction neuve	52
3-7 LES LOCAUX VIDE-ORDURES	53
4 - L'ECLAIRAGE EXTERIEUR	54
4-1 CARACTERISTIQUES ACTUELLES DE L'USAGE	55
4-1-1 Consommation annuelle de l'usage	55
4-1-2 Consommation annuelle par logement	55
4-1-3 Consommation annuelle par habitant	56
4-1-4 Répartition horaire de la charge journalière	56
4-1-5 Durée de fonctionnement annuelle	57
4-1-6 Répartition des consommations en fonction des différentes tranches horo-saisonnnières de la tarification électrique	58
4-2 LES AMELIORATIONS POSSIBLES	59
4.2.1 Réhabilitation	59
4.2.2 Règles de conception pour la construction neuve	61
5 - L'ECLAIRAGE DES PARCS DE STATIONNEMENT	62
5-1 CARACTERISTIQUES ACTUELLES	62
5-2 AMELIORATIONS PROPOSEES	64
5.2.1 Réhabilitation	64
5.2.2 Règles de conception pour la construction neuve	66
6 - LES ASCENSEURS	68
6-1 CARACTERISTIQUES ACTUELLES	68
6-2 AMELIORATIONS PROPOSEES	69
6.2.1 Réhabilitation	69
6.2.2 Règles de conception pour la construction neuve	73

7 - LA VENTILATION MECANIQUE CONTRÔLEE	75
7-1 CARACTERISTIQUES ACTUELLES	75
7-2 AMELIORATIONS PROPOSEES	76
7.2.1 Les enjeux et les moyens	76
7.2.2 Réhabilitation	78
7.2.3 Règles de conception pour la construction neuve	80
8 - LES AUTRES USAGES	82
8-1 LES BLOCS AUTONOMES D'ECLAIRAGE DE SECURITE (B.A.E.S.)	82
8-1-1 Situation actuelle	82
8-1-2 Améliorations possibles	83
8-2 LES PORTES DE GARAGE	83
8-2-1 Situation actuelle	83
8-2-2 Améliorations possibles	84
8-3 LES PORTIERS	84
8-4 LES AMPLI TV	84
8-5 LES ALARMES	84
8-6 LES POMPES DE RELEVAGE	84
8-7 DIVERS	85
9 - ADAPTATION DES PUISSANCES SOUSCRITES	86
9-1 LISTE DES ABONNEMENTS SOUSCRITS	86
9-2 ANALYSE DES DIFFERENTS TARIFS	87
9-2-1 Wilson : tarif Vert	87
9-2-2 Voltaire : LCR	87
9-2-3 Carnot - 4-8 CL	88
9-2-4 Carnot - 10-12 CL	89
9-2-5 Voltaire - Tarif Jaune	90
CONCLUSION	91
 ANNEXES	
 AT1 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES COULOIRS	96
AT1-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	96
AT1.1.1 Consommation annuelle par circulation	96
AT1.1.2 Consommation annuelle par logement	97

MVE ARENE IdF	ENERTECH Table des matières	EDF ADEME IdF
	AT1.1.3 Consommation annuelle par habitant	98
	AT1-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE	99
	AT1-3 DUREES DES MINUTERIES	100
	AT1-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES	101
	AT1-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE	104
	AT1.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par couloir	104
	AT1.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine	105
	AT1.5.3 Part de la durée d'allumage pendant les heures de jour et de nuit	106
	AT1-6 REPARTITION DES CONSOMMATIONS EN FONCTION DES DIFFERENTES TRANCHES HORO-SAISONNIERES DE TARIFICATION DE L'ELECTRICITE	108
	AT2 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES ESCALIERS ENCLOISONNES	111
	AT2-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	111
	AT2.1.1 Consommation annuelle par escalier	111
	AT2.1.2 Consommation annuelle par logement	112
	AT2.1.3 Consommation annuelle par habitant	113
	AT2-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE	113
	AT2-3 DUREES DES MINUTERIES	115
	AT2-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES	116
	AT2-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE	117
	AT2.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par escalier	117
	AT2.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine	118
	AT2.5.3 Part de la durée d'allumage pendant les heures de jour et de nuit	119
	AT3 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES ESCALIERS NON ENCLOISONNES	122
	AT3-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	122
	AT3.1.1 Consommation annuelle par cage d'escalier	122
	AT3.1.2 Consommation annuelle par logement	123
	AT3.1.3 Consommation annuelle par habitant	124
	AT3-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE	124

AT3-3 DUREES DES MINUTERIES	126
AT3-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES	127
AT3-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE	128
AT3.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par escalier non encloué	128
AT3.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine	129
AT3.5.3 Part de la durée d'allumage pendant les heures de jour et de nuit	129
AT4 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES HALLS D'ENTREE	131
AT4-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	131
AT4.1.1 Consommation annuelle par hall d'entrée	131
AT4.1.2 Consommation annuelle par logement	132
AT4.1.3 Consommation annuelle par habitant	133
AT4-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE	134
AT4-3 DUREES DES MINUTERIES	135
AT4-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES	136
AT4-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE	137
AT4.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par hall d'entrée	137
AT4.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine	138
AT5 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES ACCES PARKING	140
AT5-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	140
AT5.1.1 Consommation annuelle par accès parking	140
AT5.1.2 Consommation annuelle par logement	141
AT5.1.3 Consommation annuelle par habitant	142
AT5-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE	142
AT5-3 DUREES DES MINUTERIES	143
AT5-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES	144
AT5-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE	145
AT5.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par accès parking	145
AT5.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine	146

AT6 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES LOCAUX POUBELLES	148
AT6-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	148
AT6.1.1 Consommation annuelle par local poubelles	148
AT6.1.2 Consommation annuelle par logement	149
AT6.1.3 Consommation annuelle par habitant	150
AT6-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE	150
AT6-4 NOMBRE D'ALLUMAGES	151
AT6-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE	152
AT6.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par local poubelles	152
AT6.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine	153
AT7 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES PARCS DE STATIONNEMENT	155
AT7-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	155
AT7.1.1 Consommation annuelle par parc de stationnement	155
AT7.1.2 Consommation annuelle par place de stationnement	157
AT7-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE	158
AT7-3 REPARTITION DES CONSOMMATIONS EN FONCTION DES DIFFERENTES TRANCHES HORO-SAISONNIERES DE TARIFICATION DE L'ELECTRICITE	159
AT8 - LES ASCENSEURS	162
AT8-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	162
AT8.1.1 Consommation annuelle par ascenseur	162
AT8.1.2 Consommation annuelle par logement	164
AT8.1.3 Consommation annuelle par habitant	165
AT8.1.4 Consommation annuelle par « étage.habitant »	166
AT8-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE	167
AT8-3 EVOLUTION DE LA PUISSANCE APPELEE PAR UN ASCENSEUR	169
AT8-4 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION EN FONCTION DE LA CHARGE	170
AT8-5 REPARTITION DES CONSOMMATIONS EN FONCTION DES DIFFERENTES TRANCHES HORO-SAISONNIERES DE TARIFICATION DE L'ELECTRICITE	173
AT9 - LA VENTILATION MECANIQUE CONTRÔLEE	176

AT9-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE	176
AT9.1.1 Consommation annuelle par caisson (ou par cage)	176
AT9.1.2 Consommation annuelle par logement	178
AT9.1.3 Consommation annuelle par habitant	179
AT9-2 RENDEMENT DES MOTO-VENTILATEURS	180
AE1 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES COULOIRS	183
AE1-1 DETAIL DES COÛTS ET DES ECONOMIES REALISABLES PAR COULOIR	183
AE1-2 DETAIL PAR ABONNEMENT SOUSCRIT DES REDUCTIONS DE PUISSANCE INDUITES PAR LES ECONOMIES PROPOSEES	184
AE2 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES ESCALIERS ENCLOISONNES	186
AE2-1 DETAIL DES COÛTS ET DES ECONOMIES REALISABLES PAR ESCALIER	186
AE2-2 DETAIL PAR ABONNEMENT SOUSCRIT DES REDUCTIONS DE PUISSANCES INDUITES PAR LES ECONOMIES PROPOSEES	187
AE3 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES HALLS D'ENTREE	188
AE3-1 DETAIL DES COÛTS ET DES ECONOMIES REALISABLES PAR HALL	188
AE4 - ECLAIRAGE DES PARCS DE STATIONNEMENT	189
AE4-1 DETAIL DES ECONOMIES REALISABLES PAR ZONE ET PAR PARC	189

INTRODUCTION

Depuis 1975 le secteur résidentiel est soumis en France à des réglementations thermiques de plus en plus contraignantes qui ont permis de diviser par 4 la consommation de chauffage des logements construits. A l'origine, ces réglementations avaient pour objectif une limitation des consommations d'énergie rendue nécessaire par le premier choc pétrolier qui avait limité l'accès aux réserves pétrolières. Puis à partir de 1980 l'objectif majeur a été le déséquilibre de la balance commerciale française qui accusait annuellement un déficit de 200 milliards de francs, essentiellement à cause de la facture énergétique. A partir de 1990, l'effort réglementaire s'est maintenu (une nouvelle réglementation thermique, la quatrième depuis 1975, sera même applicable à compter du 02/06/2001), mais essentiellement pour des raisons environnementales. L'énergie ne fait plus peur pour l'insuffisance de ses réserves (bien que celles-ci ne soient jamais que de 40 ans pour le pétrole et 60 ans pour le gaz), mais pour les nuisances que son usage provoque irrémédiablement sur l'environnement. Que ce soit au cours de son extraction, de son transport (Erika), de sa transformation ou de son utilisation, l'énergie est toujours à la source de nuisances chimiques, thermiques, etc. La manifestation la plus médiatisée de ces nuisances est le phénomène du réchauffement climatique, exacerbé par la récente tempête de l'hiver 1999, l'augmentation des températures de la Terre depuis 10 ans ainsi que les désordres climatiques de tous genres qui se multiplient ces dernières années et dont la violence et l'impact s'intensifient.

Mais l'effet de serre n'est pas la seule manifestation des nuisances environnementales occasionnées par l'utilisation de l'énergie sur la planète. Les récentes marées noires en Bretagne ou sur le sanctuaire des îles Galapagos nous rappellent que la multiplication des flux sera toujours synonyme d'atteintes graves et souvent irréversibles à l'environnement.

Enfin, la solution miracle en laquelle nous avons tous espéré n'est peut-être pas indemne de risques majeurs. L'énergie nucléaire, qui ne contribue pas à l'effet de serre, doit vivre avec et assumer le spectre de Tchernobyl, dont l'impact véritable en terme de santé publique ne sera probablement jamais connu. Certes la France ne gère pas le nucléaire comme l'ont fait les Soviétiques, mais la France, pas plus que les autres nations, n'a encore pu apporter de réponse à une question essentielle qui pourrait demain devenir un problème majeur de santé publique : le retraitement des déchets et la dissémination de radio-nucléides dans l'environnement restent un problème sans solution.

En ce début de vingt et unième siècle l'homme tout puissant se trouve donc dans une situation paradoxale : riche en technologie, en savoir, en connaissance, il est bridé dans sa conquête par un élément absolument nécessaire à son mode de vie : l'énergie. Mais il en a tant et tant abusé qu'il se trouve aujourd'hui dans une situation paradoxale où, plus il a recours à elle, plus elle va lui interdire de se développer et de survivre dans le seul univers où sa survie est possible : la Terre.

La seule solution passe donc par une maîtrise la plus rapide possible des besoins énergétiques. Tous les usages de l'énergie sont concernés, et toutes les formes d'énergie seront touchées : pétrole, gaz, charbon, électricité sans distinction. L'objet d'une démarche cohérente

ne sera pas d'effectuer des transferts d'une source d'énergie vers une autre. Non, une démarche cohérente cherchant à s'inscrire dans une logique de développement durable visera plutôt à adopter une méthodologie opérationnelle en trois étapes :

- rechercher la sobriété (énergétique) des usages,
- mettre en oeuvre des systèmes à haute efficacité,
- pourvoir le plus possible aux besoins résiduels par un recours aux énergies renouvelables.

Les phases numéro un et deux sont extrêmement importantes. Elle permettent en réalité de satisfaire un besoin donné avec le moins d'énergie possible. Cet exercice de style, simple à énoncer et d'un bon sens évident, n'a pourtant pratiquement pas été mis en oeuvre par l'homme depuis l'avènement de l'ère industrielle. Au contraire l'homme s'est plutôt comporté avec un certain mépris vis à vis de l'énergie. Il ne l'a que très peu économisée. Même aujourd'hui, avec un baril à 35 \$, le pétrole coûte moins cher que l'eau minérale. C'est donc qu'il est encore moins rare que l'eau minérale puisque le prix d'un bien, en économie, reflète la rareté de ce bien. Erreur fatale : le pétrole est le produit d'un accident géologique datant de 400 millions d'années et qui ne se reproduira pas demain, alors que l'eau, fût-elle minérale....

Tous nos comportements devront donc changer radicalement dans les années à venir.

Dans ce contexte de crise environnementale, il est donc assez inquiétant qu'il n'existe pas, à l'image de la thermique du bâtiment, des réglementations concernant tous les types d'usages de l'énergie. Pour les véhicules automobiles, pour les appareils électrodomestiques, pour tous les usages de l'électricité en général. Jusqu'au mois de septembre 1999 il n'existait aucune norme limitant la consommation des appareils de froid domestique. Ceux-ci pouvaient consommer 5 kWh/j sans être dans l'illégalité. Pour la première fois, la Communauté Européenne a imposé des seuils de consommation. Cette initiative devrait être reprise dans tous les autres secteurs d'activité. Songez que le rendement effectif d'une pompe de chaudière individuelle est de 5 % (et il y a 9 millions de chaudières individuelles en France), celui d'un ventilateur de VMC de 15 à 25 %. Le rendement des petits moteurs asynchrones est de 45 à 55 %. Pour tous ces produits, l'exigence de performance n'a jamais existé, elle était remplacée par une exigence de coût. Il est souhaitable que cette époque prenne rapidement fin.

C'est dans ce contexte d'incertitude et de crise que s'inscrit la présente étude. Rappelons que son objectif est d'analyser de façon très fine l'intégralité des consommations d'électricité observées dans les services généraux de 3 ensembles immobiliers regroupant au total 359 logements situés à Montreuil. Chaque gestionnaire de patrimoine connaît parfaitement la consommation globale d'électricité de ses immeubles. Mais curieusement on ne sait pratiquement rien de très précis sur la manière dont cette énergie est consommée : quel usage consomme quoi, à quelle heure, avec quel niveau de puissance? La puissance souscrite n'est-elle pas surdimensionnée? Existe-t-il des anomalies de fonctionnement dans l'utilisation de cette énergie? Et surtout : est-il possible de satisfaire le même service en réduisant à la fois les dépenses d'énergie et les coûts d'exploitation?

Des diagnostics électriques ont déjà été réalisés sur de nombreuses opérations. Mais à notre connaissance, il n'a jamais été pratiqué ni en France ni même en Europe, un travail analytique comme celui qui va être présenté dans ce qui suit. L'idée de suivre tous les usages sans exception, y compris dans la multiplicité de leur manifestation (comme les centaines de foyers lumineux qui ont été suivis) est nouvelle. Elle a été envisagée et proposée afin de mieux comprendre comment était effectivement consommée l'électricité pour pouvoir proposer les solutions les plus adaptées et les plus pertinentes possibles, ou tout au moins pour pouvoir

expliquer quelle solution performante, à inventer, permettrait de résoudre le problème. Savoir que le poste éclairage consomme x kWh/an ne suffit en effet pas pour proposer des solutions performantes, car cette information ne nous dit rien sur la manière et les conditions dans lesquelles les kWh ont été appelés. Alors où et comment agir? La figure 0.1 illustre parfaitement ce propos. Elle représente les consommations d'éclairage par logement dans 43 cages ou bâtiments répartis dans toute la France.

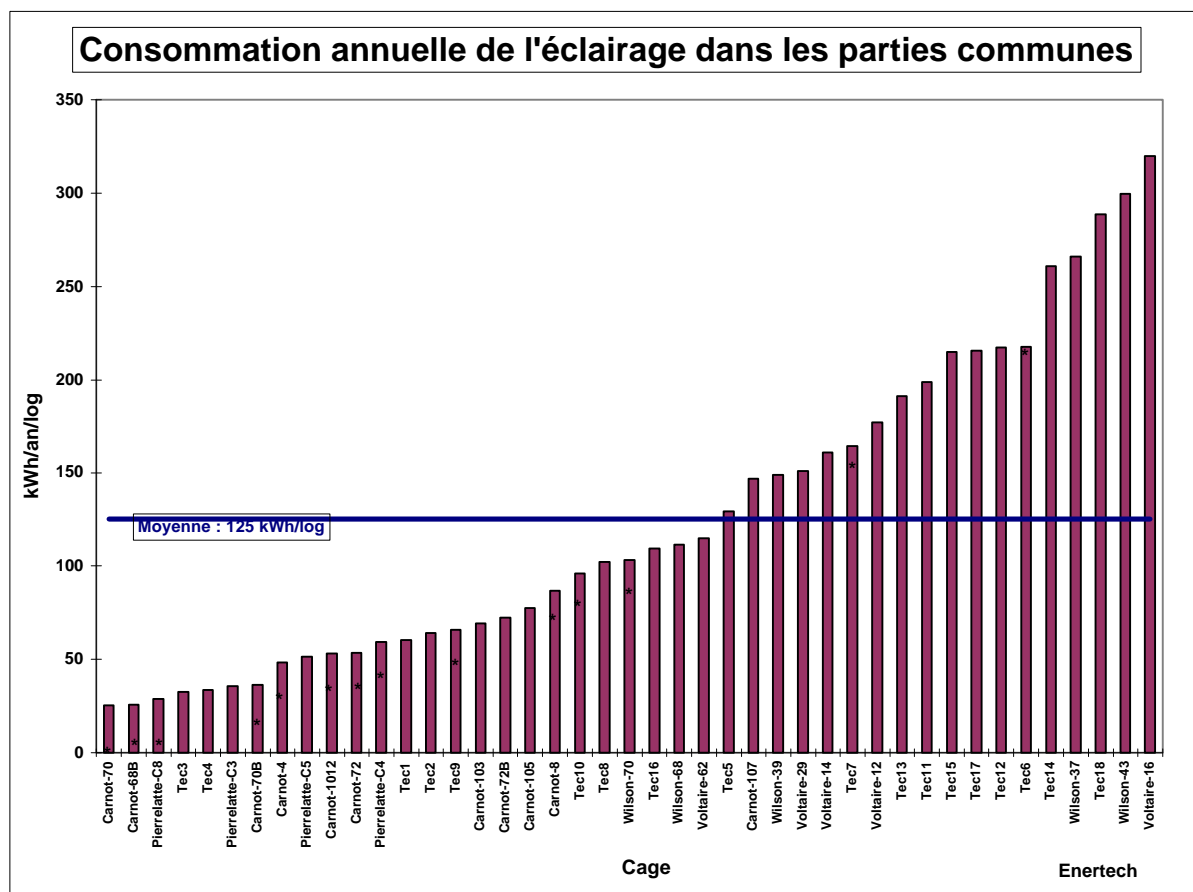


Figure 0.1 : consommation annuelle d'électricité par logement pour l'éclairage des parties communes dans différentes opérations réparties dans toute la France

Comment expliquer que la consommation, pour satisfaire un même usage, puisse aller de 25 à 325 kWh/an/logement? Tant que l'on n'a pas expliqué ce phénomène on ne peut agir qu'approximativement sur les corrections à apporter aux dispositifs en place. Et il y a alors peu de chance que ces correctifs soient les plus pertinents.

L'ambition et l'objectif clairement affichés pour cette étude étaient donc, par une analyse très détaillée de l'ensemble des usages, de pouvoir expliquer la construction de chacune des consommations afin de proposer des solutions conduisant à une réduction des dépenses et des besoins en électricité de la façon la plus pertinente et la plus adaptée qui soit. Les leçons de cette analyse ne sont pas destinées à s'appliquer uniquement aux trois opérations instrumentées. Elles doivent en principe avoir une portée beaucoup plus générale qui devra permettre leur étendue à tous les projets de construction. Ces leçons pourront être déclinées de deux manières distinctes selon qu'elles concerneront la construction neuve, où les marges de manoeuvre sont plus importantes, et la réhabilitation.

Enfin, l'étude devra aussi permettre de vérifier si le choix des puissances souscrites est optimal d'un point de vue tarifaire. Il ne s'agit pas à proprement parler de Maîtrise de la Demande d'Electricité, mais plutôt d'une bonne gestion économique du poste électricité.

Cette approche séduisante n'est pas sans risque : le marché des solutions performantes est peu actif en France et il restera à trouver des offres intéressantes une fois dressé le bilan des actions à entreprendre ■

CHAPITRE 1 : METHODOLOGIE GENERALE

Trois opérations de logements ont été suivies. Toutes font partie du patrimoine de la société Montreuilloise d'Habitation.

1-1 PRESENTATION DES OPERATIONS

1-1-1 Principales caractéristiques

Le tableau de la figure 1.1 regroupe les principales caractéristiques des trois opérations instrumentées :

Opérations	Wilson	Voltaire	Carnot
Adresse	68, 70 avenue du Général Galliéni 37, 39, 43 avenue Wilson	62 rue Voltaire 12, 14, 16 rue de la République 29 avenue Emile Zola	130, 105, 107 avenue Wilson 68B, 70, 70B, 72, 72B avenue Carnot 4, 8, 10, 12 rue Colmet Lespinay
Nombre de logements	124	107	128
Nombre approximatif d'habitants (1)	420	351	415
Surface habitable (m²)	9.600	7.700	9.700
Nombre de cages	5	5	12
Nombre de niveaux	R+4, R+6, R+7, R+8 et R+10	R+6	R+3, R+5 et R+7
Année de construction	1985	1989	1992
Type de chauffage	Chauffage électrique (base plancher chauffant)	Chauffage individuel gaz	Chauffage électrique individuel
Nombre de places parking	155	190	260
Charge utile des cabines d'ascenseur (kg)	1000	630	630

Figure 1.1 : principales caractéristiques des trois opérations instrumentées

(1) : le nombre approximatif d'habitants a été évalué sur la base de n habitants dans un logement de type Tn. Exemple : il y a 4 habitants dans un T4.

Il s'agit donc d'opérations relativement récentes, toutes construites avec des normes d'isolation correspondant au niveau de la réglementation thermique de 1982 (Wilson et Voltaire), voire de 1989 (Carnot). Cette remarque s'applique également aux dispositions propres à la ventilation mécanique (décrets et arrêtés de 1982 et 1983).

Particularité importante : les trois opérations comportent deux niveaux de garages enterrés.

1-1-2 Abonnements électriques souscrits

Le tableau de la figure 1.2 regroupe l'ensemble des abonnements qui ont été identifiés pour chacune des trois opérations :

Opération/Cage	Type d'abonnement	Puissance souscrite (kVA pour tarif bleu et jaune, kW pour tarif vert)	Usages raccordés	Coût annuel de l'abonnement (F TTC)
Wilson	Tarif vert version Utilisations moyennes	228,7	Tous les usages, dont chauffage électrique de base	60.310,48
Voltaire 12	Tarif bleu Option Base	18	Tous les usages	1.577,06
Voltaire 14	Tarif bleu Option Base	18	Tous les usages	1.577,06
Voltaire 16	Tarif bleu Option Base	18	Tous les usages	1.577,06
Voltaire 29	Tarif bleu Option Base	18	Tous les usages	1.577,06
Voltaire 62	Tarif bleu Option Base	18	Tous les usages	1.577,06
Voltaire Parking	Tarif jaune version Utilisations moyennes	36	Eclairage parking + extérieur	3.823,92
Voltaire 29	Tarif bleu Option Base	3	Studio remplaçant gardien	136,10
Voltaire 29	Tarif bleu Option Base	6	Loge gardien	345,87
Voltaire 29	Tarif bleu Option Base	6	LCR	345,87
Carnot 103,105,107,68Bis,72	Tarif bleu Option Base	18	Tous les éclairages	1.577,06
Carnot Parking	Tarif jaune version Utilisations moyennes	60	Ascenseur, VMC,...	6.373,20
Carnot 10-12 CL*	Tarif bleu Option Base	36	Eclairage, VMC, Extraction Parking	4.740,03
Carnot 10-12 CL *LCR	Tarif bleu Option heures creuses	6	LCR	599,58
Carnot 4-8 CL*	Tarif bleu Option Base	18	Eclairage, VMC...	1.577,06

(*) CL : Colmet Lépinay

Figure 1.2 : caractéristiques particulières des abonnements souscrits pour les 3 opérations

Le tableau de la figure 1.3 précise pour chaque opération les valeurs globales des puissances souscrites et des coûts de l'ensemble des abonnements. Il faut rappeler la particularité de l'opération Wilson qui est dotée d'un système de chauffage électrique de base. Ce dispositif a bien évidemment un impact important sur le niveau de la puissance souscrite.

Rappelons également que dans le cas des abonnements tarifs jaune et vert, la puissance souscrite ne revêt aucune signification physique directe (hormis lorsqu'il s'agit de la puissance en heure de pointe (tarif vert) ou en heure pleine hiver (tarif jaune)). Il s'agit de ce que l'on appelle la « puissance réduite ». Cette puissance est le fruit d'un calcul prenant en compte à la fois le niveau des puissances réellement souscrites dans les différentes tranches horo-saisonniers (celles-ci ont une réalité physique), et de coefficients de pondération. Cette approche rend assez difficile la bonne appréhension de la puissance souscrite.

Opérations	Wilson	Voltaire	Carnot
Puissance totale souscrite	228,7 kW	141 kVA	138 kVA
Puissance souscrite par logement	1,84 kW	1,10 kVA	1.29 kVA
Coût total des abonnements (F TTC/an)	60.310,48	12.191,19	14.866,93
Coût total des abonnements par logement (F TTC/logt/an)	486,37	113,94	116,15
Coût du kVA ou du kW souscrit (en F TTC/an)	263,71 F TTC/kW	86,46 F TTC/kVA	107,73 F TTC/kVA

Figure 1.3 : caractéristiques globales des abonnements souscrits pour les 3 opérations

1-2 LES USAGES SUIVIS

L'objectif de la campagne de mesures était de pouvoir suivre l'ensemble des usages en continu. Environ **260 compteurs** ont été mis en place. Dans la pratique on rencontre deux types d'usages :

- les usages à puissance constante tout au long de l'année. Après vérification au moyen d'un enregistrement sur 24 ou 48 h qu'il s'agit bien d'une puissance ne variant pas, ce type d'usages a fait l'objet d'une mesure précise de la puissance absorbée au moyen d'une pince ampéremétrique. La consommation a ensuite été calculée sur la période d'analyse,
- les autres usages, les plus nombreux, présentent des variations de puissance importantes au cours du temps. Pour connaître leur caractéristiques de consommation il n'y a pas d'autres solutions que d'utiliser des enregistreurs sur toute la période d'analyse.

En fonction de cette distinction, le traitement des différents usages a été le suivant :

■ usages ayant fait l'objet d'une mesure de la puissance :

- *ventilation mécanique contrôlée* : à l'exception de deux caissons de ventilation, l'ensemble de la ventilation mécanique contrôlée n'a fait l'objet que d'une mesure de puissance ponctuelle. Mais ce choix est parfaitement justifié à l'examen de la figure 1.4. Ce graphique représente la courbe de charge journalière moyenne de deux caissons VMC instrumentés pendant 5 mois dans deux cages d'escalier de l'opération Voltaire. Or il s'agit d'une VMC-gaz hygroréglable. On constate, contrairement à toute attente, que la puissance ne varie absolument pas au cours de la journée, ni à cause du double régime en cuisine, ni à cause du caractère hygroréglable de l'installation. Etant en période estivale, il est normal de ne pas voir l'impact potentiel des chaudières individuelles.

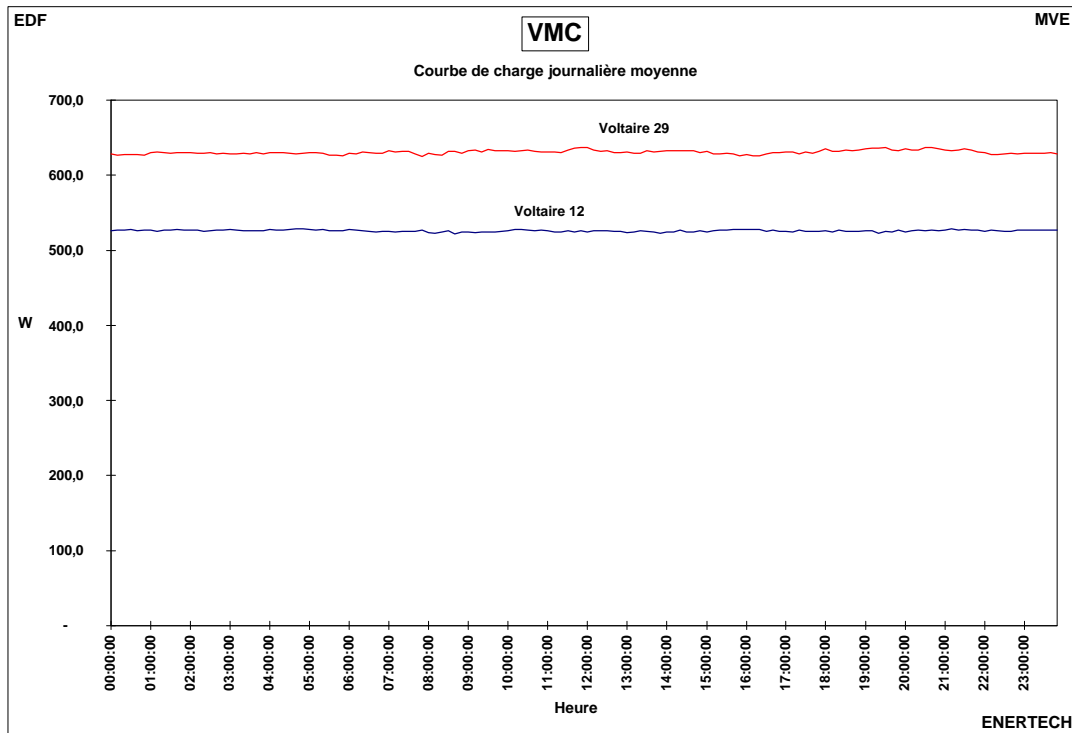


Figure 1.4 : courbe de charge journalière moyenne de deux groupes VMC gaz hygrorégulables

La figure 1.5 représente les variations de la consommation journalière de ces deux groupes sur les cinq mois de la période de mesure.

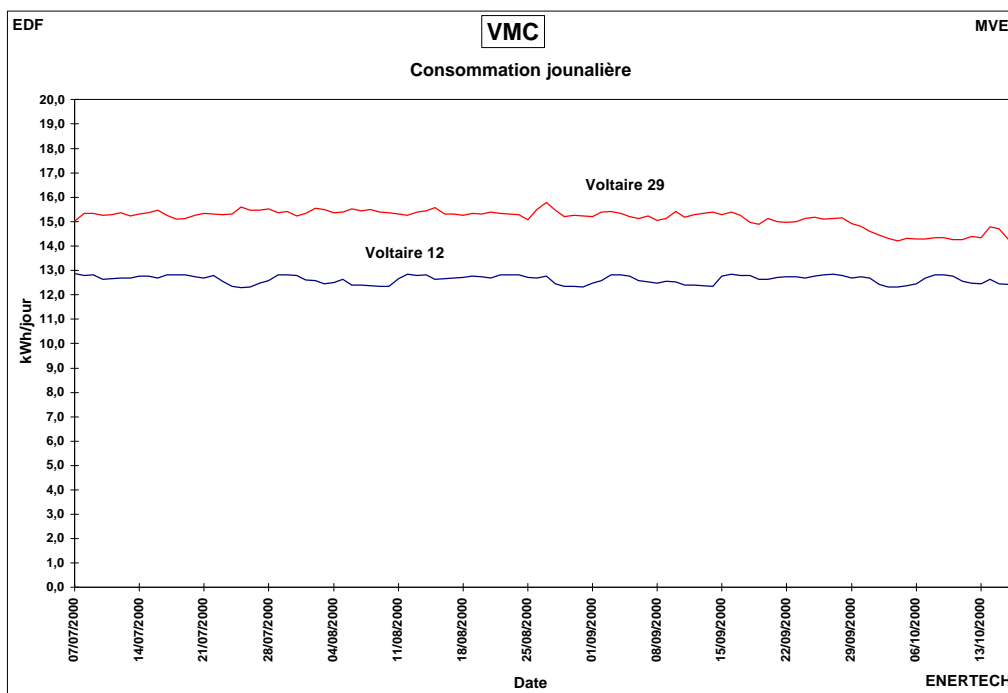


Figure 1.5 : évolution de la puissance appelée par deux des groupes de VMC pendant la période de suivi

Même sur une longue période on constate qu'il n'y a pas de variation significative de la consommation journalière d'énergie. Les variations constatées pourraient d'ailleurs être simplement imputables à des variations de tension du réseau. Seul l'infléchissement constaté début octobre sur le groupe Voltaire 29 pourrait être éventuellement imputé à une mise en route pour la période de chauffage des chaudières murales. Ceci reste à confirmer.

Toutes ces observations permettent de valider la méthode proposée pour l'ensemble des autres groupes VMC des trois opérations. Ces groupes n'ont donc fait l'objet que d'une mesure de la puissance.

- *B.A.E.S.* (Blocs Autonomes d'Eclairage de Sécurité). Une mesure a été faite sur plusieurs blocs en série afin de déterminer leur puissance unitaire avec précision,

- *ampli TV, câble,*

- *portier interphone électronique,*

- *alarme,*

- *dispositif de télérelève des compteurs d'eau* (ne concerne que Wilson).

■ **usages ayant fait l'objet d'une mesure continue :**

- *comptages généraux,*

- *ascenseurs,*

- *éclairage.* Pour l'éclairage, tous les ensembles lumineux sans exception ont été suivis. Un ensemble lumineux est constitué d'un ou de plusieurs foyers lumineux obéissant au même dispositif de commande (même minuterie, même interrupteur, etc.). Tous les couloirs, les escaliers, les halls, les locaux techniques, les accès parking, les éclairages extérieurs ont ainsi pu être instrumentés (voir au § 1.3 les moyens métrologiques mis en oeuvre),

- *VMC des garages,*

- *portes de garage,*

- *pompes de relevage*

- *LCR* (Locaux Collectifs Résidentiels). Les LCR comportent en général trois usages : de l'éclairage, du chauffage électrique et un ballon ECS,

- *locaux d'entretien.* Le seul usage suivi dans les locaux d'entretien est en fait le ballon ECS.

1-3 LA METROLOGIE MISE EN OEUVRE

Les dispositifs de mesure ou d'enregistrement mis en oeuvre sont originaux car ils ont été pour un certain nombre d'entre eux mis au point par notre société dans le but de réduire le coût des campagnes de mesures.

Lorsqu'un usage n'est pas utilisé en permanence 24h/24, l'énergie qu'il consomme peut varier de deux façons différentes :

- type 1 : il s'agit d'un usage dont la puissance varie dans le temps à chaque instant : c'est le cas d'un ascenseur. Il faut donc pouvoir mesurer à chaque instant la puissance appelée. Ce type de mesure est le plus cher,

- type 2 : l'usage appelle de façon intermittente une puissance constante : c'est le cas de l'éclairage, ou de certains moteurs (pompe). Il est alors possible de se ramener à une mesure du temps de fonctionnement de l'usage (toujours au pas de temps de dix minutes), puis de calculer l'énergie consommée en s'appuyant sur la mesure (une fois pour toutes) de la puissance de l'usage en marche.

Pour les mesures concernant les usages du type 1, l'aspect mesure de puissance ou d'énergie a été assuré, dans tous les cas, par des appareils du marché réputés pour leur précision. Notre originalité réside dans la possibilité de transformer l'information fournie par un simple compteur (type compteur EDF/Schlumberger par exemple) en un enregistrement d'information au pas de temps de dix minutes.

Pour les mesures concernant les usages du type 2, nous avons mis au point des détecteurs permettant de connaître avec une très grande précision les moments où les usages étaient effectivement en marche ou à l'arrêt.

En définitive, les outils que nous avons utilisés présentent les caractéristiques générales suivantes :

- compteurs monophasés ou triphasés installés par nos soins

- Fabricant : Electrex. Précision : IEC 1036 Classe 1 :

Voltage : 0.2% lecture + 0.1% pleine échelle (de 20 à 110% pleine échelle)

Courant : 0.2% lecture + 0.1% pleine échelle (de 20 à 110% pleine échelle)

Puissance : 1% lecture (de 5 à 120% pleine échelle)

équipés de tores ouvrables Universal Technics Type M1 (100A/1A)

Précision sur le rapport :

+/-1% de 10 à 300 A

+/-2% de 1 à 10 A

Précision sur la phase : 1 à 3.5°

- compteurs monophasés ou triphasés en place type EDF

Tous ces compteurs ne sont que des totalisateurs d'énergie. Afin de disposer d'une information au pas de temps de dix minutes, ils ont toujours été associés à un dispositif que nous avons conçu et qui dépend du type de compteur :

- compteur électronique : l'information de la consommation instantanée est récupérée au moyen d'un « *pulsemètre* » qui enregistre chaque pulse lumineux (ou électrique) émis par le compteur. En fonction du « poids du pulse » propre à chaque compteur (généralement de 1 à 100Wh/impulsion) ou programmable sur les compteurs Electrex, il est aisé de connaître la consommation,

- compteur à disque : l'information de la consommation instantanée est récupérée au moyen d'un « *lecteur optique* » qui compte les tours effectués par le compteur EDF. En fonction du poids du tour propre à chaque compteur, on détermine facilement la consommation.

N.B. : ponctuellement nous avons aussi utilisé les éléments du système Diace (pinces ampèremétriques et concentrateurs). Rappelons qu'il s'agit d'un système de mesure que nous utilisons depuis 6 ans dans le cadre de grandes campagnes de mesures, et dont le cahier des charges a été établi par la DER d'EDF. La précision de ces mesureurs est de 2 % de la valeur lue, le seuil de détection étant de 3 à 20 W selon le type de mesureurs. L'ensemble permet le rapatriement de l'information par courant porteur,

- énergiemètres

Il s'agit de détecteurs de champ magnétique constitués d'un capteur que l'on place à proximité du câble d'alimentation de l'usage à suivre. Ce détecteur comprend un

microprocesseur associé à une mémoire lui permettant d'enregistrer, au pas de temps de dix minutes, la durée de fonctionnement de l'usage analysé. Cet appareil permet également de connaître en fin de suivi le nombre total exact de cycles observés,

Précision sur la durée : 0.5 secondes - Résolution : 10 secondes.

- **lampemètres**

Le principe est identique à celui de l'énergiemètre, mais au lieu de détecter le passage d'un courant dans un conducteur, le lampemètre comporte un petit capteur optique placé à proximité de l'un des foyers lumineux de l'ensemble à suivre. Ce capteur permettra de connaître avec précision, au pas de temps de dix minutes, la durée de fonctionnement des foyers lumineux suivis. Ce détecteur comprend un microprocesseur associé à une mémoire lui permettant l'enregistrement des valeurs mesurées. Comme pour l'énergiemètre, cet appareil fournit en fin de campagne le nombre total de cycles observés (allumage/extinction des lampes).

Précision sur la durée : 0.5 secondes - Résolution : 10 secondes.

- **mesureurs de puissance instantanées :**

L'analyse du courant appelé a été faite par plusieurs types d'appareils :

- Analyseur Nanovip Plus (précision 0.5% de la valeur lue)
- Pince ampèremétrique Chauvin Arnoux E6 (Précision 2% lecture + 20mA)
- Analyseur LEM (Analyst 2050)
- Oscilloscope numérique (Fluke FL123)
- Mesureur d'énergie EMU type 1-28

L'ensemble des moyens de mesure mis en oeuvre possède, comme toujours, des avantages et des inconvénients. Au titre des avantages on retiendra le coût. Les dispositifs traditionnels de mesure auraient coûté plusieurs fois le prix des dispositifs proposés ici. Leur mise en oeuvre elle-même aurait été beaucoup plus onéreuse. Enfin, il n'existe pas à notre connaissance sur le marché français de mesureurs équivalents en prix et en performance à notre lampemètre. Toute l'analyse et le type de mesures qui ont été faites sont donc une première pour ce type d'étude.

Mais tout système possède aussi des inconvénients. Citons-en deux :

- tout système de « dataloger », c'est à dire de dispositif mémorisant l'information, est susceptible de tomber en panne. On n'en sera averti qu'à la fin des mesures. Mais tout sera alors perdu. Ce type d'incident, fort rare, n'existe pas avec les systèmes de transmission en continu des données (comme le système Diace) puisque les informations sont analysées au jour le jour,

- le positionnement des capteurs est fait avec précision. Si quelqu'un, par accident ou inadvertance déplace un lecteur optique ou un lampemètre, la mesure s'arrête. Cet incident s'est produit au mois de septembre sur des lecteurs optiques placés sur des compteurs EDF, probablement à la suite d'un relevé des compteurs par EDF....

1-4 LA CAMPAGNE DE MESURES

La campagne de mesures devait en principe durer trois mois. Mais pour des raisons de caractère administratif le début des travaux n'a pu avoir lieu qu'au courant du mois de mai 2000. Afin de disposer malgré la présence des vacances de trois mois d'observation en période

d'occupation complète, les mesures ont été poursuivies jusqu'au 15 octobre 2000. On dispose en définitive d'une période de 5 mois dont deux mois de vacances.

En principe, l'ensemble des usages a fait l'objet d'un suivi. Ce suivi a été effectué avec des mesures au pas de temps de dix minutes.

Les caractéristiques électriques de chaque type d'usage ont par ailleurs été systématiquement enregistrées (courant, tension, cos phi, cycles, etc.).

1-5 LE TRAITEMENT DES DONNEES

L'ensemble des valeurs mesurées a été placé dans une base de données relationnelle à partir de laquelle les analyses et requêtes ont pu être conduites.

1-5-1 Méthode d'annualisation des résultats

La plupart des résultats ont été affichés en valeurs annuelles, alors que les mesures ne se sont étalées que sur une partie de l'année. La méthode d'annualisation utilisée est la plus simple qui soit : c'est une règle de proportionnalité entre la durée de la période d'observation et la durée de l'année entière. Ce mode opératoire peut se justifier par le fait que les usages suivis sont en général assez peu saisonniers : ascenseurs, éclairages des parties communes (sans éclairage naturel), VMC, éclairage des garages, etc. Il existe en fait trois types d'usages susceptibles de variations saisonnières de consommation importantes : les auxiliaires de chaufferie (mais il n'y a pas de chaufferie ici), l'éclairage des zones bénéficiant d'éclairage naturel (mais il n'y en a que très peu ici), et l'éclairage extérieur lorsqu'il est assuré par des détecteurs crépusculaires et non par des horloges (sauf si celles-ci sont reprogrammées plusieurs fois par an).

Ce qui précède est confirmé par le graphique de la figure 1.6. Celui-ci représente la variation au cours de la campagne de mesures de la consommation journalière totale moyenne (à l'échelle du mois) pour chaque opération. Hormis une baisse d'ailleurs assez faible en août, on constate qu'il n'y a en fait qu'assez peu de variations de la consommation d'un mois à un autre. Ceci doit permettre de justifier la méthode d'annualisation adoptée.

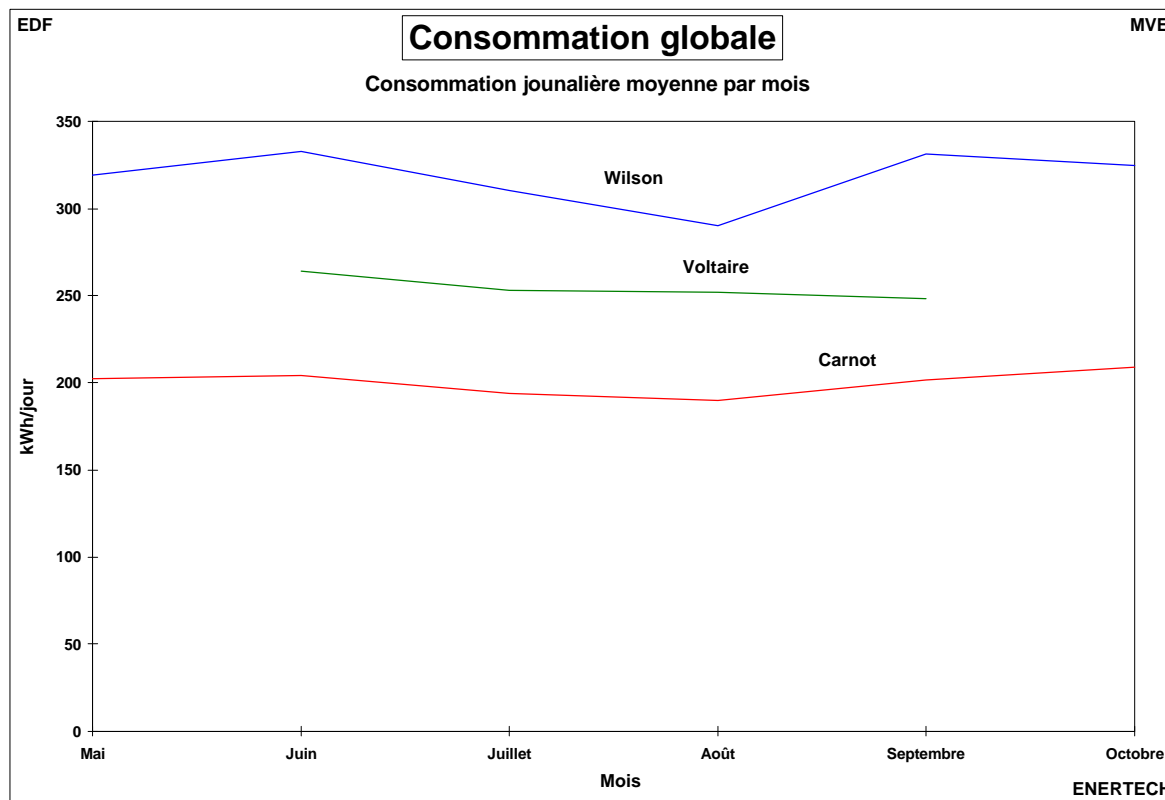


Figure 1.6 : variation mensuelle de la consommation totale des services généraux sur les 3 opérations instrumentées

1-5-2 Détermination des consommations par habitant

Dans un certain nombre de cas, le paramètre pertinent a semblé être le nombre d'habitants plutôt que le nombre de logements pour expliquer une consommation. Exprimer une consommation d'éclairage en kWh/an/logement peut conduire à des résultats fort différents selon que l'immeuble comporte plutôt des T1/T2 ou plutôt des T4/T5. Afin de disposer des vrais variables explicatives des consommations, il a paru judicieux dans certains cas de s'appuyer sur le nombre d'occupants. Pour déterminer, étage par étage, ou bâtiment par bâtiment, le nombre de personnes présentes, on a utilisé la règle de calcul simple qui suit : il y a n occupants dans un logement de type T_n (un T2 est occupé par deux personnes). Cette règle n'est pas parfaite comme nous-mêmes nous en sommes rendus compte (T4 occupé par 9 personnes), mais sur l'ensemble des cages elle est assez proche de la réalité et a permis de fournir certains éclaircissements intéressants sur le mode de construction des consommations ■

CHAPITRE 2 : STRUCTURE PAR USAGES DE LA CONSOMMATION GLOBALE

2-1 LE RECOLLEMENT DES CONSOMMATIONS

Nous disposons à la fois du suivi des compteurs EDF au pas de temps de dix minutes et des suivis par usages au même pas de temps. Le recollement des consommations consiste à vérifier que la somme des usages suivis est bien égal, ou sensiblement égal, au total observé sur le comptage général. La figure 2.1 représente la structure des consommations telles qu'elles apparaissent après recollement, l'échelle de 100 % étant évidemment donnée par le comptage général.

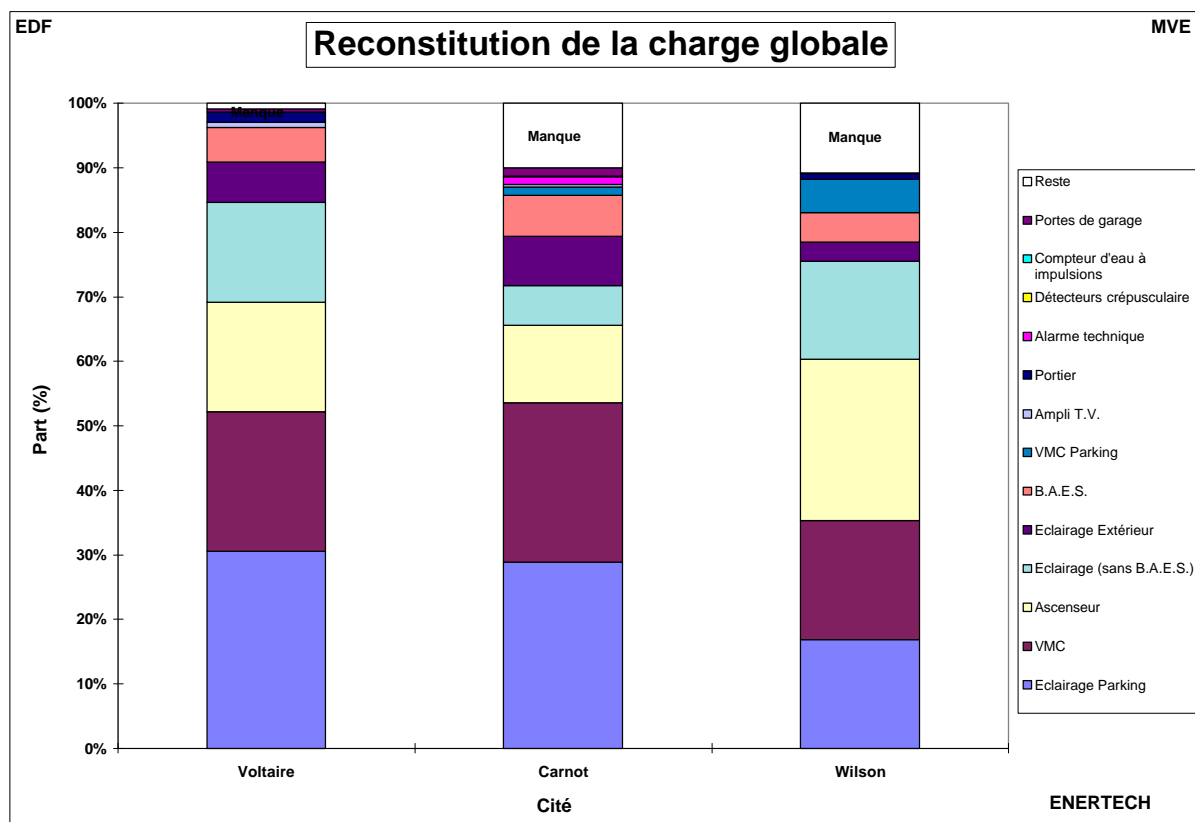


Figure 2.1 : recollement de la consommation par usage et de la consommation globale mesurée

Les paragraphes qui suivent traiteront de la structure de la consommation globale. La figure 2.1 est ici analysée du seul point de vue du recollement. On observe que la somme des

usages est différente de la consommation totale mesurée au compteur EDF dans des proportions assez différentes d'une opération à l'autre :

Opération	Différence de la consommation totale et de la somme des consommations par usage (kWh/an)	% de la consommation totale
Voltaire	792	0,8
Carnot	8.476	9,8
Wilson	11.988	10,4

Figure 2.2 : écart entre les consommations totales et les consommations par usage

L'écart observé sur Voltaire est très satisfaisant. Mais les écarts sur les deux autres opérations méritent des explications parmi lesquelles on peut retenir :

- l'existence de chutes de tension dues aux contacts et aux liaisons filaires qui sont probablement plus importantes qu'on l'imagine. Il n'est qu'à voir la chaleur dégagée par une armoire. Or nos appareils étant en aval des armoires ne mesurent pas ces pertes que l'on peut estimer à plusieurs % (3 ou 4 %),

- des usages n'ont pu être suivis parce que l'on n'a jamais trouvé leur protection et leur départ électriques dans aucune armoire : c'est le cas des pompes de relevage à Wilson et à Carnot, du portier électronique à Carnot, des VMC 39 et 68 et de l'ampli TV à Wilson,

- des usages n'ont pas été suivis (difficultés techniques)

- les mesures sur l'éclairage extérieur, faites en été, conduisent lors de l'annualisation des valeurs, à une sous-estimation de la consommation,

- plusieurs mesureurs, basés rappelons-le sur une mémorisation des données, ont connu des problèmes et des pertes de données. C'est le cas des lecteurs optiques sur les compteurs assurant le suivi des ascenseurs à Carnot. Ces lecteurs ont été un peu déplacés (releveur de compteurs EDF ?) en septembre et n'ont plus été actifs après. Certains énergiemètres placés dans des armoires électriques ont été perturbés par l'abondance de conducteurs et de champs électromagnétiques ne leur permettant plus de repérer celui qu'ils étaient censés suivre. C'est le cas pour la mesure du moteur de la porte de garage à Wilson,

- des mesureurs n'ont pas enregistré de données à cause de problèmes de connectique : c'est le cas des pulsemètres associés aux compteurs électriques instrumentant les ascenseurs des cages 39 et 68 à Wilson,

- des mesureurs n'ont pas été retrouvés lors de la dépose des matériels. Ils ont disparu pour une raison inconnue. C'est le cas de lampemètres dans les cages 68, 70 à Wilson,

- des lampemètres placés sur des sources lumineuses qui sont tombées en panne en cours de campagne (tube fluo dans le parking de Wilson),

- enfin il existe une incertitude relative sur les mesures due à la précision des appareils eux-mêmes (et le grand nombre d'usages suivis par des mesureurs différents augmente les erreurs relatives).

2-2 STRUCTURE DE LA CONSOMMATION TOTALE PAR USAGE

Le tableau de la figure 2.3 fournit pour les trois opérations la consommation de chaque usage et sa part en % de la consommation totale.

Usages	Voltaire		Carnot		Wilson	
	Conso. (kWh/an)	% de la conso. totale	Conso. (kWh/an)	% de la conso. totale	Conso. (kWh/an)	% de la conso. totale
Eclairage parking	31.098	31	24.975	29	19.419	17
Eclairage (sans BAES)	15.805	16	5.312	6	17.624	15
Eclairage extérieur	6.324	6	6.638	8	3.425	3
B.A.E.S	5.423	5	5.465	6	5.340	5
Ascenseur	17.442	17	10.561	12	29.455	25
VMC	21.907	22	21.339	25	21.373	18
VMC parking	?	?	1.095	1	5.844	5
Ampli TV	833	0,8	322	0,4		
Portier	1.560	1,5	0		1.100	1
Alarme technique			1.100	1,3		
Détecteur crépusculaire	--		102	0,1	--	
Portes de garage	455	0,4	1.052	1,2	?	?
Compteurs d'eau à impulsions	--		--		62	0,1
Autres non suivis	792	0,8	8.476	9,8	11.988	10,4
Total	101.639		86.437		115.630	

Figure 2.3 : Structure de la consommation d'électricité par usage

Si l'on s'intéresse aux principaux usages, la figure 2.4 donne une approche graphique comparative des trois opérations.

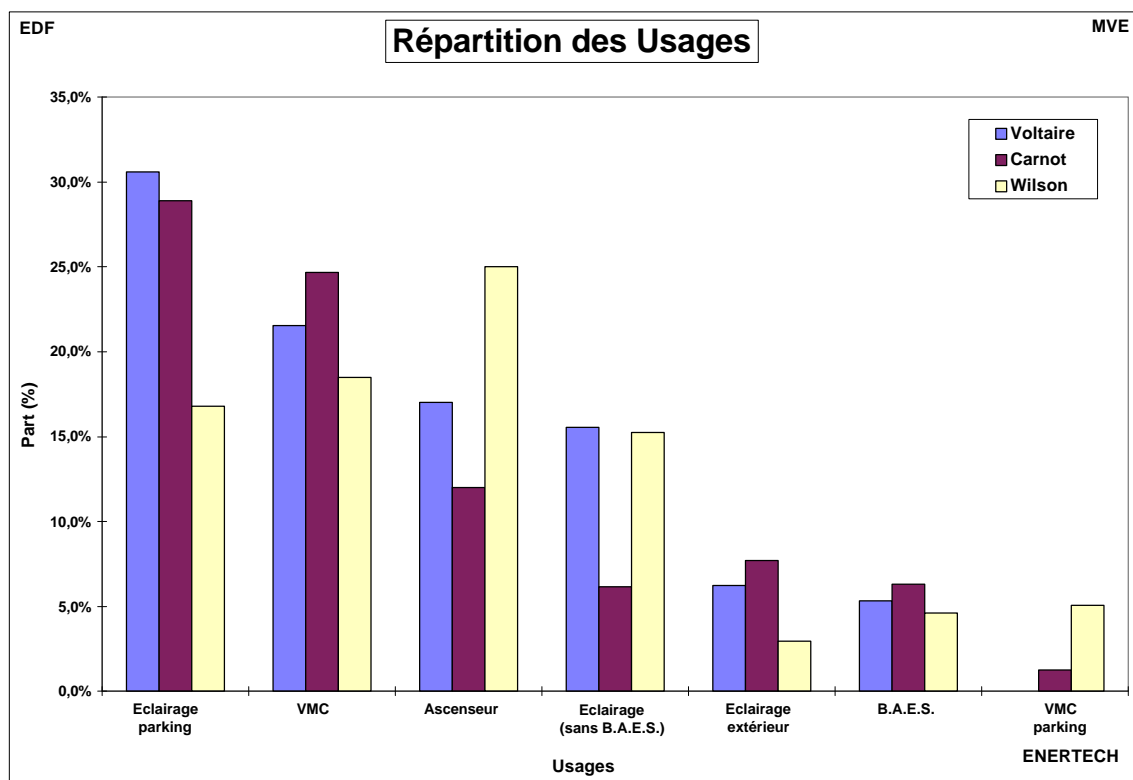


Figure 2.4 : parts des principaux usages dans la consommation globale des 3 opérations

On observe que :

■ les postes les plus importants sont au nombre de 4. A eux 4 ils représentent de 70 % (Carnot) à 83 % (Voltaire) de la consommation totale. Ces postes sont :

- l'éclairage parking qui est dans deux cas sur trois le premier poste de consommation. Il représente de 17 % (Wilson) à 31 % (Voltaire) de la consommation totale,
- la VMC qui est dans deux cas sur trois le second poste de consommation. Sa part dans la consommation totale va de 18 % (Wilson) à 25 % (Carnot),
- les ascenseurs dont le poids relatif est évidemment plus faible à Carnot où seulement 3 cages en possèdent un (10 % de la consommation totale), que dans les autres opérations (jusqu'à 21 % à Wilson),
- l'éclairage des circulations dont le poids peut aller de 6 % (à Carnot) à 16 % (Voltaire),

■ si l'on associe aux 4 postes précédents l'éclairage extérieur et les BAES, la part de la consommation totale atteinte par ces six postes s'échelonne de 79 % (Wilson) à 94 % (Voltaire).

Remarques :

1 - Il est important de souligner que les valeurs qui précèdent ne sont valables que pour des bâtiments ayant le même type d'usages que les trois opérations étudiées. Le cas des bâtiments possédant une chaufferie collective ou des surpresseurs par exemple, ne peut pas être assimilé avec ce qui précède sans précaution.

2 - un certain nombre d'usages étaient en panne lors de la campagne de mesures, ou au contraire, bloqués en état de marche permanent (cas de certaines minuteriers). Ils modifient donc évidemment le bilan et peuvent contribuer à établir certaines différences entre les trois opérations. La question de ces dysfonctionnements, relativement nombreux, sera évoquée dans les chapitres thématiques (chapitres 3 à 9) ■

CHAPITRE 3 : L'ECLAIRAGE INTERIEUR DES PARTIES COMMUNES

Remarque préliminaire

Les chapitres 3 à 9 sont des chapitres thématiques par usage. Ils s'appuient sur des analyses très détaillées qui ont été placées, pour ne pas alourdir le texte, dans les annexes techniques AT1 à 9 et économiques AE1 à 4, auxquelles le lecteur intéressé pourra se reporter. Chacun des chapitres 3 à 9 décrit d'abord sommairement la situation actuelle de l'usage telle qu'elle a été observée au cours de la campagne de mesures, puis présente les solutions d'améliorations. Afin que ce travail ait une portée la plus générale possible, des conseils techniques ont été proposés à la fois pour la réhabilitation et pour la construction neuve.

3-1 LES CIRCULATIONS HORIZONTALES (« COULOIRS »)

3-1-1 Caractéristiques actuelles

La notion de circulation horizontale (de « couloir ») est généralement associée, en construction de logements collectifs, à celle d'escalier encloué. La réglementation incendie impose en effet que tous les bâtiments à partir de la 3^{ème} famille (il s'agit des bâtiments dont le plancher du niveau le plus élevé est à plus de 8 m du sol) doivent comporter une distribution des logements articulée autour d'escaliers protégés du feu, dits « encloués », s'ouvrant à chaque étage sur des circulations horizontales au moyen de portes coupe-feu.

Il existe un second mode de distribution des logements. Il s'articule autour d'escaliers non encloués distribuant directement à chaque palier les logements. Cette solution ne se rencontre que dans les bâtiments de 2^{ème} famille, c'est à dire comportant en général pas plus de 3 niveaux. Le présent paragraphe traite donc des circulations horizontales, ou « couloirs » (voir aussi annexe technique n°1) associés aux escaliers « encloués ». Ceux-ci seront traités au § 3.2 (et en annexe technique n°2), et les escaliers non encloués seront traités au §3.3 (et en annexe technique n°3).

On a vu au chapitre précédent que l'éclairage était un des postes les plus importants de la consommation électrique des parties communes.

L'éclairage des circulations horizontales possède deux caractéristiques constructives fortes de conséquences :

- le câblage des commandes est effectué pour plusieurs étages simultanément. En moyenne 3 étages sont commandés en même temps. Lorsque l'usager du second se rend de son logement à l'ascenseur, il allume les couloirs 1 à 3. On conçoit que ce ne soit pas optimum d'un point de vue de la consommation électrique,

■ la minuterie est un dispositif absolument généralisé. Ce dispositif peut être détourné de deux façons : soit en bloquant par une cale le bouton poussoir. La durée de vie de la minuterie est alors d'environ 3 semaines. Soit en intervenant directement dans l'armoire électrique (ce qui semble de la compétence de certains locataires, ou peut-être des gardiens) en forçant la commande sans limitation de durée. Comme on le verra, ce sont là les deux inconvénients coûteux de l'usage des minuteries.

Le tableau de la figure 3.1 regroupe l'ensemble des principales caractéristiques d'utilisation de l'éclairage dans les circulations horizontales.

Etude des circulations horizontales	Opération			Moyenne générale
	Wilson	Carnot	Voltaire	
Nombre moyen d'étages commandés par une même minuterie	2,7	3,1	2,7	2,9
Consommation annuelle globale (kWh/an)	857	849	232	703
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	76	25	79	65
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	24	8	24	20
Durée moyenne des minuteries (minutes)	2,6	2,4	2,4	2,5
Nombre moyen d'allumages annuels par minuterie	30586	14948	22248	23698
Nombre moyen d'allumages annuels par habitant	1012	587	724	796/761
Durée moyenne de fonctionnement (heures/an)	2013	599	935	1275

Figure 3.1 : principales caractéristiques de l'éclairage des circulations horizontales

On observe que :

- en moyenne **2,9 étages** sont commandés simultanément par une même minuterie,
- la durée moyenne des minuteries est de **2,5 minutes**, alors que certaines minuteries (voir annexe 1) fonctionnent très bien avec une durée d'une minute, et que d'autres sont calées à 4 minutes! A l'évidence on oublie que la consommation d'électricité est proportionnelle à la durée des minuteries. Les circulations ne dépassant jamais 15 mètres, il est probable que la minute, voire une durée inférieure, est un juste milieu plus optimal,
- le nombre annuel moyen d'allumages d'une minuterie (commandant en moyenne 2,9 niveaux, rappelons-le) est de **23.700**. C'est important et devra être impérativement pris en compte lorsqu'on envisage l'utilisation de lampes fluocompactes dont on sait que l'électronique est sensible au nombre total d'allumages,

■ les minuteriers sont aussi actionnés en moyenne 796 fois/an par chaque habitant, lorsque la moyenne est calculée par cage d'escalier. En revanche, si cette moyenne est faite sur le nombre d'habitants, on obtient **761 fois/an/personne**. Ce chiffre peut surprendre, mais il est pourtant assez logique : cela fait en moyenne 2,08 fois/jour/personne, soit à peu de chose près sortir puis rentrer chez soi une fois par jour.

■ la durée moyenne de l'éclairage (toujours dans le cas où les circulations sont commandées par 2,9 à la fois) est de **1.275 h/an**.

Le tableau de la figure 3.2 donne les caractéristiques de fonctionnement de chacune des cages.

Cage	Décomposition des commandes des éclairages (1)	Nombre d'allumages par an	Durée des minuteriers (s)	Durée d'allumage des ampoules (h/an)	Consommation annualisée (kWh/an)
Carnot 103	1 à 3	16216	132	594,6	235,5
	4 à 7	12094	126	423,3	208,8
Carnot 105	1 à 4	15968	149	660,9	170,5
	5 à 7	14772	174	714	138,7
Carnot 107	1	2394	127	84,4	35,9
	2 à 3	21849	108	655,5	79,8
Carnot 72 Bis	1 à 5	21344	179	1061,3	684,4
Voltaire 29	1 à 2	28167	127	993,7	466
	3 à 4	24532	121	824,6	444
	5 à 6	14815	71	292,2	163
Voltaire 12	1 à 3	23638	204	1339,5	855
	4 à 6	31152	186	1609,5	975
Voltaire 14	1 à 3	24142	180	1207,1	758,1
	4 à 6	24954	180	1247,7	767
Voltaire 16	1 à 3			Problèmes	4339
	4 à 6	18322	140	712,5	346
Voltaire 62	1 à 3	22489	126	787,1	156
	4 à 6	10263	120	342,1	66
Wilson 37	1 à 2	29266	237	1926,7	490,7
	3 à 4	23420	156	1014,9	256,3
	5 à 7	9412	178	5065	1823,5
Wilson 39	1 à 2	27203	151	1141	284
	3 à 4	29171	149	1207,4	321,9
	5 à 6	25735	73	521,9	146,7
Wilson 43	1 à 4	21480	190	1133,7	2388,3
Wilson 68	1 à 4	34913	194	1881,4	1444,2
	5 à 7	44415	159	1961,7	906,3
	8	34486	159	1523,1	302,1
Wilson 70	1 à 5	56941	59	933,2	1063,7
	6 à 10			Problèmes	

(1) : il s'agit du nombre de niveaux commandés simultanément par une même minuterie.

Figure 3.2 : caractéristiques particulières de l'éclairage des circulations horizontales

Ce tableau permet de découvrir d'autres particularités des systèmes d'éclairage : la grande dispersion dans les résultats observés. Ainsi les consommations peuvent-elles varier, par minuterie, de 36 à 4.339 kWh/an. Ce phénomène met en évidence deux aspects très importants du fonctionnement de l'éclairage dans les parties communes :

■ l'absence d'optimisation des solutions techniques adoptées

On a vu que les minuteriers pouvaient avoir des durées de fonctionnement situées dans une plage de 1 à 4. On a également vu que les couloirs pouvaient être asservis individuellement à 4 sur une même minuterie (soit à nouveau un rapport de 1 à 4), et il peut aussi se trouver (bien que cela soit *a priori* plus rare) que la puissance des ampoules utilisées varie également autour de la puissance nominale de 60 W : on rencontre de temps à autre des ampoules de 100 W dans les circulations. Le produit de toutes ces plages de variation conduit à des écarts qui peuvent sans difficulté être de 1 à 15 ou à 20 entre deux cages d'escalier. Il n'est pas certain

que par le passé les concepteurs d'une part, et les maîtres d'ouvrage d'autre part, aient eu réellement conscience des enjeux qu'impliquaient les choix, ou l'absence de choix, qui étaient les leurs en la matière. Mais on voit ici qu'il existe de nombreux éléments propres à réduire la consommation d'éclairage des parties communes.

■ les dysfonctionnements.

Les dysfonctionnements sont l'une des découvertes importantes de cette campagne de mesure. On a effectivement observé à plusieurs reprises que des minuteriers restaient bloqués pour une cause inconnue pendant plusieurs mois consécutifs. C'est par exemple le cas de Voltaire 16 (couloirs étages 1 à 3), Wilson 43 (couloirs étages 1 à 4) et Wilson 37 (couloirs étages 5 à 7) qui sont restés allumés 123 jours pour Voltaire 16, 55 jours pour Wilson 43 et 69 jours pour Wilson 37. Ces défauts ont des conséquences importantes sur la consommation et créent des sur-facturations très élevées. Or il n'est peut-être pas si simple qu'il y paraît de repérer un dysfonctionnement : celui qui se rend dans une circulation allumée n'a pas de raison d'être surpris : quelqu'un peut parfaitement l'avoir précédé. Il y aurait donc un grand intérêt à pouvoir identifier les minuteriers défectueux. Des solutions seront proposées dans ce qui suit.

Notons néanmoins pour conclure, que le constat de blocage des minuteriers (probablement volontaire) traduit une inadaptation de l'outil aux besoins des usagers, ou pour le moins une intolérance de ceux-ci à cet outil. Il pourrait être nécessaire de réfléchir aux moyens qui permettraient de redonner à cet outil des fonctionnalités suffisamment satisfaisantes pour éviter que les utilisateurs n'en détournent l'objet.

3-1-2 Améliorations proposées

Les critiques que l'on peut faire au système actuel d'éclairage des circulations sont les suivantes :

- le câblage simultané de plusieurs niveaux est une source importante de surconsommation. Le câblage par niveau individuel serait beaucoup plus économe et permettrait des économies d'autant plus importantes que le nombre de niveaux asservis est important. Remplacer le câblage de 4 niveaux simultanés par 4 niveaux indépendants permettrait par exemple une réduction de consommation d'un facteur 3,5.

- la durée des minuteriers est en moyenne trop longue. Une réduction de leur durée permettrait de gagner un facteur au moins 2, et un asservissement à la présence de personnes permettrait de gagner un facteur 5 environ au niveau de la consommation électrique,

- Le matériel utilisé (bouton poussoir + minuterie) peut se bloquer en position allumée et entraîner une sur-consommation importante. Leur remplacement par des systèmes plus adaptés permettrait de minimiser, voire supprimer, ce genre de problèmes et d'éviter les sur-consommations inutiles.

Les critiques qui précèdent permettent de définir les pistes d'améliorations techniques qui s'imposent. Mais à ces améliorations techniques, qui généreront des économies d'exploitation, il faudra ajouter une seconde source de réduction des coûts de fonctionnement : les solutions techniques proposées conduiront fréquemment à « effacer » une partie de la puissance à souscrire, induisant par ce biais une économie supplémentaire.

3.1.2.1 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

➤ *Individualisation de la commande d'allumage des couloirs :*

- La séparation des couloirs entraînera une réduction de la consommation dépendant du nombre d'étages précédemment commandés. Ces facteurs de réduction ont été déterminés en prenant en compte la probabilité pour qu'à un instant donné, plusieurs personnes situées à des niveaux différents sollicitent simultanément l'éclairage des couloirs. Les taux d'économie seraient :
 - pour 2 étages : 1.9
 - pour 3 étages : 2.7
 - pour 4 étages : 3.4
 - pour 5 étages : 4.0

Cette solution permet de réduire par un même facteur la fréquence et les surconsommations dues aux dysfonctionnements. En effet, si on fait l'hypothèse que ces dysfonctionnements ont une origine humaine, le taux de dysfonctionnements ne dépend que du nombre d'habitants dans l'immeuble. Par voie de conséquence, il n'y aura pas plus de minuterie bloquées chaque année, mais celles qui seront bloquées commanderont beaucoup moins d'étages qu'actuellement. Il y aura donc économie.

Conjointement à la séparation des couloirs, deux solutions, avec chacune ses avantages propres, ont été retenues pour **asservir l'allumage à la présence de personnes** :

➤ *Utilisation de minuterie :*

- La séparation des couloirs nécessite l'installation d'une minuterie à chaque niveau de l'immeuble. Pour simplifier le câblage, la minuterie sera installée dans la gaine technique de chaque niveau. Cette minuterie sera réglée à **60 secondes**, qui est une durée suffisante en moyenne pour l'utilisation des couloirs, cette durée pouvant être affinée par la suite. Le prix d'installation, comprenant le matériel (minuterie + coffret) et l'installation, est de 350 F.H.T. par étage. La mise en œuvre est simplifiée par l'utilisation du câblage existant et par une intervention qui ne se fera qu'au niveau de la gaine technique.

Deux types de minuterie sont théoriquement possibles : les minuterie classiques (solution décrite ci-dessus) et les minuterie dites « intelligentes » qui autorisent des dérogations avec retour automatique au régime programmé. Ce second type de minuterie permet d'effacer complètement les dysfonctionnements, ce que ne fait pas la minuterie classique. Compte tenu du léger surcoût des minuterie intelligentes, les deux solutions doivent présenter sensiblement le même intérêt économique.

➤ *Utilisation de détecteurs de présence*

- Cette solution nécessite l'installation de deux détecteurs de présence par étage pour obtenir une bonne détection de mouvement dans les couloirs. Ces détecteurs permettent de s'affranchir des blocs minuterie et des boutons poussoirs présents à chaque étage. La durée d'allumage sera directement proportionnel au temps de présence des personnes dans le couloir et permettra un gain supplémentaire au niveau de la consommation électrique estimé à un facteur 2 par rapport à une minuterie fixe de 60 secondes. Cette solution permettrait d'éliminer les dysfonctionnements et donc de minimiser la

consommation électrique. Le confort d'utilisation sera très supérieur grâce à la fonction « allumage main-libre » qui évitera aussi les difficultés pour trouver l'interrupteur dans l'obscurité. Cette solution sera un peu plus coûteuse : 450 F.H.T. par détecteur, pose comprise, ce qui conduit à un total de 900 F.H.T. par étage.

➤ *Utilisation de lampes fluocompactes*

- Cette solution est celle qui est souvent préconisée, mais il n'est pas certain que ce soit une bonne réponse dans l'état actuel de la technologie de l'éclairage des couloirs d'une part, et des lampes fluocompactes d'autre part.

En effet, les mesures ont montré que, dans l'état actuel des systèmes de commande (2,9 couloirs raccordés par minuterie), le nombre d'allumages moyen supporté annuellement par une minuterie et les ampoules associées est de **23.700**. Mais le nombre d'allumages des lampes fluocompactes est leur point faible. Les fabricants ne donnent pas d'indication précises (mais 100.000 allumages semble être un grand maximum, et 20.000 souvent plus près de la réalité).

En revanche, si les systèmes de commande des couloirs sont rendus indépendants, le nombre d'allumages annuel sera inférieur à 10.000, mais la durée de fonctionnement des ampoules sera aussi beaucoup plus faible (de l'ordre de 400 h/an, voire 150 à 200 h/an si les minuteries sont réglées à la minute), ce qui peut dans certains cas réduire voire supprimer l'intérêt des lampes fluocompactes.

Il apparaît à la lumière de ce qui précède que le choix des lampes fluocompactes doit désormais satisfaire à deux critères distincts :

■ le **temps de retour « économique »** est le nombre d'années de fonctionnement nécessaire pour que l'économie d'exploitation rembourse le surcoût de l'ampoule. Cette notion est classique. Il faut bien sûr, que le temps de fonctionnement auquel conduit ce calcul soit compatible avec la durée de vie de l'ampoule, mais ceci ne pose en général aucun problème,

■ la **durée de vie au nombre de cycles** de l'ampoule doit être supérieure au temps de retour « économique ». Cette durée de vie est égale au nombre de cycles admissible de l'ampoule (fourni bientôt, espérons-le, par les fabricants), divisé par le nombre de cycles annuel prévu sur l'installation. Si on découvre que la tenue aux allumages est de deux ans alors que le temps de retour « économique » est de 4 ans, la solution ne sera évidemment pas viable.

Mais l'usage des ampoules fluocompactes dans les circulations se heurte à une autre difficulté. On peut en effet penser que la durée des minuteries devrait être revue à la baisse et adaptée aux besoins réels, ce qui la conduirait à être calée autour d'une minute. Or les lampes fluocompactes ne disposent pas, à l'allumage, de la totalité de leur puissance lumineuse, mais seulement d'environ 40 % de cette puissance maximum. Après trente secondes on atteint 55 ou 60 % de celle-ci, et seulement 80% après une minute (ces valeurs varient sensiblement d'une marque à l'autre). Ce défaut les rend en réalité assez inadaptées à l'éclairage intermittent des parties communes. Certains maîtres d'ouvrage ont préféré les laisser fonctionner 24h/24. Mais le résultat économique est alors catastrophique car leur consommation est supérieure à celle des lampes ordinaires fonctionnant de façon intermittente.

C'est la raison principale pour laquelle nous avons préféré exclure les lampes fluocompactes du champ des solutions alternatives pour les couloirs. Mais à cette raison, s'ajoutent les incertitudes pesant sur le nombre exact d'allumages acceptables par ces lampes, et la très faible durée annuelle de fonctionnement des ampoules dans le cas d'une séparation des commandes et d'un réglage des minuteries à des temps de fonctionnement plus courts.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

Séparer les commandes d'éclairage conduira à réduire la puissance appelée, tout en tenant compte de la probabilité que deux ou plusieurs circulations sollicitent simultanément l'éclairage.

Nous avons conscience que, avec le tarif bleu (utilisé dans deux des trois opérations), la réduction de puissance ne peut se faire au mieux que par 3 kVA, ou au pire par 6 kVA. La réduction éventuelle de puissance ne pourra donc être envisagée que lorsque l'ensemble des dispositions d'améliorations sera retenu. Le cumul des réductions de puissance permettra alors de franchir les seuils minimum de 3 ou 6 kVA.

Rappelons la nature des abonnements souscrits pour l'éclairage (et les autres usages la plupart du temps), tels qu'ils apparaissent dans le tableau de la figure 1.2 :

- 1 tarif bleu – Option Base – 18 kW pour Carnot 103, 105, 107, 68-72Bis
- 1 tarif bleu – Option Base – 36 kW pour Carnot 10 et 12
- 1 tarif bleu – Option Base – 18 kW pour Carnot 4 et 8
- 1 tarif bleu – Option Base – 18 kW pour Voltaire 29
- 1 tarif bleu – Option Base – 18 kW pour Voltaire 12
- 1 tarif bleu – Option Base – 18 kW pour Voltaire 14
- 1 tarif bleu – Option Base – 18 kW pour Voltaire 16
- 1 tarif bleu – Option Base – 18 kW pour Voltaire 62
- 1 tarif vert – Option Moyennes utilisations pour Wilson

Le tableau de la figure AE1.2 (voir Annexe économique n°1, § AE1.2) regroupe, pour l'ensemble des cages souscrivant le même abonnement, la puissance qui pourrait être effacée par les dispositions d'économie envisagées dans ce qui précède. Le tableau de la figure 3.3 regroupe pour chaque abonnement, les réductions totales de puissance que l'on peut attendre, ainsi que les économies induites par ces réductions.

Cage	Puissance souscrite kVA ou kW	Réduction de puissance (kVA ou kW)	Coût du kVA ou du kW effacé (F TTC/an)	Economie réalisée (F TTC/an)
Carnot 103-105-107-68-72b	18	1,355	99,26	135
Carnot 10-12	36	0,339	175,72	60
Carnot 4-8	18	0,509	99,26	50
Voltaire 29	18	0,758	99,26	75
Voltaire 12	18	0,400	99,26	40
Voltaire 14	18	0,400	99,26	40
Voltaire 16	18	0,400	99,26	40
Voltaire 62	18	0,133	99,26	13
Wilson	Tarif Vert MU	1,941	263,71	512

Figure 3.3 : économies annuelles dues à la baisse des puissances induites par les solutions économes pour l'éclairage des couloirs

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de chaque usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonniers. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 3.4.

	Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Carnot	Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Voltaire	Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Wilson	Tarif Vert-Moyennes utilisations-660 kW	0,3623

Figure 3.4 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour l'éclairage des couloirs

Les tableaux des figures 3.5 et 3.6 regroupent l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques des deux solutions proposées. Le détail, couloir par couloir de ces valeurs figure dans l'annexe économique n°1 (§AE1.1).

Opérations	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Carnot	1 386 (-85 %)	9 209	928	245	1 173
Voltaire	4 873 (-84 %)	12 558	3 264	208	3 472
Wilson	6 278 (-82 %)	14 232	2 275	512	2 787
Ensemble	12 537 (-83 %)	35 999	6 467	965	7 432

Figure 3.5 tableau récapitulatif général pour la solution n°1 (séparation des circuits de commande et réglage des minuteries) pour l'éclairage des couloirs

Opérations	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Carnot	1 504 (-93 %)	23 680	1 007	245	1 252
Voltaire	5 334 (-92 %)	32 292	3 573	208	3 781
Wilson	6 967 (-91 %)	36 598	2 524	512	3 036
Ensemble	13 805 (-92 %)	92 570	7 104	965	8 069

Figure 3.6 tableau récapitulatif général pour la solution n°2 (séparation des circuits de commande et détecteurs de présence) pour l'éclairage des couloirs

Sur l'ensemble des 3 opérations, le temps de retour brut est de **4,8 ans** pour la solution n°1 et de **11,5 ans** pour la solution n°2.

La solution n°2 apparaît comme plus difficile à rentabiliser que la solution n°1, mais elle ne doit pas être rejetée pour autant car plusieurs facteurs plaident en sa faveur :

- cette solution est la seule permettant de supprimer les dysfonctionnements de façon totale (sauf en principe à utiliser les minuteries intelligentes), ce qui représente un enjeu énergétique et économique important,

- en réhabilitation le coût de mise en oeuvre est élevé car il n'existe pas de moins-value, alors qu'en construction neuve, cette solution est formidablement intéressante car **elle revient moins cher** que la solution traditionnelle de câblage des couloirs 4 par 4. En effet, elle permet de réduire considérablement le coût du câblage, ce qui permet de financer les détecteurs de présence (à la place de la minuterie et des poussoirs). C'est une solution moins chère que toutes les autres et plus performante. On peut donc affirmer que c'est impérativement la solution à adopter en construction neuve (d'un point de vue strictement énergétique, bien sûr).

3.1.2.2 Règles de conception pour la construction neuve

Les marges de manoeuvre sont beaucoup plus importantes en construction neuve qu'en réhabilitation. Les règles qui pourraient être systématisées facilement en construction neuve pour la conception des couloirs sont les suivantes :

- favoriser au maximum l'éclairage naturel. Cet aspect n'a pas été abordé dans ce qui précède car aucun des couloirs étudiés ne disposait d'éclairage naturel. Mais parmi les autres usages où il a été possible de comparer les solutions avec et sans éclairage naturel (cas des escaliers), l'avantage produit par l'éclairage naturel est évident. Les études ont montré (voir fig AT1.13 et AT1.14 dans l'annexe technique n°1) qu'environ les deux tiers du trafic dans les couloirs s'opérait pendant les heures de jour. Recourir à l'éclairage naturel permettrait de réduire la consommation de l'éclairage des couloirs de 35 à 50 %,

- séparer impérativement les circuits de commande des différents couloirs pour faire en sorte que chacun soit commandé indépendamment des autres,

- préférer aux minuteries les commandes par détecteurs de présence dans les couloirs. La séparation des commandes associée à des détecteurs de présence est une solution moins coûteuse que la solution traditionnelle de la minuterie commandant plusieurs niveaux simultanément. On prévoira de préférence deux détecteurs de présence par couloir,

- si on est obligé d'utiliser des minuteries, en choisir de préférence d'un modèle dit « intelligent » permettant d'accepter des dérogations d'allumage allant jusqu'à une heure, et surtout, revenant automatiquement au régime programmé (ce qui supprimera les dysfonctionnements observés). Ces minuteries permettent également la programmation précise de la durée d'éclairage. Optimiser cette durée de façon très fine, probablement autour de la valeur d'une minute,

- utiliser des lampes à incandescence à filament renforcé. Elles résistent beaucoup mieux aux allumages répétés. Eviter, *a contrario*, les lampes basse consommation, sauf si l'utilisation prévue est constituée de temps unitaires de fonctionnement de plusieurs minutes, et d'un nombre d'allumages annuel inférieur à 10.000,

- ne pas surdimensionner la puissance lumineuse installée et recourir de préférence à des luminaires de bonne qualité, possédant notamment des réflecteurs (ce qui est généralement le cas des modèles observés sur place). S'interdire l'éclairage indirect, très consommateur,

- adopter pour les couloirs des couleurs de parois plutôt claires ou très claires,

- penser à la maintenance des luminaires : un nettoyage régulier éviterait qu'ils perdent toute leur transparence.

3-2 LES ESCALIERS ENCLOISONNES

N.B. : on trouvera l'ensemble de l'analyse technique concernant les escaliers encloisonnés dans l'annexe technique n°2 (§ AT2.1 et suivants) et les éléments de l'analyse économique dans l'annexe économique n°2 (§AE2.1 et suivants).

3-2-1 Caractéristiques actuelles

La consommation de l'éclairage des escaliers encloisonnés est **3,7 fois** moins importante, pour un bâtiment, que celle de l'éclairage des couloirs. Mais elle mérite également intérêt car des dispositions simples peuvent être adoptées.

L'éclairage des escaliers encloisonnés possède, comme les couloirs, deux caractéristiques constructives principales :

- le câblage des commandes est effectué en moyenne pour **4,1 étages** simultanément. Mais contrairement aux couloirs, cette disposition est acceptable car il est préférable de n'avoir pas à actionner une minuterie à chaque étage. En revanche, il arrive (voir Wilson 70) que 7, voire 10 étages soient commandés simultanément. C'est beaucoup trop et conduit, comme pour les couloirs à des surconsommations. Pour des escaliers, trois niveaux sur une même commande semble être un compromis acceptable,

- la minuterie est un dispositif généralisé. Elle présente les mêmes limites et les mêmes inconvénients que dans le cas des couloirs.

Le tableau de la figure 3.7 regroupe les principales caractéristiques d'utilisation de l'éclairage dans les escaliers encloisonnés.

Etude des escaliers encloisonnés	Opération			Moyenne générale
	Wilson	Carnot	Voltaire	
Nombre moyen d'étages commandés par une même minuterie	4,4	5,3	3,3	4,1
Consommation annuelle globale (kWh/an)	336	71	306	268
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	21,6	4,0	25,3	19,5
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	5,6	1,3	7,0	5,4
Durée moyenne des minuteriers (minutes)	1,8	2,0	2,0	1,9
Nombre moyen d'allumages annuels par minuterie	8950	5599	8534	8069
Nombre moyen d'allumages annuels par habitant	159	105	190	179
Durée moyenne de fonctionnement (heures/an)	1120	236	1147	946

Figure 3.7 : principales caractéristiques de l'éclairage des escaliers encloisonnés

On observe que :

- la consommation moyenne d'un escalier encloué est de **268 kWh/an**,
- en moyenne **4,1 étages** sont commandés simultanément par une même minuterie,
- la durée moyenne des minuteries est de **1,9 minutes**, alors que certaines minuteries (voir annexe technique n°2) fonctionnent très bien avec une durée d'une minute, et que d'autres sont calées à plus de 3 minutes. La consommation d'électricité est proportionnelle à la durée des minuteries,
- le nombre annuel moyen d'allumages d'une minuterie (pour 4,1 niveaux commandés/minuterie) est de **8.070**. C'est trois fois moins que pour les couloirs, et permettrait d'envisager l'utilisation de lampes fluocompactes,
- les minuteries sont aussi actionnées en moyenne **179 fois/an/habitant**. Ce chiffre est 4,3 fois plus faible que pour les couloirs,
- la durée moyenne de l'éclairage (dans l'état actuel des asservissements) est de **946 h/an**.

Le tableau de la figure 3.8 donne les caractéristiques de fonctionnement de chacune des cages.

Cage	Décomposition des commandes des éclairages (1)	Nombre d'allumages par an	Durée des minuteries (s)	Durée d'allumage des ampoules (h/an)	Consommation annualisée (kWh/an)
Carnot 103	0 à 7	1270	118	41,6	21,7
Carnot 105	0 à 7	2958	73	60,0	29,9
Carnot 107	0 à 3	6562	115	209,6	42,3
Carnot 72Bis	1 à 4	11606	184	633,4	190
Voltaire 29	0 à 3 4 à 6	21211 1688	117 119	816,0 61,4	195,1 11,1
Voltaire 12	0 à 3 4 à 6	14002 4648	181 175	704,0 226,0	277 45
Voltaire 14	0 à 3 4 à 6	13784	180	771,8 Problème	185,1
Voltaire 16	0 à 3 4 à 6	1470 1249	90 119	6183,5 41,3	1483,2 8,1
Voltaire 62	0 à 6	10223	121	374,7	247,3
Wilson 37	1 à 3 4 à 7	15809 2786	96 125	764,6 714,9	183,5 171,6
Wilson 39	1 à 3 4 à 6	12152 2907	64 58	3158,1 984,1	758 177,1
Wilson 43	1 à 4	1964	180	98,2	28,7
Wilson 68	1 à 4 5 à 8	13876	189	728,5 Problème	198,6
Wilson 70	1 à 10	13155	132	1396,4	837,8

(1) : il s'agit du nombre de niveaux commandés simultanément par une même minuterie.

Figure 3.8 : caractéristiques particulières de l'éclairage des escaliers encloués

Ce tableau fait apparaître une grande dispersion des consommations qui varient, par minuterie, de **22 à 1.483 kWh/an**. Comme pour les couloirs ceci met en évidence l'absence d'optimisation des dispositions techniques adoptées (plage de calage des minuteries étonnamment large, puissance des luminaires, etc.), mais aussi le rôle important des dysfonctionnements : plusieurs minuteries sont restées bloquées plusieurs jours (blocage sur 4 minuteries respectivement de 8j, 49j, 12j, 44j).

On peut penser, là aussi, que le blocage des minuteries (probablement volontaire) traduit une inadéquation de l'outil aux besoins des usagers, ou pour le moins une intolérance de ceux-ci à cet outil. Il faut réfléchir aux moyens qui permettraient de redonner à cet outil des fonctionnalités suffisamment satisfaisantes pour éviter que les utilisateurs n'en détournent l'objet.

3-2-2 Améliorations proposées

Les critiques que l'on peut faire au système actuel d'éclairage des escaliers encloués sont les suivantes :

- la commande simultanée de plus de 3 niveaux est une source importante de surconsommation. La limitation des commandes à 3 niveaux simultanés permettrait des économies d'autant plus importantes que le nombre de niveaux asservis actuellement est important,

- la durée des minuteries est en moyenne trop longue. Leur durée et les consommations induites pourraient être réduites au moins d'un facteur 1,5

- Le matériel utilisé (bouton poussoir + minuterie) peut se bloquer en position allumée et entraîner une sur-consommation importante. Leur remplacement par des systèmes plus adaptés permettrait de minimiser, voire supprimer, ce genre de problèmes et d'éviter les sur-consommations inutiles.

Comme pour les couloirs, les améliorations techniques proposées génèrent des réductions du coût d'exploitation se décomposant en une réduction d'abonnement due à la baisse éventuelle de la puissance souscrite, et en une réduction des consommations d'électricité.

3.2.2.1 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

- Révision et réglage des minuteries à une valeur de 60 secondes
 - L'individualisation de la commande des escaliers n'étant pas judicieuse (contrairement aux couloirs), la mesure retenue consistera en une révision du système de minuterie permettant de minimiser les problèmes de blocage et par la même occasion de les régler à 60 secondes. Sa mise en œuvre est simple en terme de travaux (pas de travaux si ce n'est le remplacement des minuteries défaillantes lors de l'examen) mais le réglage des minuteries pourra demander un peu de temps, les indications portées sur l'appareillage n'étant pas toujours fiables.

En variante on pourra proposer des minuteries intelligentes. Elles permettront de récupérer plus complètement le gisement des dysfonctionnements et d'offrir un service de meilleure qualité.

- Remplacement des ampoules à incandescence par des ampoules fluocompactes
 - L'éclairage des escaliers encloués se prête plutôt bien à l'usage d'ampoules fluocompactes, contrairement aux couloirs. Mais dans le cas où cette mesure serait utilisée, on a pris le parti de ne pas modifier la durée des minuteries (un choix qui méritera confirmation). Les ampoules de 60 W seront remplacées par des L.F.C. de 15 W. Ceci conduira à une réduction de la puissance appelée et de la consommation par un facteur 4.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

Le détail des réductions de puissance dues à l'usage des lampes basse consommation figure au § AE2.2 de l'annexe économique n°2.

Le tableau de la figure 3.9 regroupe pour chaque abonnement, les réductions totales de puissance que l'on peut attendre, ainsi que les économies induites par ces réductions.

Cage	Puissance souscrite kVA ou kW	Réduction de puissance (kVA ou kW)	Coût du kVA ou du kW effacé (F TTC/an)	Economie réalisée (F TTC/an)
Carnot 103-105-107-68-72b	18	1,08	99,26	107
Voltaire 29	18	0,315	99,26	31
Voltaire 12	18	0,315	99,26	31
Voltaire 14	18	0,315	99,26	31
Voltaire 16	18	0,315	99,26	31
Voltaire 62	18	0,495	99,26	49
Wilson	Tarif Vert MU	1,575	263,71	415

Figure 3.9 : économies annuelles dues à la baisse des puissances induites par l'adoption de lampes fluocompactes pour l'éclairage des escaliers encloisonnés

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de chaque usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonniers. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 3.10.

	Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Carnot	Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Voltaire	Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Wilson	Tarif Vert-Moyennes utilisations-660 kW	0,3642

Figure 3.10 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour l'éclairage des escaliers encloisonnés

Les tableaux des figures 3.11 et 3.12 regroupent l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques des deux solutions proposées. Le détail, escalier par escalier de ces valeurs figure dans l'annexe économique n°2 (§AE2.1).

Opérations	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Carnot	164 (-58 %)	0	110	0	110
Voltaire	613 (-58 %)	0	411	0	411
Wilson	686 (-58 %)	0	250	0	250
Ensemble	1 463 (-58 %)	0	771	0	771

Figure 3.11 tableau récapitulatif général pour la solution n°1 (réglage des minuteries) pour l'éclairage des escaliers encloisonnés

Opérations	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Carnot	213 (-75 %)	1 200	143	107	250
Voltaire	1 839 (-75 %)	1 950	1 232	173	1 405
Wilson	1 766 (-75 %)	1 750	643	415	1 058
Ensemble	3 818 (-75 %)	4 900	2 018	695	2 713

Figure 3.12 tableau récapitulatif général pour la solution n°2 (lampe basse consommation) pour l'éclairage des escaliers encloués

Sur l'ensemble des 3 opérations, le temps de retour brut est de **nul** pour la solution n°1 et de **1,8 ans** pour la solution n°2.

Conclusion : les solutions proposées pour l'amélioration de l'éclairage des escaliers encloués sont donc extrêmement rentables, même si les enjeux énergétiques et financiers ne sont pas très importants.

3.2.2.2 Règles de conception pour la construction neuve

Les règles qui pourraient être systématisées facilement en construction neuve sont les suivantes :

- favoriser au maximum l'éclairage naturel. Comme pour les couloirs, les analyses ont montré (voir fig. AT2.12 et AT2.13 dans l'annexe technique n°2) qu'environ 55 % du trafic dans les escaliers encloués s'opère pendant les heures de jour. Recourir à l'éclairage naturel permettrait de réduire la consommation de l'éclairage des escaliers encloués d'environ 30 %,

- séparer impérativement les circuits de commande des différents étages de façon à ce qu'il n'y ait pas plus de trois étages d'escalier commandés par la même minuterie,

- choisir de préférence des minuteries d'un modèle dit « intelligent » permettant d'accepter des dérogations d'allumage allant jusqu'à une heure, et surtout, revenant automatiquement au régime programmé (ce qui supprimera les dysfonctionnements observés). Ces minuteries permettent également la programmation précise de la durée d'éclairage. Optimiser cette durée de façon très fine, probablement autour de la valeur d'une minute,

- utiliser des lampes fluocompactes,

- ne pas surdimensionner la puissance lumineuse installée et recourir de préférence à des luminaires de bonne qualité, possédant notamment des réflecteurs (ce qui est généralement le cas des modèles observés sur place). S'interdire l'éclairage indirect, très consommateur,

- adopter pour les escaliers encloués des couleurs de parois plutôt claires ou très claires,

- penser à la maintenance des luminaires : un nettoyage régulier éviterait qu'ils perdent toute leur transparence.

3-3 LES ESCALIERS NON ENCLOISONNES

N.B. : on trouvera l'ensemble de l'analyse technique concernant les escaliers non encloisonnés dans l'annexe technique n°3 (§ AT3.1 et suivants).

3-3-1 Caractéristiques actuelles

Les escaliers non encloisonnés ne concernent que des escaliers de faible hauteur (inférieurs à R+3). Ils sont plus fréquentés que les escaliers encloisonnés car ils sont placés dans des cages ne possédant généralement pas d'ascenseur. Ils bénéficient très souvent d'un large éclairage naturel. Seules 8 cages dans l'échantillon analysé, toutes à Carnot, sont de ce type.

Le tableau de la figure 3.13 regroupe les principales caractéristiques d'utilisation de l'éclairage dans les escaliers non encloisonnés.

Etude des escaliers non encloisonnés	Opération Carnot
Nombre moyen d'étages commandés par une même minuterie	4
Consommation annuelle globale (kWh/an)	120
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	15,1
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	4,5
Durée moyenne des minuterie (minutes)	1,8
Nombre moyen d'allumages annuels par minuterie	8940
Nombre moyen d'allumages annuels par habitant	333
Durée moyenne de fonctionnement (heures/an)	211

Figure 3.13 : principales caractéristiques de l'éclairage des escaliers non encloisonnés

On observe que :

- la consommation moyenne d'un escalier non encloisonné est de **120 kWh/an**, soit 2,2 fois moins qu'un escalier encloisonné,
- en moyenne **4 étages** sont commandés simultanément par une même minuterie (tous les bâtiments sont des R+3),
- la durée moyenne des minuterie est de **1,8 minutes**,
- le nombre annuel moyen d'allumages d'une minuterie (commandant en moyenne 4 niveaux) est de **8.940**, donc du même ordre de grandeur que les escaliers encloisonnés,
- les minuterie sont aussi actionnées en moyenne **333 fois/an/habitant**. Ce chiffre est 1,9 fois plus important que pour les escaliers encloisonnés, ce qui s'explique simplement par le trafic supérieur dû à l'absence d'ascenseur,

■ la durée moyenne de l'éclairage (dans l'état actuel des asservissements) est de **211 h/an**, soit 4,5 fois moins que pour les escaliers encloués. Cet écart est essentiellement dû à l'importance de l'éclairage naturel observé dans les escaliers non encloués.

Les escaliers non encloués se caractérisent aussi par une très importante dispersion de la consommation annuelle, puisque celle-ci peut varier de 9 à 572 kWh/an/escalier. Cet écart considérable, pour des escaliers tous identiques, s'explique d'abord par l'orientation des cages (celles orientées Sud ou Sud-Ouest consommant beaucoup moins que celles orientées Nord) et par le fait que la puissance installée par cage varie du simple au double.

Enfin nous n'avons pas observé de dysfonctionnements dans les escaliers non encloués.

3-3-2 Améliorations proposées

Les escaliers non encloués ne nous ont pas paru devoir faire l'objet de mesures d'amélioration particulières, parce qu'en moyenne ils sont assez peu consommateurs. Les critiques que l'on peut leur faire sont sensiblement les mêmes que pour les escaliers encloués, mais l'enjeu énergétique ne justifie généralement pas que l'on fasse des travaux importants sur ce type d'escaliers (sauf peut-être sur les cages mal orientées pour lesquelles l'usage des lampes basse consommation pourrait être envisagé). En revanche, les règles à respecter en cas de construction neuve sont généralement peu coûteuses et méritent d'être appliquées.

Règles de conception pour la construction neuve

Les règles qui pourraient être systématisées facilement en construction neuve sont les suivantes :

- favoriser au maximum l'éclairage naturel. La comparaison directe entre cages avec et sans éclairage naturel montre très clairement l'intérêt de l'éclairage naturel,
- choisir de préférence des minuteries d'un modèle dit « intelligent » permettant d'accepter des dérogations d'allumage allant jusqu'à une heure, et revenant automatiquement au régime programmé. Ces minuteries permettent également la programmation précise de la durée d'éclairage. Optimiser cette durée de façon très fine, probablement autour de la valeur d'une minute,
 - utiliser des lampes fluocompactes,
 - ne pas surdimensionner la puissance lumineuse installée et recourir de préférence à des luminaires de bonne qualité, possédant notamment des réflecteurs (ce qui est généralement le cas des modèles observés sur place). S'interdire l'éclairage indirect, très consommateur,
 - adopter pour les escaliers non encloués des couleurs de parois plutôt claires ou très claires,
 - penser à la maintenance des luminaires : un nettoyage régulier éviterait qu'ils perdent toute leur transparence.

3-4 LES HALLS D'ENTREE

N.B. : on trouvera l'ensemble de l'analyse technique concernant les halls d'entrée dans l'annexe technique n°4 (§ AT4.1 et suivants) et les éléments de l'analyse économique dans l'annexe économique n°3 (§AE3.1). Les cages équipées d'escaliers non encloués ne possèdent pas d'éclairage distinct pour les halls. Elles n'apparaissent donc pas dans ce qui suit.

3-4-1 Caractéristiques actuelles

La consommation de l'éclairage des halls d'entrée est **3,2 fois** moins importante, pour un bâtiment, que celle de l'éclairage des couloirs. Mais elle possède des spécificités qu'il est intéressant d'analyser pour améliorer la conception des halls.

Les principales caractéristiques des halls sont :

- leur orientation (Sud ou Nord) : elle joue un rôle majeur sur le niveau de la consommation d'éclairage,
- leur géométrie : les halls en L sont beaucoup plus consommateurs parce que pour attendre l'ascenseur (généralement placé dans le retour du L) on est obligé d'éclairer,
- la puissance installée varie de 180 à 840 W d'un hall à l'autre,
- la minuterie est un dispositif généralisé, mais sa durée varie de 1,1 à 5,0 minutes.

Le tableau de la figure 3.14 regroupe les principales caractéristiques d'utilisation de l'éclairage dans les halls d'entrée.

Etude des halls d'entrée	Opération			Moyenne générale
	Wilson	Carnot	Voltaire	
Consommation annuelle globale (kWh/an)	1.092	150	520	596
Consommation annuelle par logement (kWh/log/an)	50	8	28	29
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	14,4	2,8	7,9	9
Durée moyenne des minuteries (minutes)	2,3	2,4	2,8	2,5
Nombre moyen d'allumages annuels par minuterie	18926	13695	20049	15786
Nombre moyen d'allumages annuels par habitant	274	244	327	257
Durée moyenne de fonctionnement (heures/an)	949	590	462	669

Figure 3.14 : principales caractéristiques de l'éclairage des halls d'entrée

On observe que :

- la consommation moyenne d'un hall d'entrée est de **596 kWh/an**. Cette valeur est très élevée à cause de l'éclairage permanent existant à Wilson dans les halls (1x60 W continu),
- la durée moyenne des minuteries est de **2,5 minutes**, alors que certaines minuteries (voir annexe technique n°4) fonctionnent très bien avec une durée d'une minute, et que d'autres sont calées à 5 minutes,

- le nombre annuel moyen d'allumages d'une minuterie est de **15.786**, soit 1,5 fois moins que pour les couloirs,
- les minuteries sont aussi actionnées en moyenne **257 fois/an/habitant**, soit 3 fois moins que les couloirs,
- la durée moyenne de l'éclairage est de 669 h/an.

Le tableau de la figure 3.15 donne les caractéristiques de fonctionnement de chacun des halls.

Cage	Nombre d'allumages par an	Durée des minuteries (s)	Durée d'allumage des ampoules (h/an)	Consommation annualisée (kWh/an)
Carnot 103	16241	237	1120	336
Carnot 105	13042	65	241	72
Carnot 107	1476	135	51	6
Carnot 72Bis	24019	150	1034	186
Voltaire 12	16178	302	717	1121
Voltaire 29	4024	120	135	67
Voltaire 62	22957	82	534	374
Wilson 37	23271	145	906	1.067
Wilson 39	30112	150	1046	1167
Wilson 43	17117	127	531	775
Wilson 70	5205	128	1314	1.360

Figure 3.15 : caractéristiques particulières de l'éclairage des halls d'entrée

Ceci fait à nouveau apparaître la grande dispersion des résultats observés puisque les consommations varient de 6 à 1.121 kWh/an/hall. Les raisons sont toujours les mêmes : orientation favorable ou non, durée des minuteries, forme des halls, puissance installée, présence ou non d'un foyer d'éclairage permanent (comme à Wilson). Les halls d'entrée ne présentent en revanche pas de dysfonctionnements notables (juste une minuterie bloquée pendant 3j).

3-4-2 Améliorations proposées

Les critiques que l'on peut faire au système actuel d'éclairage des halls d'entrée reposent essentiellement sur la trop longue durée des minuteries et surtout sur la présence de foyer lumineux à fonctionnement permanent. Toutes les autres sources de surconsommation sont plus difficiles à maîtriser en réhabilitation.

3.4.2.1 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

- Utilisation de détecteurs de présence
 - Cette solution nécessite l'installation de deux détecteurs de présence par entrée pour obtenir une bonne détection de mouvement. Ces détecteurs permettent de s'affranchir des minuteries et des boutons poussoirs présents dans chaque entrée. La durée d'allumage sera directement proportionnel au temps de présence des personnes dans l'entrée et permettra un gain supplémentaire au niveau de la consommation électrique estimé à un facteur 2 par rapport à une minuterie fixe de 60 secondes. Le fait de s'abstraire de tout élément mécanique permettra de minimiser le risque de mauvais fonctionnement et donc d'abaisser

la consommation électrique. Le prix d'installation sera de 450 F.H.T. par détecteur, pose comprise, ce qui fait un total de 900 F.H.T. par entrée.

➤ Remplacement des ampoules incandescentes à fonctionnement permanent par des Lampes Fluo Compactes (L.F.C.)

Cette solution concerne uniquement les foyers à éclairage permanent qui se trouvent à Wilson à raison d'un point lumineux par entrée, mais qui représentent 58 % de la consommation des entrées dans cette opération.

- Les lampes fluo compactes sont tout à fait appropriées pour ce type de fonctionnement : peu d'allumages et des longues durées de fonctionnement. Les avantages principaux sont :
 - Une consommation divisée par 4 en remplaçant les ampoules incandescentes de 60W par des L.F.C. d'une puissance de 15W.
 - Une durée de vie accrue (actuellement les meilleurs modèles ont une durée de vie de 13000 heures), donc moins de maintenance. Il faut d'ailleurs souligner qu'en raison de leurs fréquents remplacements (parfaitement visibles lors des mesures) ces ampoules ne fonctionnent que 79 % du temps. Les L.F.C. rendront ici un service meilleur en assurant un fonctionnement continu, ce qui réduira l'économie d'électricité.
- Actuellement, on trouve sur le marché des L.F.C. de marque Osram affichant 12000 heures de fonctionnement pour un prix moyen de 60 F T.T.C (et même 49,50 F T.T.C. en grandes surfaces).

N.B. : à notre avis la meilleure solution resterait de supprimer complètement l'éclairage permanent des halls qui en sont dotés. Cette disposition ne parait pas devoir s'imposer.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

On n'a pas considéré significative l'économie induite par la réduction de puissance souscrite pour les halls d'entrée.

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de chaque usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonniers. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 3.16.

	Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Carnot	Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Voltaire	Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Wilson	Tarif Vert-Moyennes utilisations-660 kW	0,3642

Figure 3.16 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour l'éclairage des halls d'entrée

Le tableau de la figure 3.17 regroupe l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques des améliorations proposées. Le détail de ces valeurs par hall figure dans l'annexe économique n°3 (§ AE3.1).

Opérations	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Carnot	486 (- 81 %)	3600	326	0	326
Voltaire	1298 (- 83 %)	2700	869	0	869
Wilson	3298 (- 75 %)	3840	1201	0	1201
Ensemble	5 082 (- 78 %)	10 140	2 396	0	2 396

N.B. : ces estimations ne prennent pas en compte deux cages à Voltaire et une à Wilson pour lesquelles on ne disposait pas de mesures

Figure 3.17 tableau récapitulatif général des améliorations pour l'éclairage des halls d'entrée

Sur l'ensemble des 3 opérations, le temps de retour brut est de **4,2 ans**.

Conclusion : les solutions proposées pour l'amélioration de l'éclairage des halls d'entrée sont donc extrêmement rentables, même si les enjeux énergétiques et financiers ne sont pas très importants.

3.4.2.2 Règles de conception pour la construction neuve

Les règles qui pourraient être proposées en construction neuve sont les suivantes :

- favoriser au maximum l'éclairage naturel et les orientations les plus lumineuses. Les halls qui en bénéficient sont les moins consommateurs de ceux qui ont été observés,
- éviter les halls en forme de L : ils créent des zones de pénombre (où se trouve généralement l'ascenseur), et qui nécessitent systématiquement le recours à l'éclairage artificiel,
- proscrire les foyers lumineux à éclairage permanent dans les halls. Si cette option devait néanmoins être retenue, utiliser alors des lampes basse consommation,
- choisir de préférence des minuteries permettant la programmation très fine de la durée d'éclairage. Optimiser cette durée autour de la valeur d'une minute,
- ne pas surdimensionner la puissance lumineuse installée et recourir de préférence à des luminaires de bonne qualité, possédant notamment des réflecteurs (ce qui est généralement le cas des modèles observés sur place). S'interdire l'éclairage indirect, très consommateur,
- adopter pour les halls d'entrée des couleurs de parois plutôt claires ou très claires,
- penser à la maintenance des luminaires : un nettoyage régulier éviterait qu'ils perdent toute leur transparence.

3-5 LES ACCES PARKING

N.B. : un accès parking comprend l'ensemble des escaliers et sas d'une même cage qui conduisent aux différents niveaux de parking. On trouvera l'ensemble de l'analyse technique concernant les accès parking dans l'annexe technique n°5 (§ AT5.1 et suivants). Seules les cages de la cité Wilson possèdent des accès parking depuis l'intérieur du bâtiment. Dans les autres opérations, il faut sortir du bâtiment pour accéder au parc de stationnement. L'échantillon étudié ici est donc faible et ne comprend que 5 cages.

3-5-1 Caractéristiques actuelles

Le fonctionnement de l'éclairage des accès parking se caractérise par :

- des dysfonctionnements pouvant prendre des proportions très importantes : dans l'un des accès analysés, l'éclairage ne s'est jamais arrêté pendant toute la période de mesure. La consommation de cet accès a été 11 fois plus importante que la consommation moyenne des quatre autres,

- tous les accès parking disposent d'une minuterie, mais la durée de fonctionnement de celle-ci varie dans la plage la plus importante de toutes celles que nous avons observées : de 1 à 7 minutes!

La consommation de l'éclairage des accès parking est **3,7 fois** moins importante, pour un bâtiment, que celle de l'éclairage des couloirs. Mais elle mérite également intérêt car des dispositions simples peuvent être adoptées.

Le tableau de la figure 3.18 regroupe les principales caractéristiques d'utilisation de l'éclairage dans les accès parking.

Etude des accès parking	Opération Wilson
Consommation annuelle globale (kWh/an)	618/206
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	22,0/9,3
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	8,0/2,5
Durée moyenne des minuteries (minutes)	3,7
Nombre moyen d'allumages annuels par minuterie	13 900/17 220
Nombre moyen d'allumages annuels par habitant	189
Durée moyenne de fonctionnement (heures/an)	2 246/933

N.B. : les valeurs séparées par / représentent à gauche la valeur moyenne avec la cage en dysfonctionnement et à droite la valeur moyenne sans cette cage.

Figure 3.18 : principales caractéristiques de l'éclairage des accès parking

On observe que :

- la consommation moyenne d'un accès parking est de **618 kWh/an**, mais si l'on exclut la cage en dysfonctionnement cette moyenne n'est plus que de 206 kWh/an,

■ la durée moyenne des minuteriers est de **3,7 minutes**, alors que certaines minuteriers (voir annexe technique n°5) fonctionnent très bien avec une durée d'une minute, et que d'autres sont calées à 7 minutes,

■ le nombre annuel moyen d'allumages d'une minuterie est de **13.900**, mais il atteint **17.220** pour les cages ne comportant pas de dysfonctionnement. Pour cette dernière valeur, c'est seulement 38 % de moins que pour les couloirs. Cette fréquence est élevée et rend probablement hasardeuse l'utilisation de lampes fluocompactes,

■ les minuteriers sont aussi actionnées en moyenne **189 fois/an/habitant**,

■ la durée moyenne de l'éclairage (dans l'état actuel des asservissements) est assez élevée : **933 h/an** si l'on exclut la cage en dysfonctionnement et **2.246 h/an** si on l'intègre.

Le tableau de la figure 3.19 donne les caractéristiques de fonctionnement de chacune des cages.

Cage	Nombre d'allumages par an	Durée des minuteriers (s)	Durée d'allumage des ampoules (h/an)	Consommation annualisée (kWh/an)
Wilson 37	637	183	7 500	2268
Wilson 39	21 305	67	350	84
Wilson 43	17 619	256	1 170	211
Wilson 68	18 817	177	860	206
Wilson 70	11 126	420	1 351	324

Figure 3.19 : caractéristiques particulières de l'éclairage des accès parking

La grande dispersion des consommations observée s'explique surtout par la présence d'un dysfonctionnement important (cage 37), mais aussi par une grande variation de la durée des minuteriers (jusqu'à 7 minutes en cage 70).

3-5-2 Améliorations proposées

Les critiques que l'on peut faire au système actuel d'éclairage des accès parking sont les suivantes :

■ la durée des minuteriers est en moyenne trop longue. Leur durée et les consommations induites pourraient être réduites au moins d'un facteur 1,5

■ Le matériel utilisé (bouton poussoir + minuterie) peut se bloquer en position allumée et entraîner une sur-consommation importante. Leur remplacement par des systèmes plus adaptés permettrait de minimiser, voire supprimer, ce genre de problèmes et d'éviter les sur-consommations inutiles.

Comme pour les couloirs, les améliorations techniques proposées génèrent des réductions du coût d'exploitation se décomposant en une réduction d'abonnement due à la baisse éventuelle de la puissance souscrite, et en une réduction des consommations d'électricité. Dans ce qui suit, l'économie due à la réduction de puissance a été négligée.

3.5.2.1 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

- Utilisation de détecteurs de présence
 - Cette solution nécessite l'installation de deux ou trois détecteurs de présence par accès pour obtenir une bonne détection de mouvement. Ces détecteurs permettent de s'affranchir des blocs minuterie et des boutons poussoirs

installés. La durée d'allumage sera directement proportionnelle au temps de présence des personnes dans le couloir et permettra un gain supplémentaire au niveau de la consommation électrique estimé à un facteur 2 par rapport à une minuterie fixe de 60 secondes. Le fait de s'abstraire de tout élément mécanique permettra de minimiser le risque de mauvais fonctionnement et donc d'abaisser la consommation électrique. Le prix d'installation sera de 450 F.H.T. par détecteur, pose comprise, ce qui fait un total de 900 à 1350 F.H.T. par accès.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

Négligée dans le cas présent.

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de chaque usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonniers. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 3.20.

	Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Wilson	Tarif Vert-Moyennes utilisations- 660 kW	0,3642

Figure 3.20 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour l'éclairage des accès parking

Le tableau de la figure 3.21 regroupe l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques de la solution proposée.

Cages	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Wilson 37	2 232 (-98 %)	1 350	813	0	813
Wilson 39	46 (-55 %)	1 350	17	0	17
Wilson 43	186 (-88 %)	1 350	68	0	68
Wilson 68	171 (-83 %)	1 350	62		62
Wilson 70	301 (-93 %)	1 350	110		110
Ensemble	2 936 (-95 %)	6 750	1 070	0	1 070

Figure 3.21 tableau récapitulatif général pour la pose de détecteurs de présence pour l'éclairage des accès parking

Sur l'ensemble des 5 cages, le temps de retour brut est de **6,3 ans**.

Conclusion : les solutions proposées pour l'amélioration de l'éclairage des accès parking sont donc rentables, même si les enjeux énergétiques et financiers ne sont pas très importants.

3.5.2.2 Règles de conception pour la construction neuve

Les règles qui pourraient être systématisées facilement en construction neuve sont les suivantes :

- choisir de préférence des minuteries permettant la programmation précise de la durée d'éclairage. Optimiser cette durée de façon très fine, probablement autour de la valeur d'une minute,
- préférer aux minuteries des détecteurs de présence,
- ne pas surdimensionner la puissance lumineuse installée et recourir de préférence à des luminaires de bonne qualité, possédant notamment des réflecteurs (ce qui est généralement le cas des modèles observés sur place). S'interdire l'éclairage indirect, très consommateur,
- adopter pour les accès parking des couleurs de parois plutôt claires ou très claires,
- penser à la maintenance des luminaires : un nettoyage régulier éviterait qu'ils perdent toute leur transparence.

3-6 LES LOCAUX POUBELLES

N.B. : On trouvera l'ensemble de l'analyse technique concernant les locaux poubelles dans l'annexe technique n°6 (§ AT6.1 et suivants). Seules les cages de la cité Wilson possèdent des locaux poubelles en sous-sol recourant de façon importante à l'éclairage artificiel. Ce sont donc les seuls qui aient fait l'objet d'une analyse détaillée. Dans les autres opérations, le poste éclairage des locaux poubelles consomme de 1 à 3 kWh/an/local. L'échantillon étudié ici est donc faible et ne comprend que 4 cages.

3-6-1 Caractéristiques actuelles

Le fonctionnement de l'éclairage des locaux poubelles se caractérise par :

- l'accessibilité des locaux aux locataires et pas seulement aux gardiens,
- l'usage généralisé d'interrupteurs et jamais de minuteries,
- des dysfonctionnements touchant sans distinction tous les locaux. Leur origine est toujours la même : les usagers oublient l'interrupteur, et cet oubli, observé de façon extrêmement fréquente (plusieurs fois par semaine) peut conduire à des fonctionnements jusqu'à 10 jours consécutifs. La fréquence tellement élevée de ce phénomène nécessite de modifier complètement la stratégie vis à vis de ce poste généralement considéré comme mineur, et qui aurait dû l'être.

La consommation de l'éclairage des locaux poubelles n'est que **8,3 fois** moins importante, pour un bâtiment, que celle de l'éclairage des couloirs. Alors qu'il s'agit d'un usage parfaitement occasionnel qui n'aurait rien dû consommer s'il était géré correctement.

Le tableau de la figure 3.21 regroupe les principales caractéristiques d'utilisation de l'éclairage dans les locaux poubelles.

Etude des locaux poubelles	Opération Wilson
Consommation annuelle globale (kWh/an)	189
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	7,6
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	2,4
Nombre moyen d'allumages annuels par local	1935
Nombre moyen d'allumages annuels par habitant	26,2
Durée moyenne de fonctionnement (heures/an)	3.141

Figure 3.21 : principales caractéristiques de l'éclairage des locaux poubelles

On observe que :

- la consommation moyenne d'un local poubelles est de **189 kWh/an**,

■ la durée moyenne de fonctionnement est de **3.141 h/an**, soit 8,6 h/j tous les jours de la semaine. L'anomalie sur le fonctionnement apparaît ici de façon manifeste. Mais dans la cage 37, l'éclairage fonctionne 5.125 h/an, soit plus de 14 h/j!

■ le nombre annuel moyen d'allumages par local est de **1.935**,

■ les interrupteurs sont aussi actionnés en moyenne **26,2 fois/an/habitant**. Le local poubelles n'est pas un endroit où l'on se rend fréquemment (en moyenne une fois tous les quinze jours pour chaque habitant),

■ lorsqu'il fonctionne de façon normale, l'éclairage des locaux poubelles est sollicité fréquemment chaque jour, mais pour des périodes extrêmement courtes de quelques secondes (une quinzaine environ). Cette caractéristique invaliderait complètement l'usage de lampes fluocompactes.

Le tableau de la figure 3.22 donne les caractéristiques de fonctionnement de chacune des cages.

Cage	Nombre d'allumages par an	Durée d'allumage des ampoules (h/an)	Consommation annualisée (kWh/an)
Wilson 37	1191	5125	308
Wilson 39	2388	1508	91
Wilson 43	1731	2140	128
Wilson 68	2430	3793	228

Figure 3.22 : caractéristiques particulières de l'éclairage des locaux poubelles

3-6-2 Améliorations proposées

La principale critique que l'on peut faire au système actuel d'éclairage des locaux poubelles est l'usage d'interrupteurs et non de minuteries.

3.6.2.1 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

- Remplacement des interrupteurs par des minuteries rotatives
 - Le prix d'installation, comprenant le matériel et l'installation, sera de 150 F.H.T. par local. La mise en œuvre est simplifiée car il suffit de remplacer l'interrupteur par le minuteur. Ce système devrait permettre de minimiser les sur consommations.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

Négligée dans le cas présent.

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de chaque usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonnières. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 3.23.

	Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Wilson	Tarif Vert-Moyennes utilisations- 660 kW	0,3642

Figure 3.23 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour l'éclairage des locaux poubelles

Le calcul de l'économie s'est effectué à partir du nombre d'allumages annuel et en supposant la durée unitaire d'allumage égale à 20 secondes, ce qui paraît suffisant pour l'accès à ce type de locaux.

Le tableau de la figure 3.24 regroupe l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques de la solution proposée.

Cages	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Wilson 37	307	150	112	0	112
Wilson 39	90	150	33	0	33
Wilson 43	128	150	47	0	47
Wilson 68	227	150	83	0	83
Ensemble	752 (-99 %)	600	275	0	275

Figure 3.24 tableau récapitulatif général pour la pose de minuteriers pour l'éclairage des locaux poubelles

Sur l'ensemble des 4 cages, le temps de retour brut est de **2,1 ans**. On note que la réduction de consommation est supérieure à 99 %. Autant dire qu'elle est pratiquement annulée.

Conclusion : la solution proposée pour l'amélioration de l'éclairage des locaux poubelles est donc rentable.

3.6.2.2 Règles de conception pour la construction neuve

Les règles qui pourraient être systématisées facilement en construction neuve sont les suivantes :

- implanter si possible les locaux poubelles au niveau du rez-de-chaussée. Leur consommation d'éclairage devient alors pratiquement nulle (1 à 3 kWh/an),
- utiliser des minuteriers rotatives à la place des interrupteurs
- ne pas surdimensionner la puissance lumineuse installée (60 W par local suffit),
- adopter pour les locaux poubelles des couleurs de parois plutôt claires ou très claires pour les murs et éventuellement le plafond (car pour le sol, ce type de locaux a d'autres contraintes),
- penser à la maintenance des luminaires : un nettoyage régulier éviterait qu'ils perdent toute leur transparence.

3-7 LES LOCAUX VIDE-ORDURES

Le traitement des locaux vide-ordures est similaire à celui de locaux-poubelles. Seize locaux vide-ordures ont été suivis. Parmi ceux-ci, les locaux de la cité Wilson sont munis de minuteries rotatives qui donnent d'excellents résultats. On observe donc, comme le montre le tableau de la figure 3.25, des écarts de consommation qui peuvent aller de 0,2 à 375 kWh/an d'un local à l'autre.

Cages	Durée d'allumage des ampoules (h/an)	Consommation annuelle normalisée (kWh/an)
Wilson 37	32,2	1,9
Wilson 68	9,6	0,6
Wilson 70	40,0	2,4
Voltaire 12	3640,2	218,4
Voltaire 16	412,8	24,8
Voltaire 29	6248,4	374,9
Carnot 4 CL	40,0	2,4
Carnot 8 CL	3,0	0,2
Carnot 10 CL	11,1	0,7
Carnot 68	10,1	0,6
Carnot 72	51,0	3,1
Carnot 103	348,8	20,9
Carnot 105	347,2	41,7
Carnot 107	61,1	3,7
Carnot 70Bis	42,4	2,5
Carnot 72Bis	11,2	1,3

Figure 3.25 caractéristiques des principaux locaux vide-ordures

En moyenne la consommation, hors les locaux les plus consommateurs (au nombre de 5), est de 1.8 kWh/an pour une durée d'allumage de 28h/an. Dans les 5 cas (Voltaire 12, 16 et 29, Carnot 103 et 105) où la consommation est beaucoup plus importante, l'origine du problème est toujours la même : l'utilisation d'interrupteurs au lieu de minuteries rotatives.

On peut donc dans ces locaux tirer le même type d'enseignements et proposer le même type de conseils. Il faut généraliser l'utilisation de minuteries rotatives. Pour l'ensemble des trois opérations le gisement d'économie est d'environ 670 kWh/an, soit 449 F TTC/an, pour un investissement d'environ 750 F TTC conduisant à un temps de retour de 1,7 ans.

CHAPITRE 4 : L'ECLAIRAGE EXTERIEUR

N.B. : l'éclairage extérieur est un usage assez uniforme. Il ne fait donc pas l'objet d'une analyse technique détaillée en annexe technique. Le présent chapitre traite de façon exhaustive cette question.

Observation préliminaire : l'éclairage extérieur est un usage relativement important dans la consommation totale des services généraux. Ses caractéristiques diffèrent profondément d'une opération à l'autre selon qu'il s'agit uniquement d'éclairer le porche de quelques entrées (Wilson), ou d'éclairer un jardin (Carnot) avec des chemins d'accès.

Enfin il existe deux autres caractéristiques importantes qui différencient les opérations :

- le niveau d'éclairage mis en oeuvre,
- le mode de pilotage : soit par détecteur crépusculaire (Carnot 1), soit par horloge à régler plusieurs fois par an (les autres opérations).

Les principales autres particularités de chaque opération sont les suivantes :

- Voltaire : l'éclairage extérieur concerne chacune des 5 entrées et leur accès sur la cour. Suite à un incendie, la cage n°12 est désormais commandée de façon indépendante, les 4 autres cages fonctionnant sur la même commande. La consommation de ces 4 cages est donc globale dans ce qui suit,

- Wilson : l'éclairage extérieur ne concerne que les 5 entrées,

- Carnot 1 : l'éclairage extérieur concerne un grand jardin avec chemins d'accès. C'est le plus important de tous.

Les lampes utilisées sont toutes à incandescence. Les puissances installées sont les suivantes :

- Carnot 1	: 1.760 W
- Voltaire 12	: 240 W
- Voltaire 14, 16, 29, 62	: 960 W
- Wilson	: 720 W

Soit une moyenne de 1.226 W par opération.

Remarque de mise en garde : toutes les valeurs de consommation annualisées apparaissant dans ce qui suit ont été déterminées comme les autres usages : par proportionnalité avec les durées de l'observation. Or l'éclairage extérieur est très saisonnier, et l'observation s'est déroulée plutôt dans les mois d'été. Cela signifie que toutes les valeurs avancées sont plutôt minorantes et que le poids de l'éclairage extérieur dans la consommation totale des services généraux est certainement supérieur à la valeur trouvée.

4-1 CARACTERISTIQUES ACTUELLES DE L'USAGE

4-1-1 Consommation annuelle de l'usage

Le graphique de la figure 4.1 montre que la consommation annuelle de l'éclairage extérieur est en moyenne de 4.097 kWh/an, mais que cette valeur peut varier de 1.110 à 6.638 kWh/an. L'opération la plus consommatrice est bien sûr celle qui dispose de la plus grosse puissance installée, et réciproquement. Il n'existe la plupart du temps qu'une seule explication aux variations de consommation de l'éclairage extérieur : la puissance installée. En effet, la durée de fonctionnement est, sauf dysfonctionnement majeur, la même pour toutes les opérations.

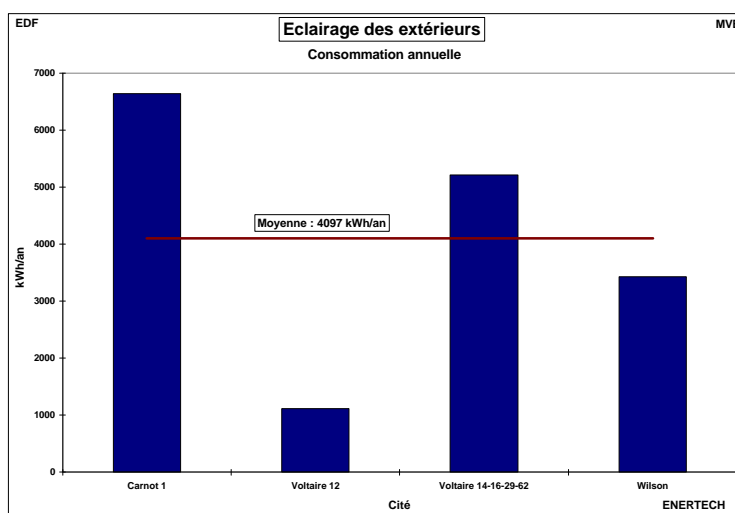


Figure 4.1 : consommation annuelle de l'éclairage extérieur

4-1-2 Consommation annuelle par logement

Le graphique de la figure 4.2 représente la consommation annuelle par logement de l'éclairage extérieur.

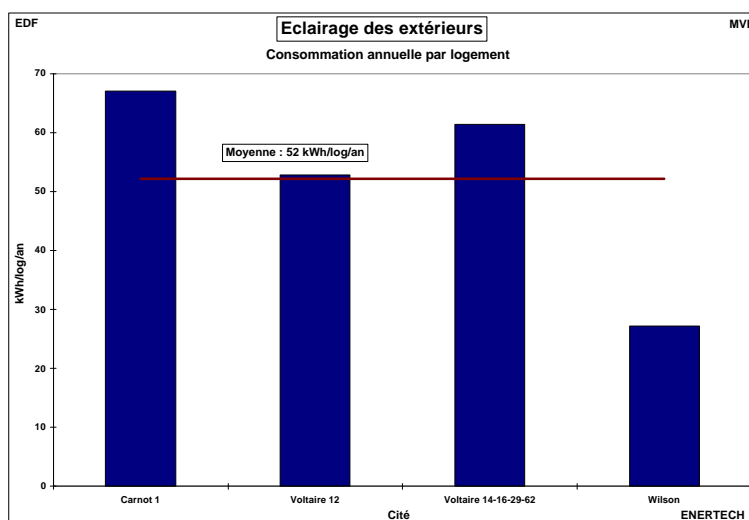


Figure 4.2 : consommation annuelle par logement de l'éclairage extérieur

La consommation moyenne vaut **52 kWh/an/logement**. On observe qu'il y a cette fois-ci un peu moins de dispersion que sur le graphique précédent, mais ceci n'est dû qu'au nivellement subi par la cage Voltaire 12. L'opération Wilson, plutôt de grande hauteur (il y a en moyenne 25 logements par entrée), possède aussi le meilleur rapport de consommation par logement.

4-1-3 Consommation annuelle par logement

Le graphique de la figure 4.3 représente la consommation annuelle par habitant de l'éclairage extérieur.

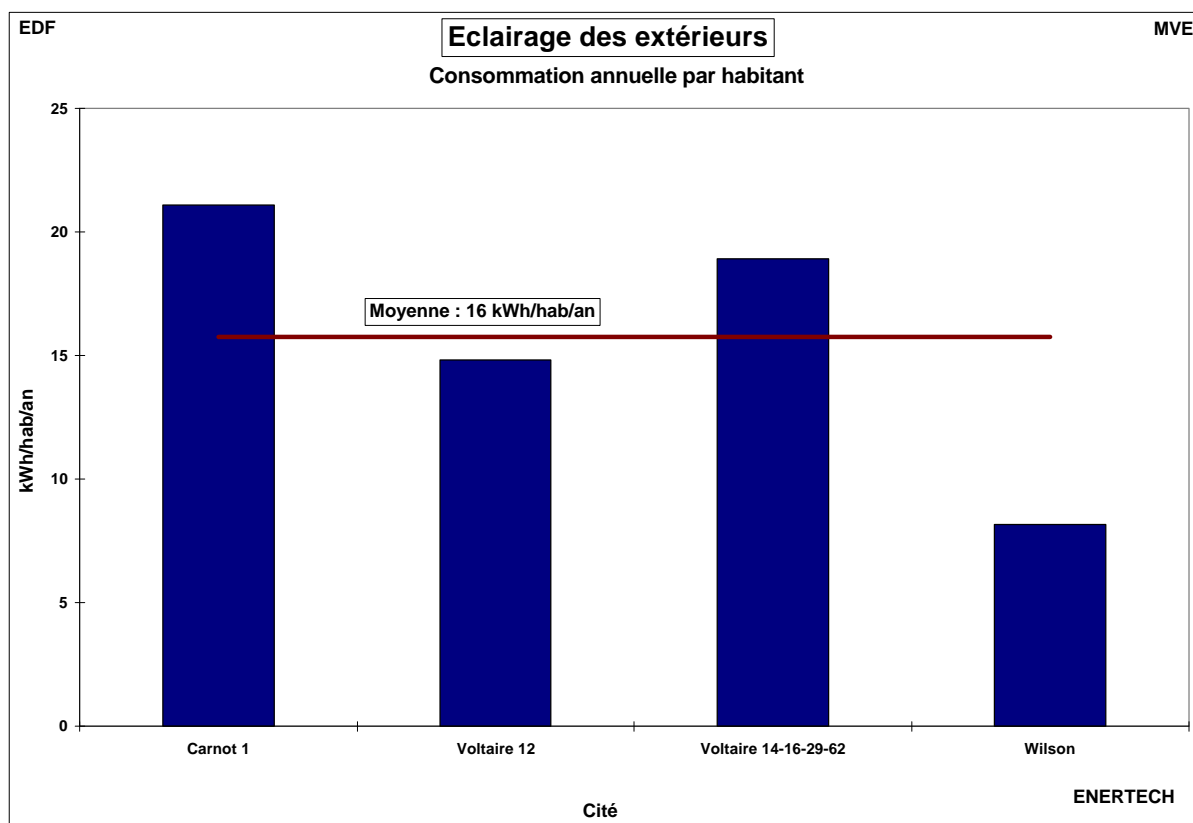


Figure 4.3 : consommation annuelle par habitant de l'éclairage extérieur

La consommation moyenne est de **16 kWh/an/habitant**. A titre d'exemple l'éclairage des couloirs représente 20 kWh/an/hab. Les deux usages sont donc très voisins.

4-1-4 Répartition horaire de la charge journalière

Le graphique de la figure 4.4 représente la courbe de répartition horaire moyenne de la charge journalière telle qu'elle a été au cours de la période de mesure.

On observe très clairement que :

- il existe de gros dysfonctionnements sur les horloges de programmation : certaines fonctionnent, même si ce n'est que ponctuellement, jusqu'à 12 h et à partir de 15 h (Voltaire 14, 16, 29, 62), bien que l'on soit en période estivale. On peut aussi penser que les horloges ne gèrent pas correctement le changement d'heure hiver/été,

■ le système à détecteur crépusculaire (Carnot 1) donne les meilleurs résultats. Il fait notamment apparaître qu'il n'est jamais besoin d'éclairage extérieur avant 18 h (sur la période d'analyse), ni après 8 h. Ceci permet de voir la marge de dysfonctionnement de tous les systèmes à horloge, sans exception.

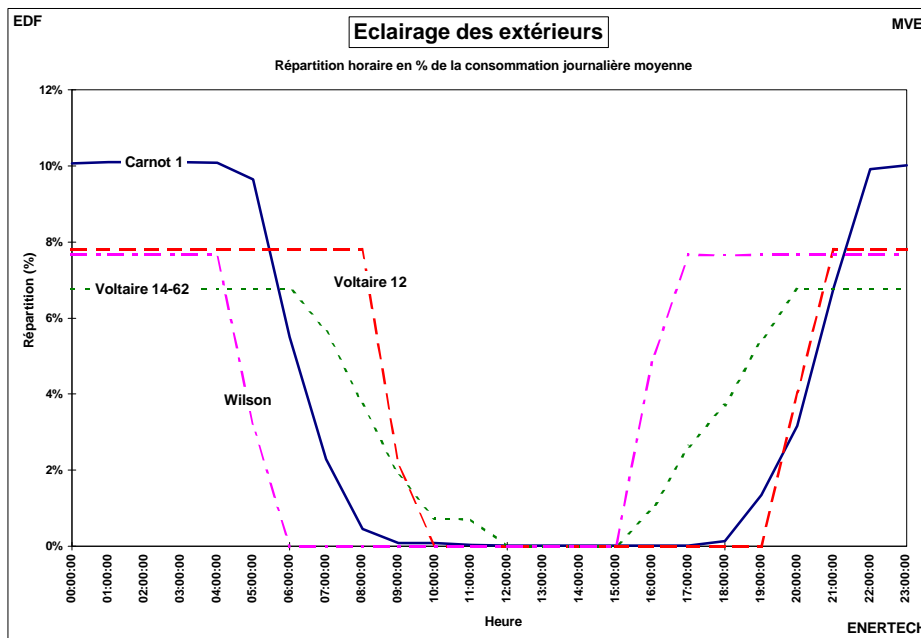


Figure 4.4 : répartition horaire de la charge journalière de l'éclairage extérieur (période d'observation : mai à octobre)

4-1-5 Durée de fonctionnement annuelle

Le graphique de la figure 4.5 représente la durée de fonctionnement de l'éclairage extérieur telle qu'elle a pu être observée au cours de la période de mesure.

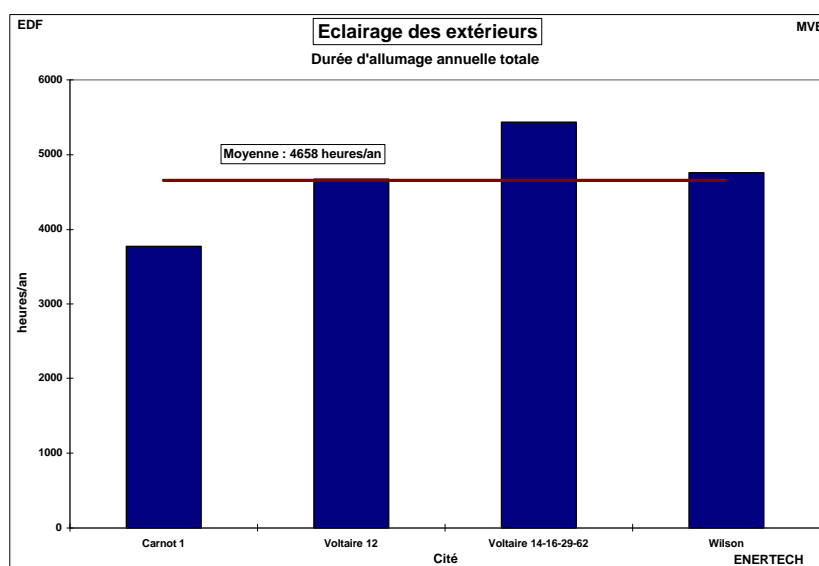


Figure 4.5 : durée de fonctionnement de l'éclairage extérieur (période d'observation : mai à octobre)

En moyenne la durée de fonctionnement (valeur minorante rappelons-le) est de **4.658 h/an**. Mais les valeurs vont de 3.771 h/an (Carnot 1 - détecteur crépusculaire) à 5.433 h/an (Voltaire 14, 16, 29, 62), soit une plage de 1 à 1,45 que l'on pourrait qualifier d'anormale. Hors Carnot 1 la durée moyenne de fonctionnement est de 4.954 h/an. Mais il est aussi intéressant de remarquer que la durée de fonctionnement la moins élevée après celle de Carnot 1 vaut 4.671 h soit 900 h de plus. Ceci constitue le seuil minimum de gain dû au détecteur crépusculaire sur l'horloge. On peut donc considérer **qu'un détecteur crépusculaire procure a minima 20 % d'économie par rapport à une horloge, mais que la valeur moyenne de cette économie est de 24 %**.

4-1-6 Répartition des consommations en fonction des différentes tranches horo-saisonniers de la tarification électrique

Déterminer le coût de fonctionnement d'un usage suppose de connaître la part des heures de fonctionnement entre les différentes tranches horo-saisonniers de la tarification électrique. N'ayant pas suivi les opérations pendant une année complète il n'est pas possible de proposer aujourd'hui une décomposition entre les différentes tranches horo-saisonniers. En revanche il est possible de fournir à titre purement indicatif, pour chaque type d'abonnement existant, quelle est la part de la consommation observée durant la période (partielle) de mesure qui se trouve dans les différentes tranches horaires de cette tarification.

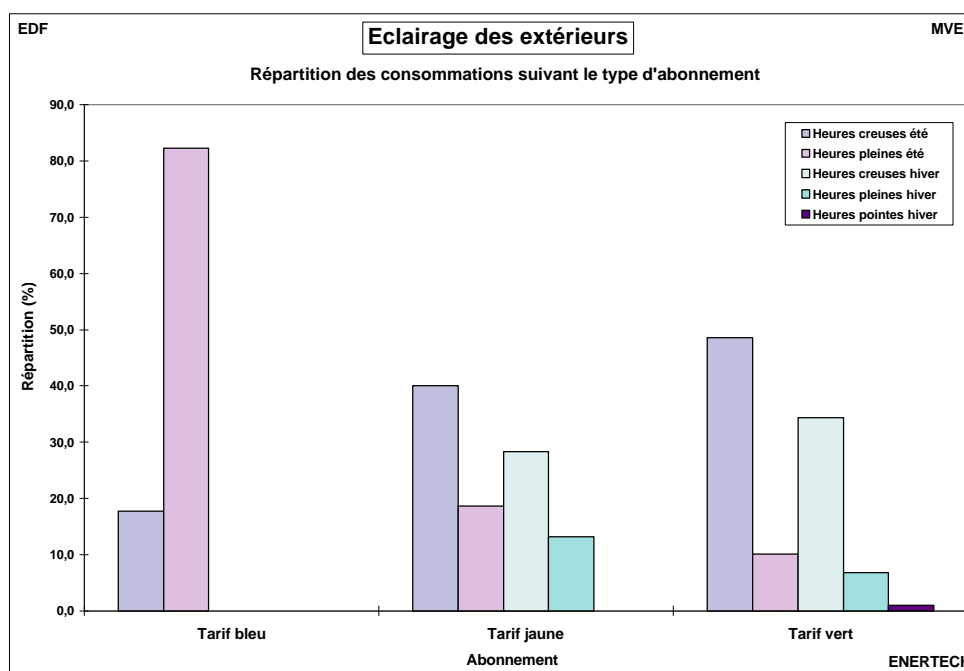


Figure 4.6 : éclairage extérieur - répartition de la consommation entre les différentes heures de la tarification électrique (période d'observation : mai à octobre)

4-2 LES AMELIORATIONS POSSIBLES

Ce qui précède permet une critique de l'éclairage extérieur qui tient en deux points :

■ l'usage d'horloges n'est pas optimum. Il nécessite des interventions fréquentes lors des changements d'heure et tout au cours de l'année afin d'adapter les heures d'allumage et d'extinction à l'évolution de la durée du jour. Les horloges doivent également être contrôlées afin de vérifier que, notamment lors des pannes de courant, elles n'ont pas subi un décalage horaire important. Ces interventions ne peuvent être faites à la fréquence qui serait nécessaire pour assurer le fonctionnement optimal de l'éclairage extérieur. Les mesures montrent qu'en moyenne un détecteur crépusculaire permet une économie de 24 % par rapport à une horloge,

■ l'utilisation de lampes à incandescence pour l'éclairage extérieur a de quoi surprendre, car :

- avec une durée de vie de 1.000 h toutes les ampoules doivent être changées 5 ou 6 fois par an, ce qui coûte cher,
- la consommation de ces ampoules est très importante
- l'éclairage extérieur est l'usage idéal pour les lampes fluocompactes : longues durées de fonctionnement et faible quantité d'allumages (moins de 400/an).

4.2.1 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

- Remplacement des ampoules incandescentes par des Lampes Fluo Compactes (L.F.C.) :
 - De ce choix on peut attendre :
 - Une consommation divisée par 4 en remplaçant les ampoules incandescentes de 60W par des L.F.C. d'une puissance de 15W, et un éclairage plus important d'environ 25 %.
 - Une durée de vie accrue (actuellement les meilleurs modèles ont une durée de vie de 12000 heures), donc moins de maintenance (changement des ampoules tous les trois ans si cette solution est couplée avec la proposition suivante).
 - Actuellement, on trouve sur le marché des L.F.C. « de marque » affichant 12000 heures de fonctionnement pour un prix moyen de 50 à 60 F.T.T.C.
- Asservissement des éclairages à un détecteur crépusculaire pour Wilson et Voltaire :
 - Les éclairages commandés par horloge ont des temps de fonctionnement supérieurs de plus de 1000 heures à ceux asservis par détecteur. Cette opération permettra de réduire les consommations pour la même qualité de service tout en allongeant la durée de vie des ampoules qui auront été mises en place.
 - Le coût de remplacement des horloges par des détecteurs crépusculaires s'élève à 950 F T.T.C. (pièces et main d'œuvre) par cité. Pour Voltaire, il sera judicieux de relier les éclairages extérieurs de la cage 12 aux autres cages de façon à ne pas avoir à installer un détecteur spécifique pour cette cage.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

Toutes les puissances installées vont être divisées par 4 grâce à l'usage de lampes basse consommation. Le tableau de la figure 4.7 regroupe pour chaque abonnement, les réductions totales de puissance que l'on peut attendre, ainsi que les économies induites par ces réductions.

Cage	Puissance souscrite kVA ou kW	Réduction de puissance (kVA ou kW)	Coût du kVA ou du kW effacé (F TTC/an)	Economie réalisée (F TTC/an)
Carnot 1	18	1,32	99,26	131
Voltaire	36	0,90	106,22	96
Wilson	Tarif Vert MU	0,54	263,71	142

Figure 4.7 : économies annuelles dues à la baisse des puissances induites par l'adoption de lampes fluocompactes pour l'éclairage extérieur

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de chaque usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonniers. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 4.8.

	Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Carnot	Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Voltaire	Tarif Jaune MU--36 kVA	0,4535
Wilson	Tarif Vert-Moyennes utilisations- 660 kW	0,3697

Figure 4.8 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour l'éclairage extérieur

Le tableau de la figure 4.9 regroupe l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques des solutions proposées (combinées). Un seul détecteur a été prévu pour Voltaire. Il a été imputé sur Voltaire 14, 16, 29, 62.

Opérations	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Carnot 1	4979 (-75 %)	1 800	3 335	131	3 466
Voltaire 12	886 (-80 %)	240	402	0	402
Voltaire 14, etc.	4 309 (-83 %)	1 910	1 954	96	2 050
Wilson	2 746 (-80 %)	1 670	1 015	142	1 157
Ensemble	12 920 (-79 %)	5 620	6 706	369	7 075

Figure 4.9 tableau récapitulatif général des solutions d'amélioration pour l'éclairage extérieur

Sur l'ensemble des 3 opérations, le temps de retour brut est de **9,5 mois** pour les améliorations proposées. Mais rappelons que cette valeur est minorante pour deux raisons :

- la consommation et les durées de fonctionnement ont été mesurées en été, lorsque les besoins en éclairage extérieur sont réduits,
- le coût de maintenance évité (remplacement des lampes à incandescence 5 fois par an) par les lampes fluocompactes n'a pas été pris en compte, ni au travers du coût de main d'oeuvre, ni au travers du coût des ampoules changées (180 ampoules/an à Carnot 1 par exemple).

4.2.2 Règles de conception pour la construction neuve

Les règles qui pourraient être systématisées facilement en construction neuve sont les suivantes :

- bannir l'utilisation d'horloge et installer systématiquement des détecteurs crépusculaires pour gérer l'éclairage extérieur,
- utiliser impérativement des lampes fluocompactes,
- ne pas recourir à des éclairages indirects de façade,
- ne pas surdimensionner la puissance lumineuse installée et recourir de préférence à des luminaires de bonne qualité,
- penser à la maintenance des luminaires : un nettoyage régulier éviterait qu'ils perdent toute leur transparence.

**CHAPITRE 5 : L'ECLAIRAGE DES PARCS DE
STATIONNEMENT**

N.B. : on trouvera l'ensemble de l'analyse technique concernant l'éclairage des parcs de stationnement dans l'annexe technique n°7 (§ AT7.1 et suivants).

5-1 CARACTERISTIQUES ACTUELLES

L'éclairage des parcs de stationnement est l'usage le plus important de tous les usages des services généraux. Il représente jusqu'à 31 % de la consommation totale (Voltaire). C'est l'usage sur lequel il faut probablement agir en priorité.

L'éclairage des parcs qui ont été analysés est de deux types :

- un éclairage permanent 24h/24 sans aucune modulation de puissance (Voltaire),
- un éclairage permanent 24h/24 sur une partie des luminaires (un luminaire sur trois à Wilson (soit 33 %), et 42 % des luminaires à Carnot), et détecteurs de présence + poussoirs sur le reste des luminaires. Chaque niveau de parc à Wilson et Carnot comporte trois zones.

Tous les luminaires sont des tubes fluorescents (58 W), généralement montés en solo. Les modèles de luminaires sont très sommaires, sans réflecteur de lumière à l'arrière, donc avec un assez mauvais rendement lumineux. Toutes les parois des parcs de stationnement sont de couleurs sombres (béton + saleté) et absorbent la lumière au lieu de la réfléchir.

Le tableau de la figure 5.1 regroupe l'ensemble des principales caractéristiques d'utilisation de l'éclairage des parcs de stationnement.

Etude de l'éclairage des parcs de stationnement	Parcs de stationnement				Moyenne générale par opération
	Wilson	Carnot 1	Carnot 2	Voltaire	
Consommation annuelle globale (kWh/an)	19 419	17 720	7 256	31 098	25 164
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	154	179	250	293	219
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	46	56	70	89	65

Figure 5.1 : principales caractéristiques de l'éclairage des parcs de stationnement

L'analyse du fonctionnement des parcs de stationnement fait ressortir que :

■ en moyenne la consommation annuelle de l'éclairage d'un parc de stationnement est de **25.164 kWh/an**. Ceci représente en moyenne 26 % de la consommation totale d'électricité des services généraux,

■ la part de la consommation due aux détecteurs de présence, donc à la présence effective dans le parc, est de 15,8 % à Carnot 1, de 24,3 % à Carnot 2 et de 23,1 % à Wilson,

■ on est frappé par l'importance des consommations induites par le fonctionnement permanent de l'éclairage. Dans le cas de Voltaire (éclairage permanent), la part de la consommation du parc de stationnement dans la consommation totale des services généraux est de 31%. C'est le premier poste de consommation, et de très loin. Le coût annuel en électricité est d'environ 21.000 F, soit 200 F/log/an. Est-on certain que la solution adoptée répond de façon optimale à la question qui était posée : celle de la sécurité dans le parc? Les locataires bénéficient-ils de plus de sécurité lorsqu'ils dorment la nuit et que le parc est éclairé? La bonne réponse n'est-elle pas de dire : il faut que lorsqu'une personne pénètre dans le parc celui-ci soit éclairé. Mais il n'est point utile qu'il reste éclairé une fois que la personne en est sortie. Détecter la présence est la bonne réponse. Maintenir l'éclairage en continu répond très mal au problème et coûte surtout très cher,

■ il existe des écarts très importants entre les différents parcs de stationnement, indépendamment du fonctionnement permanent ou non de l'éclairage. L'explication de ces différences peut venir de :

- la durée des temporisations associées aux détecteurs de présence,
- le nombre et le type de luminaires en place : ces caractéristiques fixent la puissance installée. Ainsi a-t-on relevé les puissances suivantes (ballasts inclus) :

- Wilson : 30,1 W/place de stationnement,
- Carnot 1 : 38,8 W/place,
- Carnot 2 : 18,6 W/place,
- Voltaire : 17,9 W/place

Ces écarts de puissance électrique sont dans un rapport de 1 à 2,2 ce qui est très important pour assurer le même usage. Les différences de puissance installée se répercutent directement sur les consommations,

- le nombre de luminaires commandés par le même ballast. Il faut en effet savoir qu'un ballast consomme 13 à 14 W qui s'ajoutent à la consommation des tubes. Si bien qu'un tube seul de 58 W avec son ballast consommera 71-72 W, mais que deux tubes alimentés par le même ballast consommeront 129 W. Coupler le plus possible de tubes sur un même ballast est donc une solution plus économe,

- le trafic peut différer en fonction des usagers.

■ enfin, les parcs de stationnement ne présentent pas de dysfonctionnements, peut-être parce qu'il n'y a pas de minuteries.

Le tableau de la figure 5.2 donne la répartition des consommations par parc et par type d'asservissement de l'éclairage :

Opérations	Consommation annuelle sur détecteurs de présence (kWh/an)	Consommation annuelle en fonctionnement permanent (kWh/an)	Consommation annuelle totale (kWh/an)
Wilson	4492	14 927	19 420
Carnot 1	2 793	14 927	17 720
Carnot 2	1 036	6 219	7 256
Voltaire	0	31 098	31 098
Total	8 321 (11,0 %)	67 171 (89,0 %)	75 494 (100 %)

Figure 5.2 : répartition des consommations de l'éclairage des parcs de stationnement en fonction du type d'asservissement

On note que 35 % des tubes fonctionnent en éclairage permanent, mais représentent 89 % de la consommation totale.

5-2 AMELIORATIONS PROPOSEES

Les principaux défauts des dispositifs actuels d'éclairage des parcs de stationnement sont les suivants :

- le fonctionnement permanent n'est pas une réponse augmentant la sécurité des personnes. En revanche elle conduit à un niveau de consommation très élevé qui place l'éclairage des parcs de stationnement en première place des usages des services généraux,
- les tubes fluo utilisés ne sont pas très performants et les luminaires utilisés ont de piètres rendements lumineux,

5.2.1 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

- Remplacement des ballasts standards par des ballasts électroniques et des tubes fluorescents 58W par des tubes de type T5 35W
 - Les ballasts électroniques, de meilleure conception que les ballasts standards, permettent une économie de consommation d'environ 23% tout en assurant un meilleur confort lumineux que les ballasts classiques. L'allumage est plus rapide et plus net ce qui, pour les éclairages sur détecteurs, permet d'éviter les clignotements lors du démarrage. Rappelons que cette performance est atteinte de deux manières : la consommation d'un tube de 58 W n'est plus que de 50 W, et la consommation du ballast n'est plus que de 5 W au lieu de 13 ou 14.
 - Les tubes standards 58W sont remplacés par des tubes fluorescents T5 : ces tubes assurent le même éclairage que les tubes classiques pour une consommation inférieure. Associés à des ballasts électroniques ces tubes permettent une réduction de consommation de 47 % par rapport aux dispositifs actuellement en place. Il faut aussi signaler que, contrairement aux tubes classiques, le rendement lumineux des tubes T5 n'est que peu affecté par le vieillissement du tube.

- Pour les luminaires à 2 tubes, il existe des kits de remplacement prêts à poser à 300 F T.T.C., main d'œuvre comprise. Pour les luminaires simples, il faudra plus de main d'œuvre pour remplacer le ballast par un ballast électronique et adapter le tube T5 à la place de l'ancien tube.
- Asservissement des éclairages permanents à des détecteurs de présence :
- Une bonne étude de la topographie des parcs permettrait de concevoir un système de détecteurs de présence apte à se déclencher de façon à toujours assurer un confort lumineux suffisant aux personnes présentes dans les parcs. L'asservissement prendrait en compte le fonctionnement des portes de parking (véhicule entrant), la présence de personnes dans les sas d'accès et un découpage judicieux des parkings en zones.
 - Cette solution nécessite la mise en place de deux nouveaux détecteurs par zone (en plus de l'existant) pour assurer une bonne couverture de détection. Le prix des détecteurs, du câblage et de la main d'œuvre est estimé à 1500 F T.T.C. par zone.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

Le tableau de la figure 5.3 regroupe pour chaque opération, les réductions totales de puissance que l'on peut attendre, ainsi que les économies induites par ces réductions.

Cage	Puissance souscrite kVA ou kW	Réduction de puissance (kVA ou kW)	Coût du kVA ou du kW effacé (F TTC/an)	Economie réalisée (F TTC/an)
Carnot 1	Jaune UM 60 kVA	2,756	106,22	293
Carnot 2	Bleu 36 kVA	1,279	131,67	168
Voltaire	Jaune UM 36 kVA	1,882	106,22	200
Wilson	Tarif Vert MU	2,477	263,71	653

Figure 5.3 : économies annuelles dues à la baisse des puissances induites par l'adoption des dispositions d'amélioration pour l'éclairage des parcs de stationnement

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de chaque usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonniers. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 5.4.

	Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Carnot 1	Tarif Jaune UM - 60 kVA	0,4597
Carnot 2	Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Voltaire	Tarif Jaune UM - 36 kVA	0,4597
Wilson	Tarif Vert-Moyennes utilisations- 660 kW	0,3384

Figure 5.4 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour l'éclairage des parcs de stationnement

Le tableau de la figure 5.5 regroupe l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques des améliorations proposées. Le détail, par zone et par parc de ces valeurs figure dans l'annexe économique n°4 (§AE4.1).

Opérations	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Carnot 1	15 567 (-88 %)	17 000	7 156	293	7 449
Carnot 2	6 478 (-89 %)	10 330	4 339	168	4 507
Voltaire	27 988 (-90 %)	21 250	12 866	200	13 066
Wilson	15 757 (-81 %)	21 085	5 332	653	5 985
Ensemble	65 790 (-87 %)	69 665	29 693	1 314	31 007

Figure 5.5 tableau récapitulatif général des améliorations proposées pour l'éclairage des parcs de stationnement

Sur l'ensemble des 3 opérations, le temps de retour brut est de **2,2 ans** et pourrait permettre une réduction de consommation de 65 790 kWh/an représentant en moyenne 183 kWh/an/logt, ou 22 % de la consommation totale de l'ensemble des services généraux des trois opérations réunies.

Conclusion : de toutes les solutions proposées dans cette étude, celles concernant l'éclairage des parcs de stationnement sont celles qui conduisent au plus gros gisement d'économie. Il est vrai que la question de l'insécurité qui entoure les parcs de stationnement ne facilitera pas l'adoption des mesures proposées. Mais il est important, pour rester rationnel et bon gestionnaire, de tenter, à partir de la question posée, de redéfinir de façon plus rigoureuse les contours d'une réponse réellement pertinente, satisfaisante à la fois sur le fond et sur la forme. Nous pensons qu'une détection de présence bien conçue est une réponse de qualité à l'inquiétude des locataires, et elle a l'avantage de ne pas obérer la consommation d'électricité des services généraux, donc les charges.

5.2.2 Règles de conception pour la construction neuve

Les règles à recommander en construction neuve sont les suivantes :

- il est parfois possible d'avoir des parcs de stationnement bénéficiant d'un peu d'éclairage naturel. C'est le cas des parcs à demi-enterrés, voire en superstructure. Ces dispositions sont peu fréquentes en logement social, mais elles contribueraient à résoudre en partie le sentiment d'insécurité des gens, et à minimiser la facture énergétique,

- utiliser impérativement des ballasts électroniques à la place des ballasts ferromagnétiques traditionnels, l'économie est de 23 %,

- utiliser des tubes fluo de type T5 plutôt que les tubes T8 d'ancienne génération. Associée à l'usage de ballasts électroniques, cette mesure permet une économie globale de 47 %,

- raccorder le plus possible de tubes sur chaque ballast (choisir ceux-ci en conséquence), en évitant notamment de n'avoir qu'un tube par ballast. La consommation des ballasts s'ajoute à la consommation des tubes. Il n'est donc pas utile, dans la mesure du possible, de les multiplier,

- préférer à toute autre solution la commande des parcs de stationnement par détecteurs de présence (avec également un allumage automatique à l'ouverture de la porte du

parc) et découper chaque parc en plusieurs zones distinctes commandées chacune par détecteur de présence. Si la solution des minuteriers était retenue à la place des détecteurs, choisir de préférence des minuteriers d'un modèle dit « intelligent » permettant d'accepter des dérogations d'allumage allant jusqu'à une heure, et surtout, revenant automatiquement au régime programmé. Ces minuteriers permettent également la programmation précise de la durée d'éclairage. Optimiser cette durée de façon très fine,

- ne pas surdimensionner la puissance lumineuse installée et recourir de préférence à des luminaires de bonne qualité, possédant notamment des réflecteurs (ce qui n'est jamais le cas des modèles observés sur place),

- adopter pour les parcs de stationnement des couleurs de parois plutôt claires ou très claires. Cette disposition n'est pas aisée à obtenir dans un parc de stationnement en raison de la poussière importante qui s'y trouve (gaz de combustion), mais elle est très efficace,

- penser à la maintenance des luminaires : un nettoyage régulier éviterait qu'ils perdent toute leur transparence.

CHAPITRE 6 : LES ASCENSEURS

N.B. : on trouvera l'ensemble de l'analyse technique concernant les ascenseurs dans l'annexe technique n°8 (§ AT8.1 et suivants).

6-1 CARACTERISTIQUES ACTUELLES

La part de la consommation des ascenseurs varie de 10 à 21 % de la consommation totale des services généraux dans les opérations suivies. Elle est en moyenne de 15 %. C'est le troisième poste de consommation après l'éclairage des parkings et la ventilation mécanique. Comprendre comment se construit la consommation d'un ascenseur était donc important.

Douze cabines d'ascenseurs ont été suivies. Elles étaient toutes du type à contrepoids.

La grande surprise vient de la constatation que **40,5 %** de la consommation des ascenseurs a lieu à l'arrêt de la cabine. Il existe en effet deux sources de consommation à ce moment là :

- l'éclairage de la cabine. Il est généralement permanent, alors que la directive européenne de juillet 1999 autorise désormais l'arrêt complet de l'éclairage lorsque la cabine est inoccupée. En moyenne la consommation annuelle de cet éclairage est de 559 kWh/an,

- l'armoire électrique et certainement aussi les contacts et les câbles absorbent quant à eux une puissance constante (contacts qui chauffent, électronique, etc.) de 125 W conduisant à une seconde consommation de 1.100 kWh/an.

Au total 1.654 kWh/an sont ainsi consommés en moyenne, que la cabine soit utilisée ou non.

Le tableau de la figure 6.1 regroupe l'ensemble des principales caractéristiques d'utilisation des ascenseurs.

Etude des ascenseurs	Opération			Moyenne générale
	Wilson	Carnot	Voltaire	
Consommation annuelle globale (kWh/an)	6364 (4461)	3520 (2014)	3536 (2019)	4560 (2905)
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	285 (197)	203 (116)	179 (97)	224 (139)
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	82 (56)	65 (37)	53 (29)	67 (41)
Consommation annuelle par étage- habitant (kWh/EtHab/an)	19,6 (12,9)	19,1 (11,0)	15,4 (8,5)	17,9 (10,8)

N.B. : les valeurs entre parenthèses correspondent aux résultats hors consommation à l'arrêt

Figure 6.1 : principales caractéristiques des ascenseurs

L'analyse du fonctionnement des ascenseurs fait ressortir que :

■ en moyenne leur consommation annuelle est de **4.560 kWh/an**. Mais cette valeur peut varier beaucoup d'une opération à l'autre puisqu'on observe aussi bien des consommations de 3.014 kWh/an que de 11.733 kWh/an. Les raisons de cette variation sont très nombreuses. Parmi les principales il y a :

- le nombre d'étages et d'habitants desservis. A cette fin, nous avons créé un nouveau dénominateur commun que nous avons baptisé « étage.habitant ». Cinq personnes vivant au dixième étage représentent $5 \times 10 = 50$ étages.habitants. Ce calcul se fait pour tous les occupants de l'immeuble et permet de caractériser la consommation d'un ascenseur par étage.habitant. La variation des valeurs autour de la moyenne est assez faible ce qui laisse penser que cette notion permet assez bien de qualifier les ascenseurs. En moyenne ceux-ci consomment 10,8 kWh/an/étage.habitant pour la motorisation seule, et 17,9 kWh/an/étage.habitant en incluant les consommations à l'arrêt,

- la masse de la cabine et sa charge utile (ce qui est lié). Or on montre qu'une cabine d'ascenseur à contrepoids consomme le plus...à la descente et à vide, et qu'elle consomme le moins (c'est à dire presque zéro, aux frottements près) lorsqu'elle contient la moitié de sa charge maximale. Par ailleurs son niveau de consommation est d'autant plus élevé que la cabine est lourde. Or pratiquement la moitié des trajets d'une cabine se font à vide. Il est donc très important de ne pas surdimensionner les ascenseurs, faute de quoi pendant toute leur vie ils seront l'objet de surconsommations puisque l'essentiel de leurs déplacements s'effectue à vide ou avec une seule personne.

■ l'essentiel de la consommation d'un ascenseur se fait au moment du démarrage. C'est la phase critique, et c'est la raison pour laquelle il est important de pouvoir moduler l'accélération, puis éventuellement la vitesse de la cabine si l'on veut réduire la consommation d'énergie de cette phase.

6-2 AMELIORATIONS PROPOSEES

De tout ce qui précède, il ressort qu'un ascenseur performant sera un ascenseur :

- disposant d'un mécanisme capable de réduire la consommation au démarrage.
L'une des principales sources d'économie est évidemment la réduction de l'accélération, et l'usage du moteur à vitesse variable,

- dont l'éclairage sera systématiquement éteint dès que la cabine est vide (et peu importe dans ce cas que la lampe soit à incandescence ou à basse consommation),

- dont l'armoire de contrôle et de commande aura été optimisée, les connexions soignées, pour ne plus consommer trop à l'arrêt de la cabine (la puissance continue absorbée aujourd'hui par les armoires est d'environ 125 W).

6.2.1 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

- Utilisation de détecteur de présence dans les cabines pour asservir l'éclairage
 - ◆ La consommation d'éclairage permanent en cabine peut varier entre 158 et 876 kWh/an.
 - ◆ Placer en série avec le foyer lumineux, le détecteur de présence permettra à celui-ci de ne fonctionner qu'en présence d'occupants,

- ◆ Le prix d'un détecteur posé est de 450 F TTC. Afin de prévoir quelques modifications pour pouvoir l'intégrer dans le plafond de la cabine, on comptera 1.000 F TTC.
- Mise en oeuvre d'un dispositif permettant la variation de vitesse du moteur de traction
 - ◆ La variation de vitesse permet, par une modulation des caractéristiques de démarrage, de réduire la consommation dans cette phase cruciale. Le courant de démarrage des moteurs à convertisseur de fréquence est 2,5 fois plus faible que celui des moteurs ordinaires, et comme le facteur de puissance vaut 0,99 au lieu de 0,6, la puissance à souscrire est en moyenne trois fois plus faible avec un moteur à variation de vitesse qu'avec un moteur classique. C'est une source importante d'économie budgétaire,
 - ◆ La variation de vitesse permet une économie d'environ 40 % à 50 % sur la consommation d'énergie du moteur. Mais elle permet aussi d'améliorer le confort des cabines, de réduire les contraintes thermiques et mécaniques sur le moteur, et donc d'augmenter la durée de vie des équipements. Par ailleurs, les caractéristiques de démarrage (courant plus faible, facteur de puissance élevé, etc) réduisent considérablement les perturbations créées sur le réseau et dont la principale manifestation était les chutes de tension.
 - ◆ La mise en oeuvre de cette solution est simple dans le principe, mais peut s'avérer très complexe dans certaines configurations. Il s'agit de rajouter dans l'armoire de commande un dispositif de pilotage du moteur, mais qui doit également être capable de gérer les manoeuvres de la cabine avec les nouvelles caractéristiques du moteur. Le matériel à greffer dans l'armoire vaut entre 15 et 20.000 F TTC. Mais selon tous les ascensoristes interrogés, l'opération peut prendre un jour ou trois semaines. Dans ce dernier cas, il est d'ailleurs préférable de changer l'armoire. Il est donc extrêmement difficile d'avoir une indication précise sur le prix de l'opération. Afin de pouvoir examiner l'intérêt de cette solution, deux valeurs, haute et basse, ont été retenues : 25.000 et 70.000 F TTC/cabine.
 - ◆ Le marché actuel de la variation de vitesse sur les ascenseurs est relativement actif. Mais ce choix n'est pratiquement jamais guidé par des considérations énergétiques. Il s'agit plutôt d'opérations de rénovation dont le budget est assez « lâche » et dans lesquelles la rénovation d'un vieil ascenseur n'est pas vécue en terme de rentabilité mais plutôt de nécessité de maintien en état du patrimoine. Le sentiment que nous avons eu est qu'il s'agit d'un marché un peu captif de ce genre d'opérations, et dont les prix étaient probablement assez surestimés. Si l'enjeu énergétique devenait une donnée nouvelle dans ce secteur, il est probable que l'on assisterait à une évolution à la baisse des coûts.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

Le tableau de la figure 6.2 regroupe pour chaque opération, les réductions totales de puissance que l'on peut attendre, ainsi que les économies induites par ces réductions. Dans le cas de l'opération Carnot 1, les trois ascenseurs bénéficient aujourd'hui d'un abonnement tarif jaune de UM de 60 kVA. La réduction de puissance envisagée est trop importante pour maintenir un tarif jaune, et la solution envisagée est la souscription de trois abonnements tarif bleu de 6 kVA.

Cage	Puissance souscrite kVA ou kW	Réduction de puissance (kVA ou kW)	Nouvel abonnement kVA ou kW, ou coût kVA/kW effacé	Economie réalisée (F TTC/an)
Carnot 103	Jaune UM 60 kVA	12	Bleu 6 kVA	1 779
Carnot 105	-	12	Bleu 6 kVA	1 779
Carnot 72 b	-	12	Bleu 6 kVA	1 779
Voltaire 12	Bleu 18 kVA	12	Bleu 6 kVA	1 231
Voltaire 16	Bleu 18 kVA	12	Bleu 6 kVA	1 231
Voltaire 29	Bleu 18 kVA	12	Bleu 6 kVA	1 231
Voltaire 62	Bleu 18 kVA	12	Bleu 6 kVA	1 231
Wilson 37	Tarif Vert MU	18	263,71 F TTC/kW	4 747
Wilson 39	-	18	263,71 F TTC/kW	4 747
Wilson 43	-	18	263,71 F TTC/kW	4 747
Wilson 70 (2 cabines)	-	36	263,71 F TTC/kW	9 494

Figure 6.2 : économies annuelles dues à la baisse des puissances induites par l'adoption de moteur à vitesse variable pour les ascenseurs

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de l'usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonniers. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 6.3.

Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Tarif Jaune UM	0,4833
Tarif Vert-Moyennes utilisations- 660 kW	0,3571

Figure 6.3 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour les ascenseurs

Les tableaux des figures 6.4 et 6.5 regroupent l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques de chacune des améliorations proposées (l'asservissement de l'éclairage de la cabine et la vitesse variable).

Cages	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an
Carnot 103	618	1 000	299	0	299
Carnot 105	618	1 000	299	0	299
Carnot 72 b	618	1 000	299	0	299
Voltaire 12	154	1 000	103	0	103
Voltaire 16	308	1 000	206	0	206
Voltaire 29	307	1 000	206	0	206
Voltaire 62	863	1 000	578	0	578
Wilson 37	620	1 000	221	0	221
Wilson 39	591	1 000	211	0	211
Wilson 43	610	1 000	218	0	218
Wilson 70	1 206	2 000	431	0	431
Ensemble	6 513 (13 %)	12 000	3 071	0	3 071

Figure 6.4 : tableau récapitulatif général pour l'adjonction d'un détecteur de présence destiné au pilotage de l'éclairage des cabines d'ascenseurs

Cages	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC) min/max	Gain sur les kWh économisés (F TTC/an)	Gain sur les réductions d'abonnement (F TTC/an)	Gain total F TTC/an	Temps de retour brut (années) min/max
Carnot 103	1 416	26 000/71 000	386	1 779	2 165	12/33
Carnot 105	1 432	26 000/71 000	250	1 779	2 029	13/35
Carnot 72 b	1 423	26 000/71 000	254	1 779	2 033	13/35
Voltaire 12	1 052	26 000/71 000	705	1 231	1 936	13/37
Voltaire 16	1 135	26 000/71 000	760	1 231	1 991	13/36
Voltaire 29	1 256	26 000/71 000	841	1 231	2 072	13/34
Voltaire 62	1 420	26 000/71 000	951	1 231	2 182	12/33
Wilson 37	1 153	26 000/71 000	412	4 747	5 159	5/14
Wilson 39	2 468	26 000/71 000	881	4 747	5 628	5/13
Wilson 43	1 588	26 000/71 000	567	4 747	5 314	5/13
Wilson 70	4 955	52 000/142 000	1 769	9 494	11 263	5/13
Ensemble	19 298 (38 %)	312 000/852 000	7 776	33 996	41 772	7,5/20,4

Figure 6.5 : tableau récapitulatif général pour le cumul des améliorations proposées pour les ascenseurs

D'une façon générale on peut observer que :

- pris isolément l'asservissement de l'éclairage des cabines à la présence d'occupants présente un temps de retour de 3,9 ans. C'est donc une mesure très intéressante,
- les résultats pour l'adoption de la variation de vitesse et de l'asservissement de l'éclairage sont assez contrastés entre Voltaire/Carnot d'une part et Wilson d'autre part. Ceci est dû au type d'abonnement (très coûteux) à Wilson,

■ le temps de retour pour l'opération Wilson est compris entre 5 et 13 ans selon le coût des travaux. Mais les machines de Wilson sont considérées comme de vieilles machines. Il faudrait donc plutôt penser que c'est la fourchette haute qui doit être retenue. Pour le maître d'ouvrage, une autre stratégie est possible. On peut en effet raisonnablement penser que ces machines seront, dans un avenir proche, rénovées. Anticiper cette rénovation et bénéficier du financement associé peut être une bonne solution,

■ les temps de retour sur les autres opérations sont compris entre 12 et 35 ans. C'est évidemment très long et peu mobilisateur, mais il ne faut probablement pas voir le problème sous cet angle. Nous continuons à penser qu'il n'y a pas actuellement un vrai marché de la rénovation énergétique des ascenseurs. C'est cette demande qu'il faut stimuler dans le futur proche afin que les professionnels s'inscrivent dans la logique de la maîtrise de la demande d'électricité et proposent des produits optimisés et adaptés à un coût compatible avec les budgets disponibles.

Conclusion : hormis l'asservissement de l'éclairage des cabines à la présence d'occupants qui est une mesure très rentable, l'adoption de dispositifs permettant la variation de vitesse des moteurs d'ascenseurs pose des problèmes de rentabilité plus sensibles, mais qu'il faut examiner cas par cas. L'idée d'initier un marché naissant pourrait être un vecteur d'action suffisamment puissant pour décider de mettre en oeuvre ces solutions intéressantes.

6.2.2 Règles de conception pour la construction neuve

Les règles à recommander en construction neuve pour la conception des ascenseurs sont les suivantes :

■ ne prévoir d'ascenseur que lorsque c'est vraiment nécessaire ou obligatoire (notamment à partir de R+4),

■ ne jamais utiliser d'ascenseurs hydrauliques. Toujours choisir les ascenseurs à contrepoids. Ceux-ci consomment 2 à 3 fois moins que les modèles hydrauliques, et le courant de démarrage qu'ils induisent est beaucoup plus faible, donc l'abonnement à souscrire moins important,

■ tenter d'obtenir des fabricants des ascenseurs pour lesquels la vitesse ascensionnelle est réduite : au lieu d'une vitesse de 1 m/s, adopter 0,63 m/s. Cela permet de réduire un peu les besoins, à service rendu égal,

■ de même, il faut réduire dans les cahiers des charges, la valeur des accélérations. C'est l'accélération qui est la source importante de consommation au démarrage,

■ chercher à obtenir les masses de cabine les plus faibles possibles pour une charge utile donnée,

■ ne jamais surdimensionner une cabine d'ascenseur. L'analyse des trafics doit être faite avec soin afin de choisir une taille de cabine qui soit un compromis conduisant à accepter peut-être un peu d'attente aux heures de pointe. En effet, le surdimensionnement d'une cabine conduit à ce que durant toute sa vie cette cabine rendra le service demandé avec une consommation plus importante. Car la consommation d'une cabine d'ascenseur à contrepoids est minimum (et presque nulle) quand la cabine est à mi-charge, et maximum quand la cabine est vide, et le niveau de cette consommation est d'autant plus important que la charge utile de la cabine est élevée,

■ choisir un entraînement par moteur à vitesse variable. Ce dispositif peut conduire à une économie d'environ 40 %. Cette performance sera améliorée si en plus on adopte un dispositif de transmission sans réducteur de vitesse comme le système Gearless de Koné. Le

« Monospace » de Koné est un ascenseur sans local machine associant un moteur à vitesse variable et une transmission sans engrenage. La consommation est réduite d'un facteur 2,

- imposer que l'éclairage soit éteint lorsque la cabine est à vide,
- adopter un éclairage de cabine par lampe à incandescence à filament renforcé afin de mieux supporter les vibrations de la cabine d'une part, et les allumages et extinctions répétés,
- ne pas surdimensionner la puissance de cet éclairage de cabine (60 W est un grand maximum),
- demander au fabricant quelle est la puissance « à l'arrêt » consommée par l'armoire électrique de commande de l'ascenseur, et veiller à ce que cette puissance soit réellement faible. Dans les observations faites, la consommation à l'arrêt de l'ascenseur de l'armoire et des circuits était en moyenne de 125 W, soit 1.100 kWh/an,
- choisir une manoeuvre du type collective descente et proscrire les manoeuvres de type à boutons-poussoirs.

CHAPITRE 7 : LA VENTILATION MECANIQUE CONTRÔLÉE

N.B. : on trouvera l'ensemble de l'analyse technique concernant les ventilations mécaniques contrôlées (VMC) dans l'annexe technique n°9 (§ AT9.1 et suivants).

7-1 CARACTERISTIQUES ACTUELLES

La part de la consommation de la ventilation mécanique contrôlée varie de 18 à 25 % de la consommation totale des services généraux dans les opérations suivies. Elle est en moyenne de 22 %. C'est le second poste de consommation après l'éclairage des parkings.

La ventilation est un usage très monotone. Comme l'ont confirmé les mesures, la puissance appelée et la consommation journalière ne varient pratiquement pas au cours de la période d'observation. Est-ce parce que les débits ne varient pas ou bien est-ce parce que les caractéristiques des moto-ventilateurs conduisent à ce que la consommation électrique ne soit pas affectée par les variations de débit? Il n'est pas possible de répondre à cette question puisque les mesures n'ont pas porté sur les débits de ventilation.

Le tableau de la figure 7.1 regroupe l'ensemble des principales caractéristiques d'utilisation des VMC.

Etude des VMC	Opération			Moyenne générale
	Wilson	Carnot	Voltaire	
Consommation annuelle globale (kWh/an)	5290	3836	4381	4382
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	213	268	211	233
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	61	84	63	71

Figure 7.1 : principales caractéristiques des ventilations mécaniques contrôlées (VMC)

L'analyse du fonctionnement des VMC fait ressortir que :

- en moyenne leur consommation annuelle est de **4.382 kWh/an**. Mais cette valeur peut varier beaucoup d'une opération à l'autre puisqu'on observe aussi bien des consommations de 2.417 kWh/an que de 10.406 kWh/an. Les raisons de cette variation sont très nombreuses. Parmi les principales il y a :

- le nombre de logements desservis, et donc le débit,

- la qualité de conception et de réalisation des réseaux. La puissance absorbée par un ventilateur est proportionnelle au débit volumique d'air, à la perte de charge totale de l'installation, et inversement proportionnelle au rendement du moto-ventilateur. Un réseau mal conçu et mal exécuté conduira à des valeurs du débit plus élevées (à cause du grand nombre de fuites) et à de fortes pertes de charges. Ce sera un réseau très consommateur,

- le rendement du moto-ventilateur est le dernier paramètre déterminant de la consommation de la VMC. Au mieux le rendement actuel des moto-ventilateurs vaut 20 à 25 %. Ce n'est pas très bon. Mais il faut savoir que le rendement d'un moto-ventilateur varie selon le point de fonctionnement choisi. On peut donc se trouver dans une situation où le point de fonctionnement effectif conduit à un rendement catastrophique, de l'ordre de 5 ou 10 %. Ce sera le cas lorsque le caisson de VMC aura été surdimensionné. On doit alors le brider, ce qui conduit à dégrader son rendement.

■ on observe sur les installations de VMC des phénomènes qui peuvent laisser penser qu'elles ne répondent pas aux objectifs qui leur sont assignés. Deux faits viennent à l'appui de cette hypothèse :

- sur l'une des installations, le point de fonctionnement n'est semble-t-il même pas sur la courbe du ventilateur. Une seule explication possible : le ventilateur tourne à l'envers, ce qui est possible par inversion de deux phases. Mais le rendement est alors de 5 %...

- lorsqu'on examine (voir graphique AT9.1 en annexe technique n°9) le rapport puissance mesurée du ventilateur/débit théorique (déterminé en prenant 0,8 volume habitable) on obtient une valeur moyenne, pour l'ensemble des groupes, de 0,20. Or la RT 2000 a fixé à 0,25 la valeur à ne pas dépasser dans le futur, et cette valeur est censée représenter un progrès exigeant un effort de la part des constructeurs et des concepteurs. La conclusion la plus probable est que le débit extrait des installations observées est insuffisant et inférieur au débit nominal. Cette hypothèse est d'ailleurs corroborée par la valeur relativement faible de la consommation par logement (233 kWh/an/logt). Il serait donc probablement nécessaire, avant de prendre quelle que mesure que ce soit, de faire un bilan aéraulique des installations.

7-2 AMELIORATIONS PROPOSEES

7.2.1 Les enjeux et les moyens

Comment obtenir une faible consommation sur une installation de VMC?

Lorsqu'on est en construction neuve, il faut commencer par dessiner et exécuter un réseau de bonne qualité. C'est le premier garant d'une bonne performance. Mais en rénovation on ne dispose plus de cet outil.

Le second moyen de réduire la consommation d'une VMC consiste à travailler sur le rendement du caisson moto-ventilateur. Pour schématiser (voir le détail en annexe technique n°9, § AT9.2), on peut dire qu'il y a trois composantes d'améliorations :

- le rendement du moteur,
- le rendement de la transmission,
- le rendement de l'aubage

A ces composantes structurelles, on peut ajouter une autre source d'amélioration. Elle consiste à adapter en permanence les caractéristiques du moto-ventilateur pour tenir compte des variations de débit importantes que l'on devrait en principe rencontrer dans une installation

fonctionnant de manière nominale. En adaptant la vitesse du ventilateur aux contraintes effectives de débit, on accède à un gisement supplémentaire d'économie.

L'amélioration du rendement moteur passe par l'utilisation de moteurs à courant continu à redresseur incorporé. Ces moteurs présentent des caractéristiques de rendement, notamment à charge partielle, très supérieures à celles des moteurs asynchrones classiques. Ils permettent également d'effectuer facilement de la variation de vitesse.

L'amélioration de la transmission passe par la suppression des transmissions par courroies et poulies au profit de la transmission directe.

Enfin, l'amélioration du rendement d'aubage passe par le choix de nouvelles turbines, mieux dessinées, et dont le profil d'aubage permettra de dépasser les 50 % de rendement des turbines à action actuelles. Il existe depuis longtemps d'autres turbines, dites à réaction, dont le rendement peut atteindre 75 ou 80 %. Mais leurs caractéristiques débit/pression ne sont pas très adaptées à l'usage étudié d'une part, et leur rendement se dégrade d'autre part assez rapidement dès qu'on s'écarte du point nominal de fonctionnement.

Comment les industriels européens de la ventilation ont-ils intégré ces éléments?

Dans le cadre de cette étude, nous avons contacté probablement tous les constructeurs européens, quelle que soit leur importance, soit 150 fabricants. Voici ce que l'on peut retenir de cette très large consultation :

- très peu de constructeurs ont aujourd'hui un produit fini prêt à l'emploi et figurant dans leur catalogue,
- beaucoup de constructeurs, notamment en France, ignoraient tout du problème posé, et ne se sentaient même pas vraiment concernés,
- les constructeurs allemands sont peut-être, dans leur ensemble, ceux qui ont le plus étudié cette question. Ils se sont toujours montrés très intéressés par notre démarche et prêts à collaborer, voire à étudier des prototypes, etc.
- contrairement à tout ce que nous croyions, le marché danois n'est pas du tout en avance sur le reste de l'Europe. A vrai dire, la VMC des logements est une particularité française et peu, voire aucun autre pays, n'y ont recours. Le Danemark commence à s'y intéresser, mais par le biais du double flux, solution déjà connue et développée en France depuis 20 ans (mais très marginale),
- à l'exception d'un constructeur, les solutions envisagées sont sensiblement identiques pour ce qui concerne les choix technologiques : recours au moteur à courant continu, variation de vitesse et transmission directe. Seul Exhausto (plus gros constructeur danois) propose un ensemble bâti sur une turbine à réaction et un moteur asynchrone associé à un dispositif de variation de vitesse. Aujourd'hui en Europe, aucun fabricant n'a retenu de travailler à la fois sur une turbine plus performante et sur un moteur à courant continu. Peut-être avec raison, dans l'état actuel de la technologie et des performances des turbines,
- il est très difficile de pouvoir préciser quels seront les rendements respectifs de toutes ces solutions, car on ne dispose pas de tous les éléments nécessaires. Il apparaît néanmoins que l'on devrait pouvoir porter de 25 % actuellement à 45 ou 50 % le rendement des moteurs ventilateurs, donc diviser par deux leur consommation,
- la France étant le seul pays européen à avoir généralisé la VMC dans le logement est aussi la seule à disposer d'une réglementation incendie imposant des contraintes de tenue au

feu aux ventilateurs d'extraction. Et aucun constructeur extérieur à la France ne dispose aujourd'hui de caissons performants satisfaisant le règlement de sécurité des bâtiments d'habitation français. Peu sont d'ailleurs prêts à faire passer des tests à leur matériel, car ces tests sont très chers et le marché encore un peu hésitant....

■ heureusement, un grand constructeur français, Aldès, s'intéresse depuis quelques années au problème de la consommation électrique des auxiliaires. Nous avons déjà une opération expérimentale en construction neuve (à Villeurbanne) avec ce constructeur, et l'idée de prolonger cette collaboration nous a paru intéressante et va faire l'objet de la proposition d'amélioration qui suit. Ce constructeur a résolu le problème de la tenue au feu des ventilateurs (le problème est surtout celui de l'électronique embarquée qui ne supporte pas de températures supérieures à 50°C).

7.2.2 Réhabilitation

■ Les améliorations techniques possibles

L'enjeu représenté par la VMC exige que, malgré l'état non achevé des solutions sur le marché européen, on expérimente sur cette opération, avec des aides à trouver, les solutions qui feront la ventilation de demain. Mais compte tenu de l'état réel des installations, il a paru nécessaire de proposer un cadre méthodologique rigoureux afin de savoir exactement quelle économie attendre des solutions performantes. En effet, s'il se confirmait que les débits sont insuffisants au regard de la réglementation en vigueur, il serait préalablement nécessaire de remettre les installations existantes en conformité avec la réglementation, puis de refaire une évaluation de leur consommation. C'est cette nouvelle évaluation qui servirait de référence et permettrait de déterminer le gisement d'économie des nouvelles solutions.

Pour cette phase préliminaire, Aldès a proposé de participer à l'évaluation aérodynamique précise des installations, avec les moyens puissants qui sont les siens. Ceci dans un but purement de rigueur scientifique. Il n'est pas non plus impossible que des améliorations puissent être apportées aux réseaux eux-mêmes.

Les solutions qui seraient ensuite mises en place reposent sur :

- un moteur à courant continu (probablement le moteur ECM de General Electric),
- une transmission directe,
- une turbine à action classique,
- un pilotage du point de fonctionnement (vitesse variable) pour tirer parti de la variation de débit de l'installation.

Pour ce dernier point, il n'est d'ailleurs pas impossible que de nouvelles bouches en cuisine soient utilisées, afin d'éviter que les installations soient placées puis oubliées en grande vitesse. On pourrait alors observer des variations de débit de 1 à 2 sur les installations, et surtout tirer parti de ces variations en adaptant le point de fonctionnement de façon optimale par variation de vitesse.

Globalement, le rendement de l'ensemble pourrait être de 40 à 50 %, ce qui conduirait à faire une économie de 38 à 50 % si l'on suppose que les ensembles actuels ont un rendement de 25 %. Pour les calculs qui suivent on a supposé que l'économie était de 40 %.

L'évaluation du coût des travaux est difficile à établir car la voie qui est proposée ici ne s'inscrit pas dans une démarche traditionnelle. Il s'agit plutôt de réaliser avec l'aide et les moyens d'Aldès qui s'est déclaré très intéressé par ce projet, une opération expérimentale de

grande ampleur qui permettrait d'évaluer, de parfaire, et de faire connaître ce nouveau type de VMC. L'engagement financier du constructeur est donc important, et son assistance bénévole également. Tous les partenaires ont à gagner d'une collaboration riche sur une opération de ce type. Afin de fixer les idées, disons que l'intervention pourrait revenir à 10.000 F TTC par caisson. Mais cet aspect sera précisé plus tard.

Remarque : parmi les solutions qui ont également été étudiées figure, pour les opérations Wilson et Carnot, le passage d'une ventilation simple flux à une ventilation hygroréglable. L'intérêt majeur de cette transformation est l'économie induite sur le poste chauffage. Il est vrai que ces deux opérations sont chauffées à l'électricité et que la mesure proposée conduirait donc bien à réduire de façon significative la demande d'électricité, mais nous avons restreint le champ de notre intervention aux aspects des usages spécifiques de l'électricité. Or il est probable, mais malgré tout pas certain, que cette mesure s'accompagne d'une économie significative sur la consommation électrique des ventilateurs.

Les prix qui nous ont été remis sont d'ailleurs assez dissuasifs, puisque le simple changement de bouches (mais il est vrai que les bouches hygro sont assez chères), coûte en moyenne 2.865 F H.T./logement. Ce prix pourrait certainement être abaissé par une consultation plus large, mais en tout état de cause, le prix catalogue du matériel est de 1.500 F H.T./logt.

■ Economie due à la réduction de puissance induite

Cet aspect est jugé négligeable dans le cas de la VMC et n'a pas été pris en compte.

■ Coût d'investissement, économie d'électricité et économie financière induite

Le calcul des économies a été effectué à partir du prix du kWh (hors abonnement) de l'usage en fonction de l'abonnement souscrit et du poids de l'usage dans les différentes tranches horo-saisonniers. Ces valeurs figurent dans le tableau de la figure 7.2.

Abonnement	Prix du kWh (F.T.T.C.)
Tarif Bleu-Option BASE-18 kW	0,6698
Tarif Jaune UM	0,4598
Tarif Vert-Moyennes utilisations-660 kW	0,3306

Figure 7.2 : Prix moyen du kWh (hors abonnement) pour les VMC

Le tableau de la figure 7.3 regroupe l'ensemble des caractéristiques énergétiques et économiques de la solution proposée.

Cages	Economie d'électricité	Investissement (F TTC)	Gain sur les kWh économisés	Gain sur les réductions d'abonnement	Gain total F TTC/an
-------	------------------------	------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	---------------------

	(kWh/an)		(F TTC/an)	(F TTC/an)	
Carnot 103	2523	10 000	1 160	0	1 160
Carnot 105	1787	10 000	822	0	822
Carnot 107	1219	10 000	560	0	560
Carnot 72 b	1177	10 000	541	0	541
Carnot 70	967	10 000	445	0	445
Voltaire 12	1843	10 000	1 234	0	1 234
Voltaire 14	1682	10 000	1 127	0	1 127
Voltaire 16	1766	10 000	1 183	0	1 183
Voltaire 29	2211	10 000	1 481	0	1 481
Voltaire 62	1261	10 000	845	0	845
Wilson 37	1388	10 000	459	0	459
Wilson 43	799	10 000	264	0	264
Wilson 70	4162	10 000	1 376	0	1 376
Ensemble	22 785 (40 %)	130 000	11 497	0	11 497

N.B. : tous les caissons VMC n'ont pas toujours pu être mesurés. Ne figurent dans ce tableau que ceux qui ont fait l'objet de mesures. Mais pour les autres l'économie serait identique.

Figure 7.3 tableau récapitulatif des améliorations pour la VMC

En supposant égal à 10.000 F TTC le prix de la transformation, le temps de retour de cette solution serait de **11,5 ans**. Mais répétons qu'il ne s'agit pas ici d'une amélioration comme les autres dans la mesure où il n'existe pas encore de marché sur le plan technique.

Conclusion : la ventilation performante est en cours de développement et dans très peu de temps les fabricants proposeront dans leur catalogue des solutions. La présente opération arrive à un instant charnière où des solutions techniques sont en passe d'être commercialisées. Il est proposé, pour l'intérêt de tous les partenaires, et dans l'optique de contribuer à développer les solutions performantes, de mettre en place avec l'aide de la société Aldès, une technologie au caractère encore un peu expérimental. Il conviendra d'examiner comment le financement de ce véritable laboratoire pourra être assuré afin que le maître d'ouvrage ne soit pas seul à supporter le caractère expérimental de l'opération. Les enseignements à tirer de cette expérience sont très importants.

7.2.3 Règles de conception pour la construction neuve

Les règles à recommander en construction neuve pour la conception des VMC sont de deux natures :

A - Bien concevoir le réseau aéraulique

- optimiser la position des caissons dans les réseaux afin de réduire les longueurs. Se rappeler également que c'est l'antenne possédant la plus forte perte de charge qui impose au ventilateur le niveau de pression manométrique, même si cette antenne est seule à posséder un niveau aussi élevé, et même si le débit qui la parcourt est très faible,

- choisir des pertes de charges linéaires très faibles dans les réseaux, ce qui conduit à surdimensionner un peu les sections,

- utiliser des pièces de transformation pour toutes les dérivations et proscrire les piquages effectués par découpe des conduits et adjonction de collerette,
- porter un soin extrême, voire maniaque, à l'étanchéité à l'air des conduits. Un réseau qui fuit est un réseau qui consomme beaucoup et qui ne remplit pas sa fonction. Ceci suppose, soit l'utilisation de pièces avec joint d'étanchéité, soit l'usage soigneux de mastic et bande d'étanchéité. L'état de surface intérieure des conduits ne doit pas présenter de coulures de mastic ou de parties en saillie,
- la modulation des débits apparaît comme une solution intéressante aussi bien d'un point de vue thermique que, dans certaines conditions, d'un point de vue électrique. On peut donc vivement recommander la ventilation hygroréglable,
- ne jamais surdimensionner les débits, et choisir les valeurs minimales nécessaires,
- prévoir un livret de maintenance définissant avec précision la périodicité de nettoyage des filtres (un filtre encrassé augmente la perte de charge et donc la consommation électrique du ventilateur). Imposer la présence, sur chaque caisson de ventilation disposant d'un filtre, d'un manomètre en U rempli d'eau colorée placé aux bornes du filtre et permettant de connaître son niveau d'encrassement à tout instant. Fixer dans le livret le seuil de perte de charge à partir duquel doit être nettoyé le filtre.

B - Choix du motoventilateur

- ne pas surdimensionner le ventilateur, et se placer impérativement à son point de rendement maximum,
- adopter impérativement des moto-ventilateurs utilisant un moteur à courant continu à transmission directe, permettant la variation de vitesse. Plutôt que de surdimensionner un ventilateur puis d'étrangler le débit dans un organe de tête, cette solution permettra une adaptation du débit par variation de vitesse. Ainsi une réduction de débit de 20% par étranglement, fait chuter de 10 % la puissance appelée par un ventilateur traditionnel, alors qu'avec un moteur à vitesse variable la réduction de la puissance appelée sera de 50 %.

CHAPITRE 8 : LES AUTRES USAGES

Selon les opérations, les autres usages, c'est à dire les usages qui n'ont pas été abordés dans ce qui précède, représentent entre 10 et 20 % de la consommation totale des services généraux.

Le chapitre qui suit en donne une description sommaire.

8-1 LES BLOCS AUTONOMES D'ECLAIRAGE DE SECURITE (B.A.E.S.)

8-1-1 Situation actuelle

Les BAES sont omniprésents dans un bâtiment d'habitation : ils sont présents dans les parcs de stationnement, dans les accès aux parcs, dans les couloirs, dans les circulations, etc.

Leur mission est d'apporter un éclairage de secours ou un éclairage de balisage indiquant les accès en cas de coupure de courant. Ils comportent également une veilleuse permanente.

Les BAES comportent une batterie maintenue chargée en permanence ainsi que deux ampoules pour l'éclairage de secours.

La consommation mesurée des BAES est de 4,6 W/bloc, avec un $\cos \phi$ de 0,7.

On a relevé de 1,06 à 1,25 BAES/logt, la moyenne étant de 1,13 BAES/logt.

Les principales caractéristiques des BAES apparaissent dans le tableau de la figure 8.1 :

Etude des BAES	Opération			Moyenne générale
	Wilson	Carnot	Voltaire	
Consommation annuelle globale (kWh/an)	5340 (5%)	5465 (6%)	5423 (5%)	5409
Consommation annuelle par logements (kWh/log/an)	43	43	51	46
Consommation annuelle par habitant (kWh/hab/an)	13	13	15	14

Entre () figure la part de l'usage dans la consommation électrique totale des services généraux

Figure 8.1 : principales caractéristiques des BAES

Bien que marginal, cet usage représente 5 % de la consommation totale des services généraux, et cette part sera beaucoup plus importante lorsqu'on aura fait des économies sur les autres postes.

L'une des caractéristiques des BAES est le taux de blocs en panne. A Wilson 28 blocs (soit 21 % des blocs) sont en panne. Ce nombre est de 12 (soit 9 %) à Voltaire, et de 21 (soit 15 %) à Carnot. Ces valeurs sont inquiétantes concernant un élément de sécurité.

8-1-2 Améliorations possibles

Seule la technologie des « led » introduit une petite nouveauté dans les BAES. Les lampes de secours sont remplacées par des led. Mais la plupart des constructeurs n'ont pas tiré parti de cette innovation. Car ils auraient pu réduire la taille de la batterie et optimiser le système de charge de cette batterie. Tous les spécialistes s'accordent pour dire que les BAES pourraient remplir leur mission en ne consommant pas plus de 1 W. Plusieurs fabricants ont été contactés, certains ont paru intéressés, mais il n'existe aujourd'hui aucun produit sur le marché apportant une amélioration au fonctionnement des BAES.

8-2 LES PORTES DE GARAGE

8-2-1 Situation actuelle

Il y a 2 portes de garage sur chacune des opérations suivies.

Les portes de garage comprennent sur chaque vantail un petit moteur embarqué avec la porte, ainsi que des systèmes d'éclairage et de lampes témoins.

Les principales caractéristiques des portes de garage apparaissent dans le tableau de la figure 8.2 :

Etude des portes de garage	Opération		
	Wilson	Carnot	Voltaire
Consommation annuelle globale (kWh/an)	?	1052	455
	(-)	(1,2%)	(0,4%)

Entre () figure la part de l'usage dans la consommation électrique totale des services généraux

Figure 8.2 : principales caractéristiques des portes de garage

Les principales composantes électriques des portes de garage sont :

- un système de commande (par clé ou par carte) absorbant en veille 41 W à Wilson et 61 W à Carnot,
- les moteurs, dont la puissance est très variable : 90 W à Wilson et 220 W à Voltaire,
- deux luminaires, l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur, de 60 W chacun,
- deux feux clignotants, l'un à l'intérieur et l'autre à l'extérieur, de 60 W chacun.

8-2-2 Améliorations possibles

Compte tenu de la brièveté de fonctionnement et de leur nombre d'allumages, les ampoules ne peuvent pas être remplacées par des L.F.C.. Quant au moteur, il ne représente pas une consommation suffisante pour mobiliser un investissement.

8-3 LES PORTIERS

Les portiers électroniques sont désormais dans tous les immeubles. Nous avons voulu savoir si leur puissance était affectée par les appels et les ouvertures de porte. Il n'en est rien.

Le départ des portiers n'est souvent pas bien repéré. Les mesures de consommation ont été faites à Voltaire et Wilson. L'usage portier comprend :

- l'électronique de l'interphone.
- la consommation de l'aimant électromagnétique de fermeture des portes.
- l'électronique de commande d'ouverture de porte.

La consommation des portiers est en moyenne de **25 W/portier** à Wilson et de **35 W/portier** à Voltaire. La consommation est de **1.560 kWh/an** à Voltaire et de **1.100 kWh/an** à Wilson, ce qui représente respectivement 1,5 et 1% de la consommation totale des services généraux. On retiendra que la consommation d'un portier (donc pour une seule cage) varie de **220 kWh/an** à **305 kWh/an**.

8-4 LES AMPLI TV

Les amplis TV sont difficiles à instrumenter car ils sont souvent non repérés.

La puissance absorbée par les amplis TV est très variable d'un ampli à l'autre. Les valeurs mesurées sont de 5, 12, 18 W à Carnot, et de 27, 28, 40 W à Voltaire. Comme on n'a pas pu déterminer avec certitude le nombre d'amplis par opération, on ne peut garantir le niveau de consommation annuelle globale. Ce niveau pourrait être de 830 kWh/an à Voltaire et de 320 kWh/an à Carnot

8-5 LES ALARMES

Les alarmes techniques, lorsqu'elles fonctionnent, ont une puissance de l'ordre de 100W (113 W pour Carnot). L'alarme de Voltaire n'est plus en service et celle de Wilson n'a pas été mesurée.

8-6 LES POMPES DE RELEVAGE

Les pompes de relevage ont posé de gros problèmes :

- pas de circuit de départ identifié à Carnot et à Wilson (sur quel usage fonctionnent-elles?),
- hors service suite à un court-circuit à Voltaire.

8-7 DIVERS

Le détecteur crépusculaire de Carnot (éclairage extérieur) consomme **102 kWh/an**. Sa puissance est d'environ **12 W**.

A Wilson le dispositif de téléreport du compteur d'eau à impulsions (modem) absorbe **7,1 W** et consomme **62 kWh/an**.

CHAPITRE 9 : ADAPTATION DES PUISSANCES SOUSCRITES

9-1 LISTE DES ABONNEMENTS SOUSCRITS

Désignation	Type d'abonnement	Puissance souscrite	Usages raccordés
Wilson	Tarif vert version Utilisations moyennes	228,7 kW	Tous les usages
Voltaire 12	Tarif bleu Option Base	18 kW	Tous les usages
Voltaire 14	Tarif bleu Option Base	18 kW	Tous les usages
Voltaire 16	Tarif bleu Option Base	18 kW	Tous les usages
Voltaire 29	Tarif bleu Option Base	18 kW	Tous les usages
Voltaire 62	Tarif bleu Option Base	18 kW	Tous les usages
Voltaire Parking	Tarif jaune version Utilisations moyennes	36kVA	Eclairage parking + extérieur
Voltaire 29	Tarif bleu Option Base	3 kW	Studio remplaçant gardien
Voltaire 29	Tarif bleu Option Base	6 kW	Loge gardien
Voltaire 29	Tarif bleu Option Base	6 kW	LCR
Carnot 103,105,107,68Bis-72	Tarif bleu Option Base	18 kW	Tous les éclairages (extérieurs, parking...)
Carnot Parking	Tarif jaune version Utilisations moyennes	60 kVa	Ascenseur, VMC,...
Carnot 10-12 CL	Tarif bleu Option Base	36 kW	Eclairage, VMC, Extraction Parking
Carnot 10-12 CL LCR	Tarif bleu Option heures creuses	6 kW	LCR
Carnot 4-8 CL	Tarif bleu Option Base	18 kW	Eclairage, VMC...

Figure 9.1 : liste de l'ensemble des abonnements souscrits

9-2 ANALYSE DES DIFFERENTS TARIFS

9-2-1 Wilson : tarif Vert

Cet abonnement est dimensionné pour assurer en hiver une base de chauffage électrique par le sol. Il n'est pas possible en période estivale, et sur les seules usages spécifiques de l'électricité, de juger de la pertinence du niveau de puissance souscrite. Une chose est sûre : le coût du kW souscrit est élevé : 263,71 F TTC/an. Les puissances excessives souscrites, si elles existent coûtent cher.

9-2-2 Voltaire : LCR

Ce compteur est associé au Local Collectif Résidentiel, à une pièce de stockage attendant et à des sanitaires équipés d'un ballon d'eau chaude d'une puissance de 2300W. Le profil moyen journalier montre une utilisation principale en matinée et en début d'après-midi. La consommation annualisée est de 1898 kWh/an dont 750 kWh/an (soit 40 %) environ pour le maintien en chauffe du ballon d'eau chaude. Une meilleure isolation du ballon permettrait de minimiser les déperditions thermiques et par là même la consommation électrique.

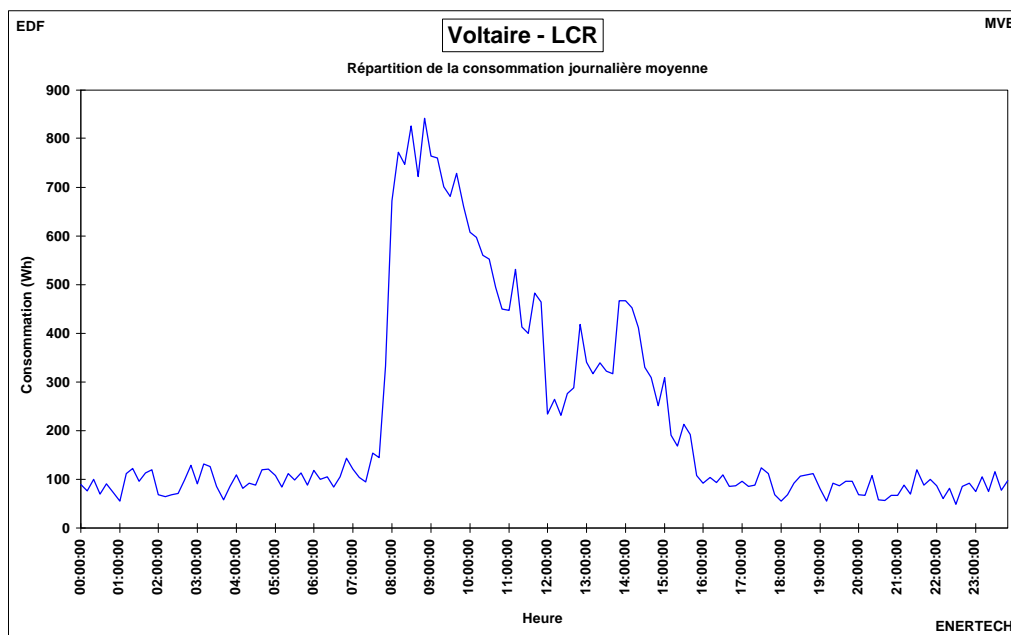


Figure 9.2 : Voltaire - LCR - profil d'une journée type

Le graphique de la figure 9.3 représente une période typique de maintien en température du ballon d'eau chaude.

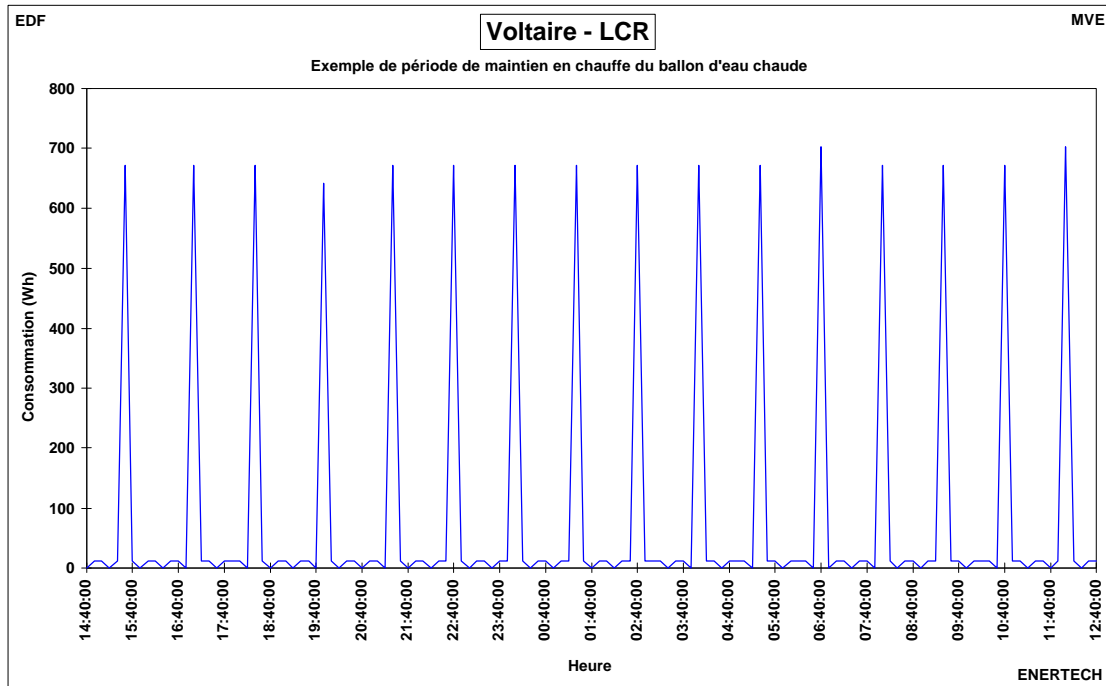


Figure 9.3 : Voltaire - LCR -profil de consommation au cours d'une journée

9-2-3 Carnot - 4-8 CL

Cet abonnement est destiné aux consommations électriques des deux cages 4 et 8 de Carnot 2. Il comprend l'éclairage des cages, les VMC, l'éclairage extérieur et différents petits usages du type ampli TV ou portier. Le graphique de la figure 9.4 illustre la courbe de charge horaire moyenne.

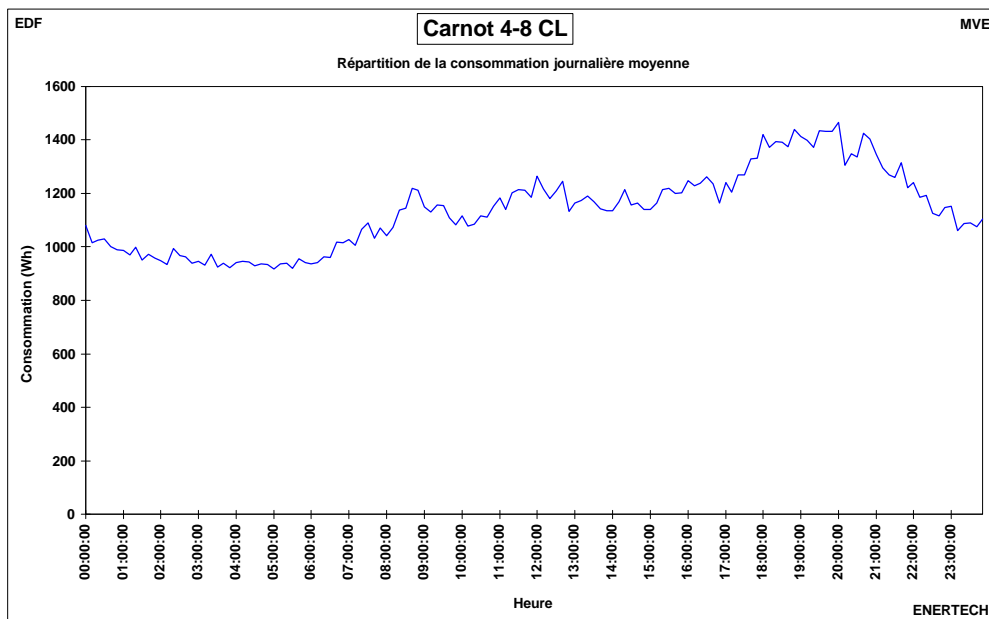


Figure 9.4 : Carnot 4-8 CL -profil de consommation au cours d'une journée

Il s'agit d'un abonnement tarif bleu d'une puissance souscrite de 18 kW, ce qui semble sur-dimensionné par rapport aux usages alimentés. En effet, la puissance à souscrire est fonction de la puissance en marche et du pic de puissance au démarrage des différents usages. Dans le cas présent la puissance en marche est en moyenne de 1134 W et les pics de puissance maximum observés à 10 mn avoisinent les 3520W. Ces pics de puissance ont lieu vers 18h le soir et sont en partie dus à l'éclairage des cages. En ne tenant compte que des améliorations proposées au niveau des couloirs, ces pics de puissance peuvent être réduits de 500W. Ils seront donc voisin de 3000W. Dans ce contexte un abonnement de **6 kVA semble largement suffisant**, cette mesure simple permettant d'économiser 1231 F par an sur le prix de l'abonnement.

9-2-4 Carnot - 10-12 CL

Cet abonnement est destiné aux consommations électriques des cages 10 et 12 de Carnot 2. Il comprend l'éclairage des cages, les VMC, l'éclairage et l'extraction parking et différents petits usages comme ampli TV ou portier. Le graphique de la figure 9.5 représente la courbe de charge horaire moyenne journalière.

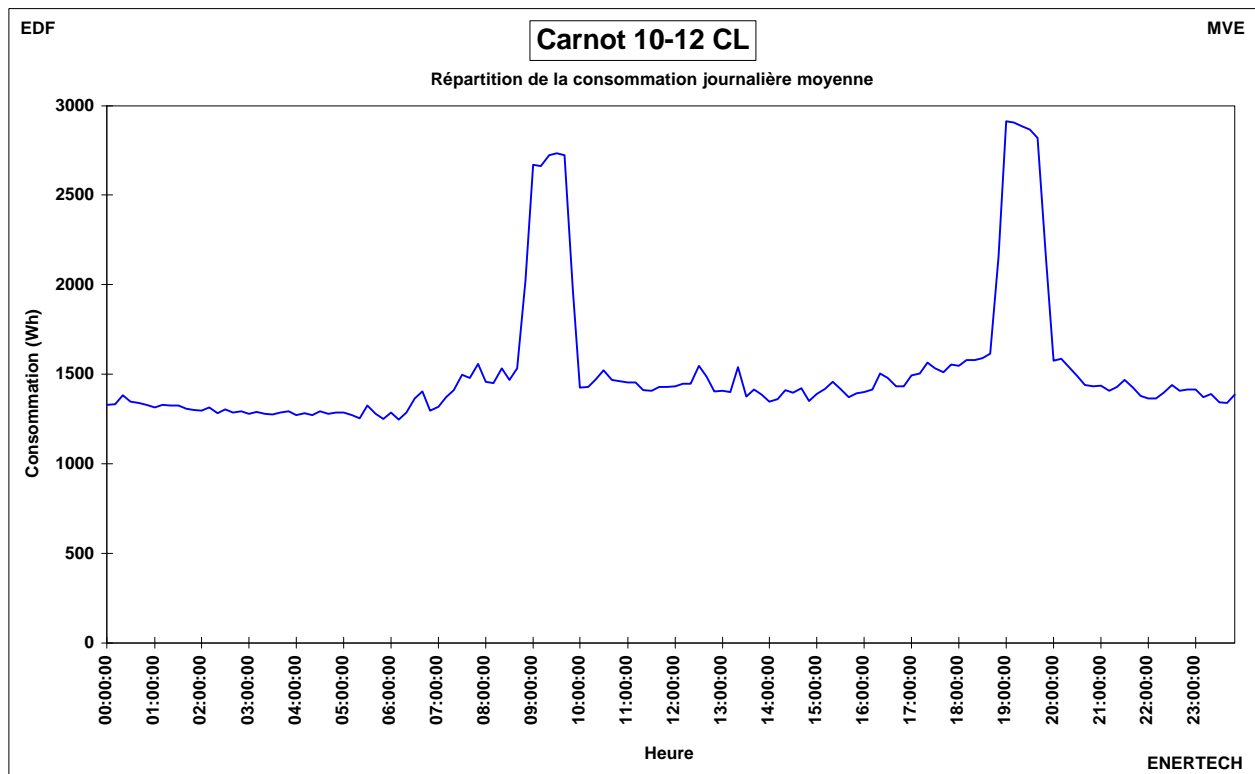


Figure 9.5 : Carnot 10-12 CL-profil de consommation au cours d'une journée

Comme dans le cas précédent, il semble que l'on puisse réduire le coût de l'abonnement. En effet, la puissance actuellement souscrite est de 36 kVA, alors que la puissance maximum observée au pas de temps de dix minutes est de 4670W. Elle s'observe le soir vers 19h et provient de la conjugaison de l'éclairage des cages et de la mise en route de l'extraction parking. En ne tenant compte que des améliorations proposées au niveau des couloirs et du parking, ces pics de puissance peuvent être réduits de 340W et de 530W. Dans

ce contexte un abonnement de **6 kVA semble largement suffisant**, cette mesure simple permettant d'économiser 4400 F TTC/an sur le prix de l'abonnement.

9-2-5 Voltaire - Tarif Jaune

Cet abonnement est destiné à l'éclairage du parking (qui est permanent) et à une partie de l'éclairage extérieur. La courbe de charge horaire moyenne indique une consommation stable de l'ordre de 140 kWh/jour pour une puissance appelée de 5835 W.

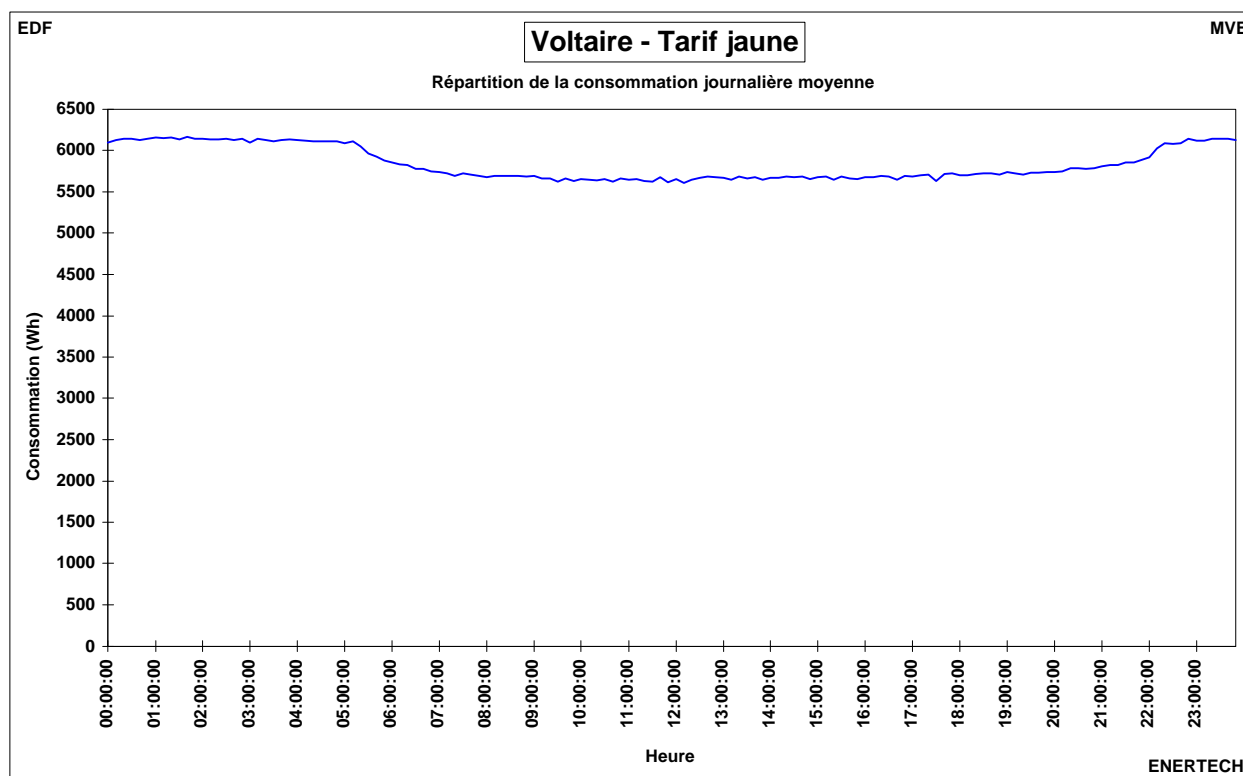


Figure 9.6 : Voltaire-tarif jaune - profil de consommation au cours d'une journée

L'abonnement tarif jaune 36 kVA semble largement sur-dimensionné pour le type d'utilisation. Les mesures concernant le parking permettant de réduire la puissance installée à 2770W et celles concernant l'éclairage extérieur d'une puissance installée de 300W permettraient de changer l'abonnement tarif jaune en abonnement tarif bleu 6 kVA – option Heures Creuses, ce qui représente une économie au niveau de la puissance souscrite de 3220 F TTC/an. L'option Heures creuses pour le nouvel abonnement trouverait toute sa signification dans le fait qu'en journée les consommations seraient limitées aux éclairages parking qui ne fonctionneraient plus que par intermittence tandis que, la nuit, l'éclairage extérieur fonctionnerait en continu.

CONCLUSION

Les tableaux des figures C1 à C4 dressent un état récapitulatif de l'ensemble des mesures proposées. Le tableau de la figure C1 fournit l'état global pour les 3 opérations, alors que les tableaux des figures C2 à C4 présentent le détail des résultats pour chacune des opérations.

Les tableaux reprennent l'ensemble des solutions en ne retenant que celles conduisant au gisement d'économie maximum.

Usages	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Economie annuelle (F TTC/an)
Eclairage des couloirs	13 805 (- 92 %)	92 570	8 102
Eclairage des escaliers encloisonnés	3 818 (- 75 %)	4 900	2 713
Eclairage des halls d'entrée	5 082 (- 78 %)	10 140	2 396
Accès parking	2 936 (- 95 %)	6 750	1 070
Locaux poubelles	752 (- 99 %)	600	275
Eclairage extérieur	12 920 (- 79 %)	5 620	7 075
Eclairage des parcs de stationnement	65 790 (- 87 %)	69 665	31 007
Ascenseurs	22 021 (- 38 %)	Min : 364 000 Max : 994 000	49 077
Ventilation mécanique	27 545 (- 40 %)	170 000	13 317
Total	154 669 (- 51 %)	Min : 724 245 Max : 1 354 245	115 032

Figure C1 : Bilan global des améliorations sur l'ensemble des opérations

Globalement, l'économie totale d'électricité est de **155 MWh**, soit **51 %** de la consommation initiale. **On peut donc diviser par deux la consommation électrique des services généraux** avec des techniques pratiquement toutes disponibles ou proche de l'être, exception faite de la VMC pour laquelle il reste à passer du prototype au stade industriel.

En moyenne, la consommation initiale des services généraux pour les 359 logements était de 303,7 MWh/an ce qui représentait une consommation de 846 kWh/an/logt. La nouvelle consommation serait de 149 MWh/an, et conduirait à une consommation de **415 kWh/an/logt**.

Cette performance conduirait à une économie de charges, non compris les réajustements pour inadéquation de certains abonnements décrits au chapitre 9 (soit 8.850 F TTC), de **115 000 F TTC/an**, soit **320 F/an/logt**. Ajoutée aux 920 F d'économie potentielle des parties privatives, l'économie totale qui pourrait être faite sur la dépense des usages spécifiques de l'électricité est de **1.240 F/an/logt**.

L'investissement global nécessaire pour réaliser ce programme d'économies dans les parties communes dépend beaucoup du coût des travaux relatifs à l'amélioration des ascenseurs :

- si on compte ceux-ci au prix minimum (soit 26.000 F TTC/cage), le total des investissements serait de **724 000 F TTC**, correspondant à un temps de retour, toutes améliorations confondues, de **6,3 ans**. Dans ces conditions le prix du kWh économisé annuellement serait de **4,68 F TTC** (il s'agit du rapport de l'investissement à l'économie),

- si les travaux d'ascenseurs étaient facturés au prix de l'estimation haute (71.000 F TTC), le total des investissements s'élèverait à **1.354.000 F TTC**, ce qui conduirait à un temps de retour, toutes améliorations confondues, de **11,8 ans**. Le coût du kWh économisé annuellement serait alors de **8,76 F TTC**,

- si on décidait d'exclure totalement les ascenseurs du programme d'améliorations, l'économie d'électricité passerait de 155 à 133 MWh, et l'économie annuelle pour les locataires diminuerait de 115 000 F à 66 000 F. L'investissement ne serait plus que de **360 000 F TTC**, ce qui conduirait à un temps de retour brut de **5,5 ans**. Le coût du kWh économisé annuellement serait de **2,71 F TTC**. Ceci met en évidence que la réduction du coût d'exploitation des ascenseurs induit par les améliorations est majoritairement dû à la réduction très importante de la puissance souscrite.

Les tableaux des figures C2 à C4 montrent qu'il existe des différences notoires d'une opération à l'autre.

Usages	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Economie annuelle (F TTC/an)
Eclairage des couloirs	1 504 (- 93 %)	23 680	1 252
Eclairage des escaliers encloués	213 (- 75 %)	1 200	250
Eclairage des halls d'entrée	486 (- 81 %)	3 600	326
Eclairage extérieur	4 979 (- 75 %)	1 800	3 466
Eclairage des parcs de stationnement	22 045 (- 88 %)	27 330	11 956
Ascenseurs	4 271 (- 40 %)	Min : 78 000 Max : 213 000	6 227
Ventilation mécanique	9 673 (- 40 %)	70 000	4 428
Total	43 171 (- 50 %)	Min : 205 610 Max : 340 610	27 905

Figure C2 : Bilan des améliorations sur l'opération Carnot

Usages	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Economie annuelle (F TTC/an)
Eclairage des couloirs	6 967 (- 91 %)	36 598	3 069
Eclairage des escaliers encloisonnés	1 766 (- 75 %)	1 750	1 058
Eclairage des halls d'entrée	3 298 (- 75 %)	3 840	1 201
Accès parking	2 936 (- 95 %)	6 750	1 070
Locaux poubelles	752 (- 99 %)	600	275
Eclairage extérieur	2 746 (- 80 %)	1 670	1 157
Eclairage des parcs de stationnement	15 757 (- 81 %)	21 085	5 985
Ascenseurs	11 752 (- 40 %)	Min : 156 000 Max : 426 000	32 678
Ventilation mécanique	9 109 (- 40 %)	50 000	3 019
Total	55 083 (- 47 %)	Min : 278 293 Max : 548 293	49 512

Figure C3 : Bilan des améliorations sur l'opération Wilson

Usages	Economie d'électricité (kWh/an)	Investissement (F TTC)	Economie annuelle (F TTC/an)
Eclairage des couloirs	5 334 (- 92 %)	32 292	3 781
Eclairage des escaliers encloisonnés	1 839 (- 75 %)	1 950	1 405
Eclairage des halls d'entrée	1 298 (- 83 %)	2 700	869
Eclairage extérieur	5 195 (- 82 %)	2 150	2 452
Eclairage des parcs de stationnement	27 988 (- 90 %)	21 250	13 066
Ascenseurs	5 998 (- 34 %)	Min : 130 000 Max : 355 000	10 172
Ventilation mécanique	8 763 (- 40 %)	50 000	5 870
Total	56 415 (- 56 %)	Min : 240 342 Max : 465 342	37 615

Figure C4 : Bilan des améliorations sur l'opération Voltaire

A titre d'exemple, l'intérêt économique de l'amélioration des ascenseurs est plus bénéfique à Wilson qu'ailleurs, car le coût de l'abonnement tarif vert est très supérieur à celui des autres tarifs, ce qui valorise mieux la réduction de puissance et donc d'abonnement induite par la variation de vitesse. On relève aussi que l'intérêt des dispositions sur la réduction de consommation dans les escaliers est moindre à Carnot qu'ailleurs, car le recours à l'éclairage naturel y est plus important.

Faut-il pour autant sélectionner parmi les différentes mesures proposées dans ce rapport et ne retenir par exemple que celles conduisant à un temps de retour brut inférieur à une valeur de référence? Au risque de surprendre, nous pensons que non.

En effet, cette étude nous a appris deux choses : d'abord qu'il existait dans les services généraux un gisement extrêmement important permettant de diviser par deux les consommations. Ensuite que les technologies permettant d'accéder à ces gisements n'étaient pas encore très répandues en France, et que leur mise en oeuvre n'était pas encore de la routine.

Or nous considérons que la Maîtrise de la Demande d'Electricité (MDE), que tout le monde appelle de ses vœux et dont on peut penser qu'elle est inéluctable à court terme, n'est pas encore vraiment opérationnelle en France, faute d'une demande mais aussi d'une offre conséquente. Et chaque parti de reprocher à l'autre la situation actuelle : les constructeurs ne voient pas une vraie demande et reste donc très prudent sur l'innovation, alors que les quelques acteurs engagés dans la MDE s'en détournent vite faute de trouver réponse économiquement viable à leur demande. C'est un cercle vicieux dont il faut trouver moyen de sortir.

Nous voudrions pour cela prendre l'exemple de ce que l'on a observé sur le marché des appareils de froid performants. Aucun constructeur n'était vraiment intéressé par la construction d'appareils de classe A (appareils performants) lorsque la Commission Européenne, en 1995, a proposé d'adopter l'étiquette énergie classant les appareils de A à G. Les constructeurs ont même pensé que c'était une mode et que, comme toute mode, elle passerait. Ils expliquaient aussi que les appareils performants étaient anti-économiques, et les premiers appareils produits leur donnaient raison, car ils étaient trop chers. Mais cette étiquette a en réalité dopé le marché et l'imagination du public, surtout dans le nord de l'Europe, et les constructeurs ont compris, à partir de 1997, qu'il ne s'agissait pas d'une mode mais bien d'un mouvement irréversible. La concurrence a alors repris ses droits, les recherches ont été engagées sur tous les fronts, et les économies simples et bon marché dans la conception des appareils se sont multipliées. Aujourd'hui il y a 240 appareils de classe A sur le seul marché français, et les appareils de classe A sont fréquemment les moins chers de leur gamme de volume, preuve que le déterminant du prix d'un appareil de froid n'est pas sa classe énergétique mais plutôt toutes les sujétions complémentaires (thermomètre, bacs spéciaux, etc.). Le marché s'est donc transformé à grande vitesse dès lors que les industriels ont compris qu'il existait une tendance irréversible et qu'il valait mieux être le premier sur ces nouveaux marchés.

Forts de cette observation, nous voudrions proposer de faire de l'opération de Montreuil une opération expérimentale de grande ampleur, un laboratoire de mise au point et d'évaluation des technologies performantes de la MDE. Ce laboratoire aurait un intérêt qui dépasserait d'ailleurs largement les seuls services généraux des bâtiments d'habitation puisque la plupart des usages sont communs au secteur tertiaire qui pourrait ainsi bénéficier des avancées faites à Montreuil.

Cette opération grandeur nature nous semble capitale pour plusieurs raisons :

- d'abord, comme il a été dit, le marché de certaines technologies n'est pas très animé. Les prix pratiqués aujourd'hui ne reflètent pas ce qu'ils pourraient être demain, comme pour

les appareils de froid de classe A il y a 5 ans. Penser que les prix que nous avons avancés caractérisent le secteur est donc une erreur. Et ne pas dépasser cette observation fige et condamne la MDE à ne pas décoller. Il faut au contraire entreprendre pour initier, donner l'exemple et créer une spirale de la demande,

- il faut aussi pouvoir se rendre compte des difficultés qu'il peut y avoir à transformer les installations existantes : nous avons par exemple trouvé une société qui fabrique des kits d'adaptation des tubes T5 sur les luminaires conçus pour des tubes T8. Ce type d'offre est essentiel, la favoriser, la rechercher l'est aussi. Il est vital qu'un maître d'ouvrage important exprime les besoins qu'il a pour qu'un fabricant se penche sur le problème et trouve une solution qui rendra possible ce qui ne l'est pas aujourd'hui,

- il est également nécessaire d'évaluer les performances effectives des systèmes mis en place. La mesure nous a appris énormément de choses sur la réalité de fonctionnement des installations. La mesure devra encore nous renseigner sur la manière réelle dont fonctionneront les opérations pilotes. Evaluer les opérations expérimentales est essentiel pour pérenniser l'effort fait et corriger les erreurs qui auraient pu exister dans la démarche et les choix initiaux,

- enfin, une opération expérimentale permettra à la fois d'établir des règles (validées) de bonne conception des opérations de réhabilitation et de construction neuve. Elle sera aussi une référence, un modèle que l'on visite, et contribuera ainsi grandement à diffuser les technologies de maîtrise de la demande d'électricité.

Le coût d'un tel programme ne peut évidemment reposer sur le seul maître d'ouvrage. Il nous semblerait légitime que l'ADEME, EDF, la Région Ile de France, voire la Communauté Européenne et d'autres partenaires, s'engagent dans cette opération pour lui donner corps et faire en sorte à la fois que le marché s'éveille et qu'un réel savoir émerge et puisse être diffusé ■

ANNEXE TECHNIQUE 1 : ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES COULOIRS

Observation préliminaire : aucun des couloirs suivis ne possédait d'éclairage naturel.

AT1-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE

AT1.1.1 Consommation annuelle par circulation

La figure AT1.1 représente la consommation annualisée de l'éclairage pour chacun des couloirs suivis.

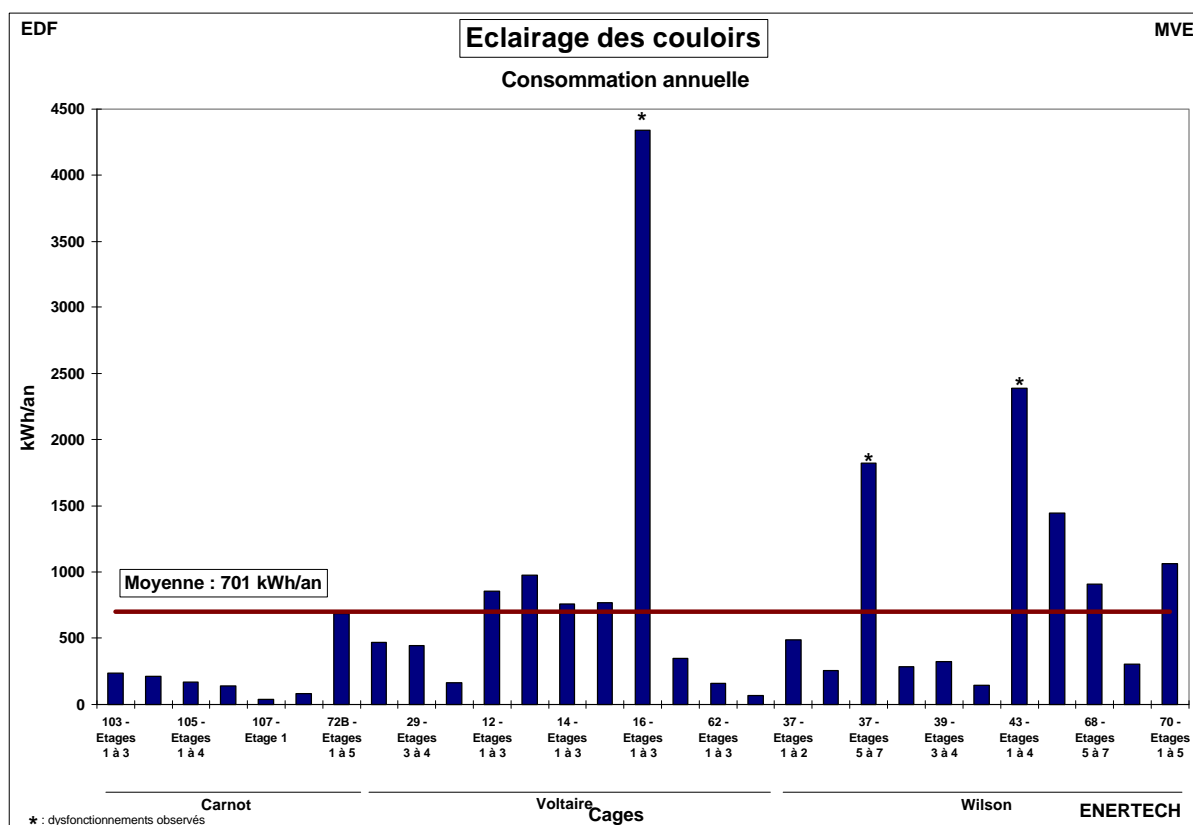


Figure AT1.1 : consommation annuelle totale par couloir

On observe que :

■ en moyenne la consommation annuelle d'une circulation est de **701 kWh/an**,

■ il existe des écarts très importants entre les différentes circulations, ce qui peut avoir pour explication au moins trois origines distinctes :

- le nombre de logements par circulation varie,
- certaines caractéristiques techniques ne sont pas optimisées. Ainsi :

- l'asservissement à une même minuterie peut concerner aussi bien un seul couloir que quatre couloirs. Le rapport des consommations sera sensiblement dans le même rapport : lorsque 4 couloirs sont asservis sur la même minuterie, la consommation sera presque 4 fois plus élevée que si chaque couloir avait été asservi indépendamment des autres,

- la durée des minuterie (voir § AT1-3) peut aller de 59 secondes à 237 secondes, soit à nouveau un rapport de 1 à 4,

- la puissance et le nombre des ampoules par circulation varie aussi beaucoup : on trouve de 1 à 3 ampoules par circulation, et leur puissance, généralement de 60 W, peut atteindre 100 W dans certains cas.

L'ensemble de ces facteurs explique que la consommation des circulations peut parfaitement varier dans des plages de 1 à 20 ou à 25 sans difficulté, mais sans pour autant que ces écarts soient justifiés d'un point de vue technique. Il est même certain qu'un service identique pourrait être rendu avec une consommation d'électricité très inférieure,

■ il existe, et c'est une découverte importante de ces campagnes de mesures, d'énormes **dysfonctionnements** dont la principale conséquence est d'alourdir considérablement la facture d'éclairage. On a en effet observé que les minuterie étaient, pour des raisons inconnues, bloquées en position de fonctionnement pendant des périodes allant jusqu'à 123 jours (4 mois). Ces dysfonctionnement apparaissent très nettement sur la figure AT1.1.

AT1.1.2 Consommation annuelle par logement

La figure AT1.2 représente la consommation annuelle de l'éclairage des couloirs ramenées au logement.

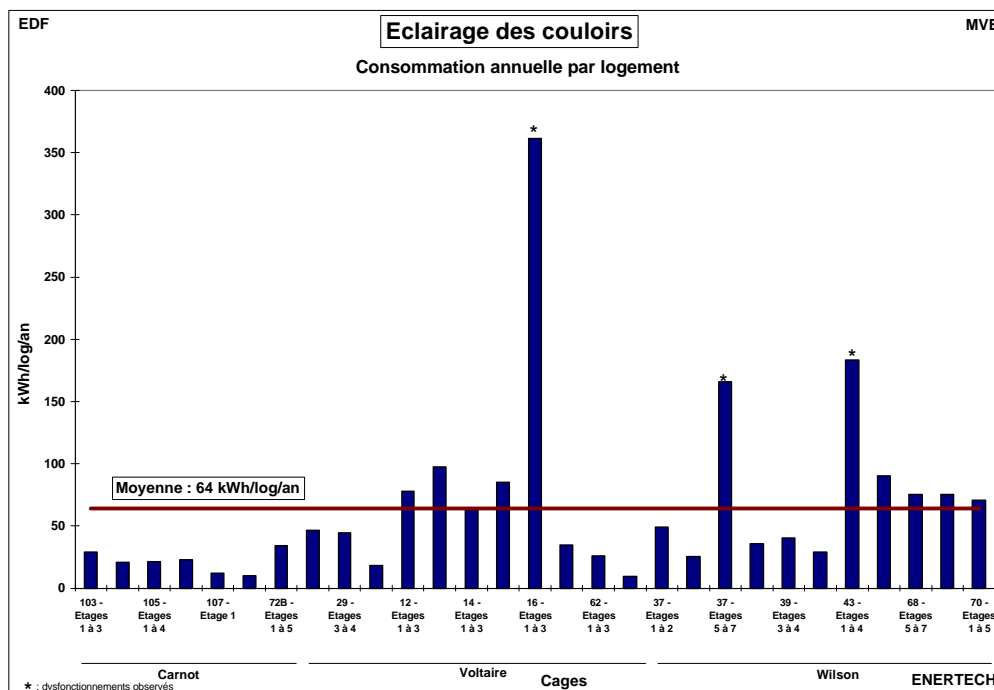


Figure AT1.2 : consommation annuelle par logement de l'éclairage des couloirs

Par comparaison avec la figure précédente, l'effet du nombre de logements par circulation est supprimé et la plage de variation des consommations est un peu réduite. elle reste néanmoins très importantes pour les raisons à la fois structurelles et « accidentelles » indiquées au paragraphe précédent. En moyenne la consommation annuelle de l'éclairage des couloirs est de **64 kWh/an**, mais cette valeur peut varier de 9 à 362 kWh/an!

AT1.1.3 Consommation annuelle par habitant

La figure AT1.3 représente la consommation annuelle de l'éclairage des couloirs par habitant.

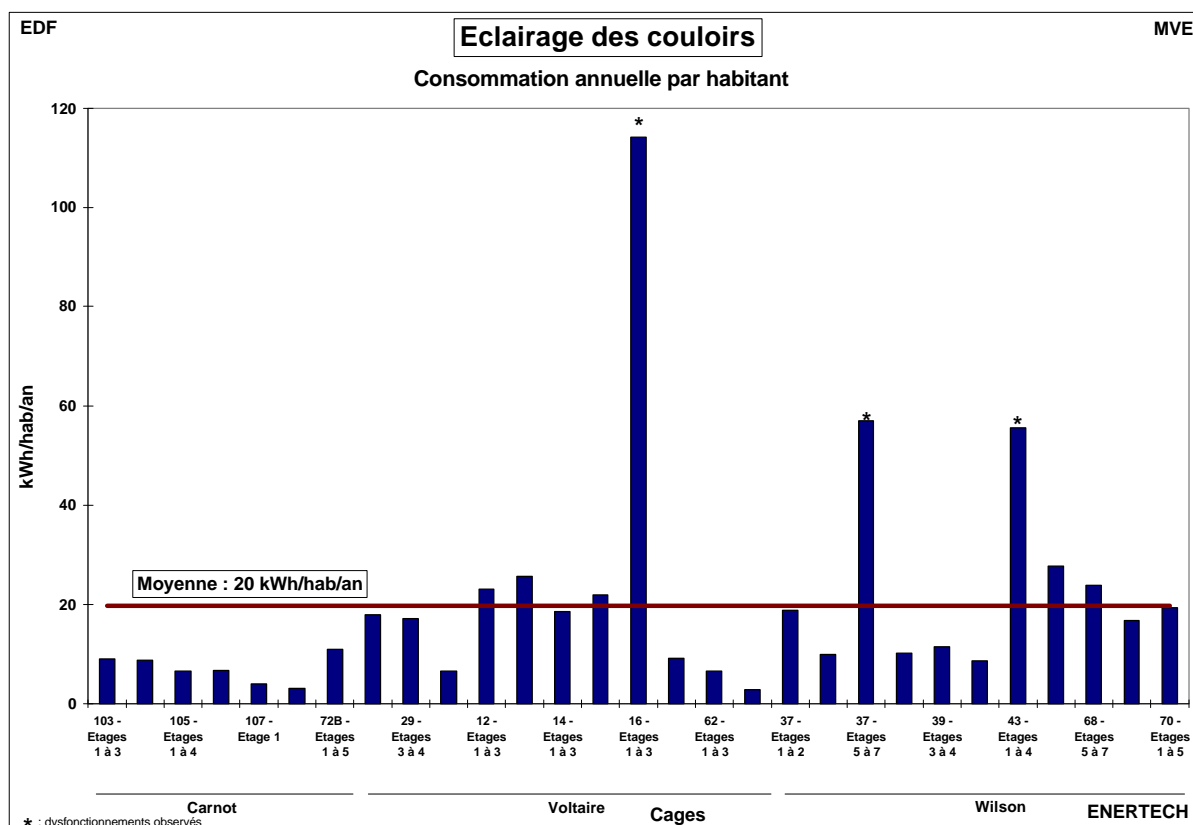


Figure AT1.3 : consommation annuelle par habitant de l'éclairage des couloirs

La consommation moyenne par habitant est de 20 kWh/an mais elle s'étend de 3 à 114 kWh/an. La plage est un peu plus réduite que pour le graphique précédent car le déterminant (l'habitant) est plus adapté à décrire la consommation de l'usage. Si on supprime les trois opérations ayant présenté d'importants dysfonctionnements, les valeurs ne s'étendent plus que de 3 à 28 kWh/an, soit une plage de 1 à 9,3. La consommation moyenne par habitant serait alors ramenée à 13,6 kWh/an. Mais les dysfonctionnements nous ont paru devoir être maintenus dans le calcul des valeurs moyennes car nous avons acquis la conviction qu'ils ne sont pas propres à cette campagne de mesures. Il s'agit vraisemblablement d'un phénomène général et permanent sur toutes les opérations. En ce sens il nous paraît important de mettre en place des solutions permettant à l'avenir de les détecter rapidement. Or cette détection n'est pas aussi simple qu'il y paraît, et on ne peut accuser un gardien ou tout autre personne de ne pas les avoir repérés : il n'y a en effet rien de surprenant à ce qu'un éclairage soit déjà en fonctionnement lorsqu'on pénètre dans une circulation. Détecter le fonctionnement

anormalement prolongé d'un système d'éclairage ne pourra donc être fait que par des dispositifs automatiques.

AT1-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE

Les figures AT1.4 à 6 représentent la répartition horaire de la consommation journalière moyenne de l'éclairage des couloirs pour les trois opérations suivies.

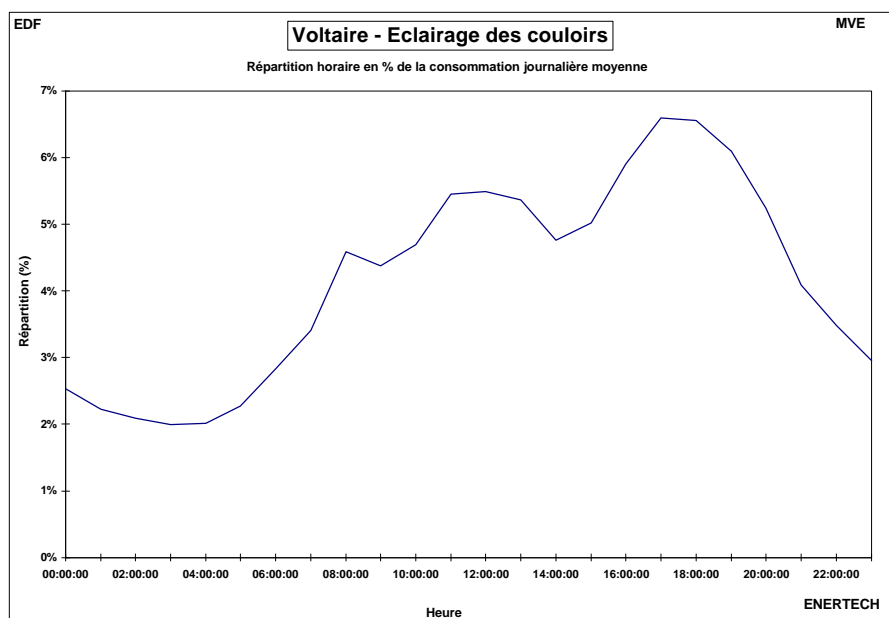


Figure AT1.4 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des couloirs de l'opération Voltaire

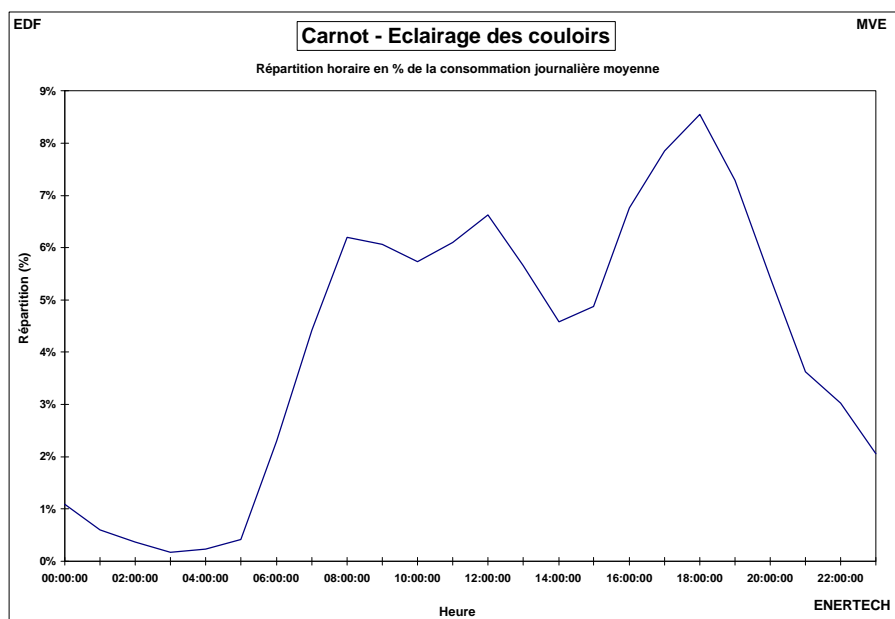


Figure AT1.5 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des couloirs de l'opération Carnot

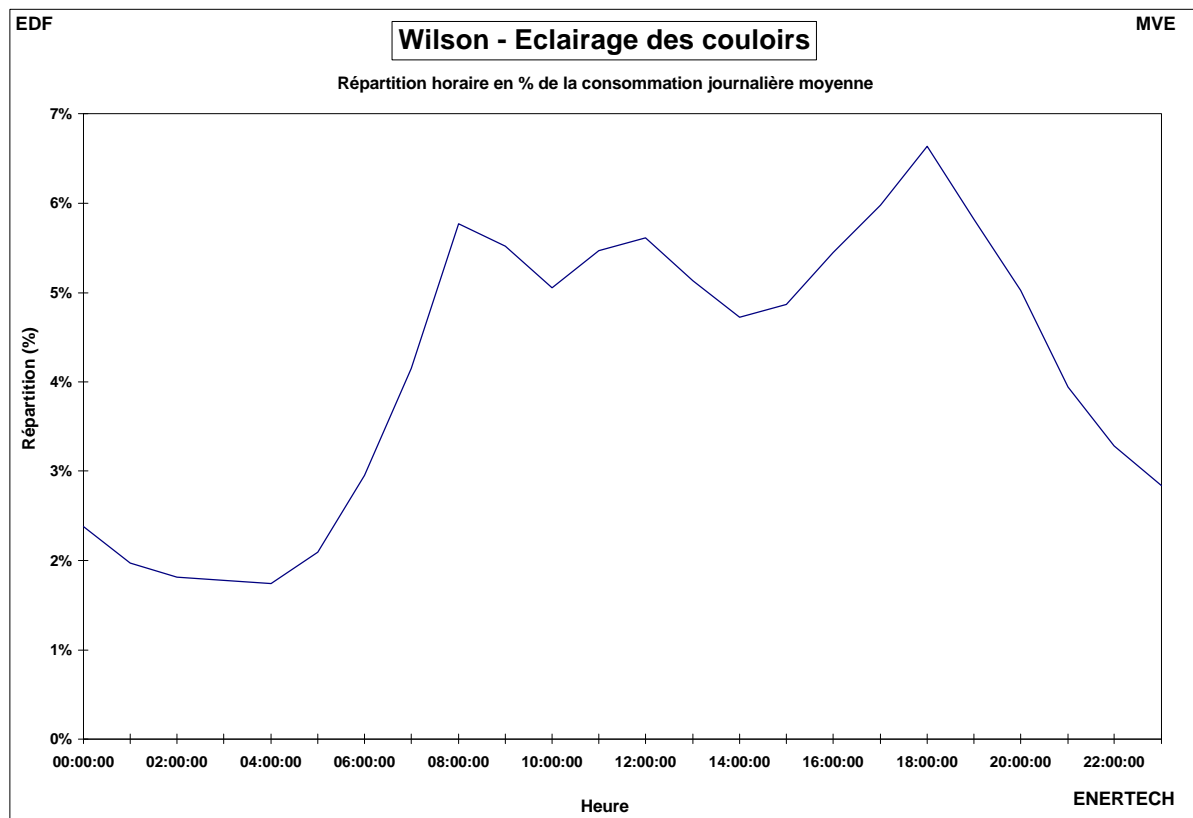


Figure AT1.6 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des couloirs de l'opération Wilson

Ces courbes ont volontairement été exprimées avec une ordonnée en % et non en énergie afin de s'affranchir du mode et du type d'éclairage des parties communes. Qu'on utilise une technologie ou une architecture de réseaux performante ou non, la répartition du trafic et donc de la consommation aura toujours l'allure représentée par ces courbes. Elles ont ainsi un caractère universel.

On remarque que :

- pour les opérations qui sont le siège de dysfonctionnements, la part de ces dysfonctionnements à l'échelle de l'ensemble de l'opération est de l'ordre de 45 à 48 % de la consommation totale de l'usage (ceci s'obtient en observant qu'à 4h du matin la seule consommation probable est celle des appareils en fonctionnement permanent, soit environ 2 % de la consommation journalière/heure, soit $2 \times 24 = 48$ % de la consommation journalière au bout de 24 h). L'enjeu de ces dysfonctionnements à l'échelle d'une opération est donc patent,

- le trafic dans les couloirs présente évidemment des pointes le matin, le midi et surtout le soir, ce dont on pouvait se douter.

AT1-3 DUREES DES MINUTERIES

La figure AT1.7 représente la durée des minuterics pour les différents couloirs. Tous ces couloirs ont des caractéristiques dimensionnelles assez proches et il est donc surprenant, et relativement illégitime, d'observer des durées de fonctionnement qui varient de 59 secondes à 237 secondes, soit un rapport 1 à 4. La moyenne est de 2,5 minutes. En marchant à 3,5 km/h

(qui est un pas tranquille), il faut 15 secondes pour parcourir un couloir de 15 mètres (ce qui est plus long que la majorité des couloirs observés). Si l'on rajoute 30 secondes pour chercher sa clé et ouvrir sa porte, on voit qu'une 45 secondes devrait être en général amplement suffisante.

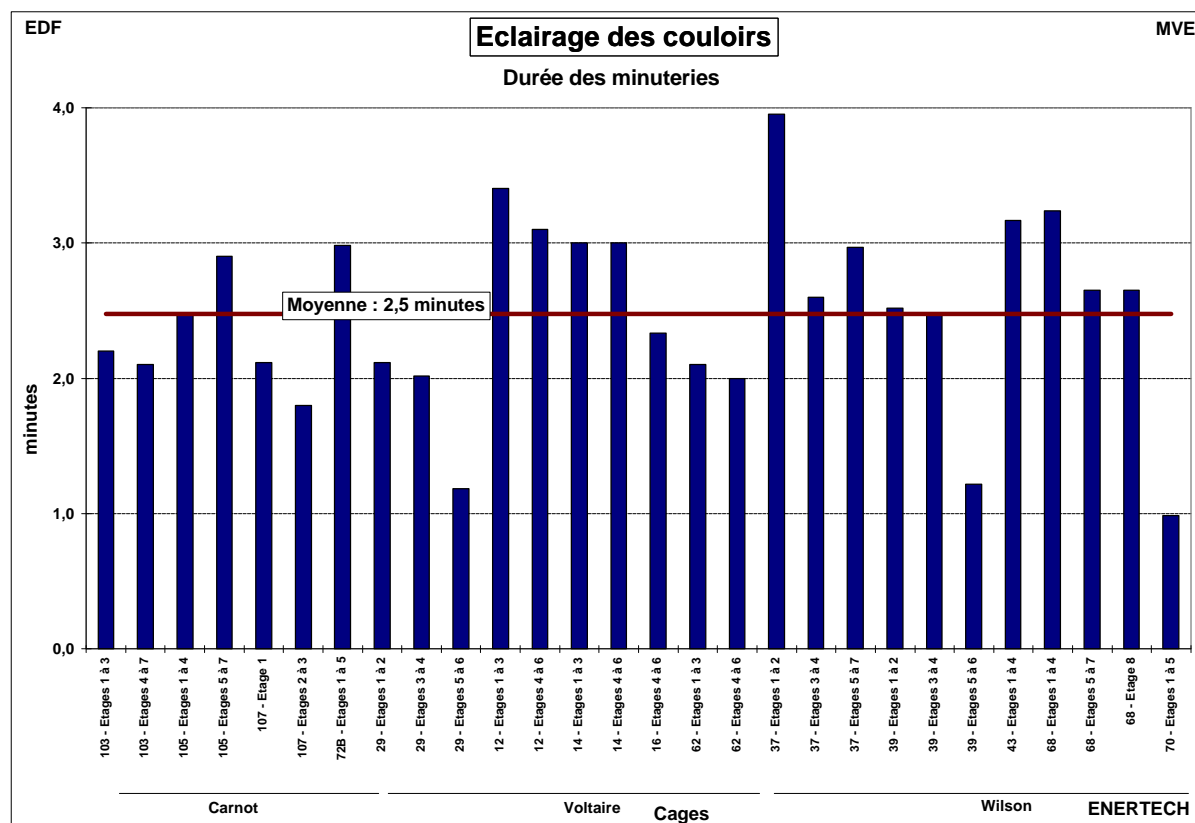


Figure AT1.7 : durée des minuterias des différents couloirs

Pouvoir ajuster le temps des minuterias paraît donc un élément essentiel de maîtrise de la demande d'électricité dans les parties communes. Si l'on se souvient des problèmes de dysfonctionnement évoqués précédemment, on voit qu'un outil plus adapté, ou en tout cas adaptable, est nécessaire pour la commande de l'allumage, les solutions couramment mises en oeuvre aujourd'hui n'étant pas très performantes d'un point de vue énergétique.

AT1-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES

Le lampemètre offre la possibilité d'indiquer en fin de campagne le nombre d'allumages total du foyer lumineux instrumenté. Cette information est extrêmement précieuse et n'existait pas, à notre connaissance, jusqu'à ce jour. Elle est précieuse pour deux raisons :

- d'abord parce qu'elle renseigne directement sur le niveau de trafic. Or seul le trafic est un paramètre aléatoire que nous ne maîtrisons pas, et pour cause, puisqu'il est le fait des usagers, alors que nous maîtrisons tous les autres paramètres de la consommation d'éclairage, qu'ils soient constructifs (architecture des réseaux, nombre de foyers lumineux) ou techniques (durée des minuterias, puissance des ampoules, etc.),

- ensuite parce que parmi les solutions performantes d'éclairage qui sont souvent proposées, les lampes fluocompactes ont, selon les marques et les types, une fragilité prononcée vis à vis du nombre d'allumages que leur électronique est susceptible d'accepter. Il

apparaît donc très intéressant de pouvoir prévoir la durée de vie d'une L.F.C. (lampe basse consommation) en fonction du type d'installation envisagée pour l'éclairage.

La figure AT1.8 représente le tableau du nombre d'allumages annuel total par couloir. Comme ce nombre d'allumages est très fortement influencé par le nombre d'étages simultanément raccordés sur la même minuterie, la colonne 3 du tableau précise également le nombre d'étages simultanément raccordés sur chaque minuterie.

Cité	Cage	Nombre d'étages asservis simultanément	Nombre d'allumages par an
Carnot	103 - Etages 1 à 3	3	16.216
Carnot	103 - Etages 4 à 7	4	12.094
Carnot	105 - Etages 1 à 4	4	15.968
Carnot	105 - Etages 5 à 7	3	14.772
Carnot	107 - Etage 1	1	2.394
Carnot	107 - Etages 2 à 3	2	21.849
Carnot	72B - Etages 1 à 5	5	21.344
Voltaire	29 - Etages 1 à 2	2	28.167
Voltaire	29 - Etages 3 à 4	2	24.532
Voltaire	29 - Etages 5 à 6	2	14.815
Voltaire	12 - Etages 1 à 3	3	23.638
Voltaire	12 - Etages 4 à 6	3	31.152
Voltaire	14 - Etages 1 à 3	3	24.142
Voltaire	14 - Etages 4 à 6	3	24.954
Voltaire	16 - Etages 4 à 6	3	18.322
Voltaire	62 - Etages 1 à 3	3	22.489
Voltaire	62 - Etages 4 à 6	3	10.263
Wilson	37 - Etages 1 à 2	2	29.266
Wilson	37 - Etages 3 à 4	2	23.420
Wilson	37 - Etages 5 à 7	3	9.412
Wilson	39 - Etages 1 à 2	2	27.203
Wilson	39 - Etages 3 à 4	2	29.171
Wilson	39 - Etages 5 à 6	2	25.735
Wilson	43 - Etages 1 à 4	4	21.480
Wilson	68 - Etages 1 à 4	4	34.913
Wilson	68 - Etages 5 à 7	3	44.415
Wilson	68 - Etage 8	1	34.486
Wilson	70 - Etages 1 à 5	5	56.941
		Moyenne	23.698

Ces valeurs vont de 2.394 allumages/an (ce qui semble excessivement peu) à 56.941 allumages/an. Dans le premier cas un seul couloir est raccordé, contre 5 dans le second cas. En moyenne, dans l'état actuel des installations, on observe 23.700 allumages/an/minuterie.

On conçoit bien que pour les L.F.C. qui ne supportent que 20.000 allumages (malgré ce que laissent entendre les constructeurs), la durée de vie dans ces conditions d'exploitation sera inférieure à une année. Si l'on se réfère par exemple au graphique de la figure AT1.6, on voit que l'essentiel du trafic a lieu entre 7 et 22 h. On observe aussi que, malgré les 3 points journalières évoquées, le trafic est relativement stable et constant tout au long de la journée. Si l'on fait l'hypothèse que tous les allumages ont lieu entre 7 et 22 h, on peut en conclure qu'il y a en moyenne un allumage toutes les 14 minutes. Cette observation est importante car elle écarte la crainte des fabricants de L.F.C. qui pensent que leurs ampoules sont détruites par le temps trop court qui s'écoulerait entre une extinction et un réallumage. Le problème ne semble pas être celui là. Il est plutôt lié à la fragilité des ampoules vis à vis du nombre intrinsèque d'allumages qu'elles peuvent supporter.

Il serait donc urgent que les constructeurs de L.F.C., s'ils veulent se positionner sur le marché de l'éclairage des parties communes d'immeubles d'habitation, produisent une lampe plus robuste à la fréquence des allumages, quitte à perdre, comme on le verra plus loin, en durée de vie d'allumage (8 à 12.000 h actuellement).

Le graphique de la figure AT1.9 représente le nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par couloir.

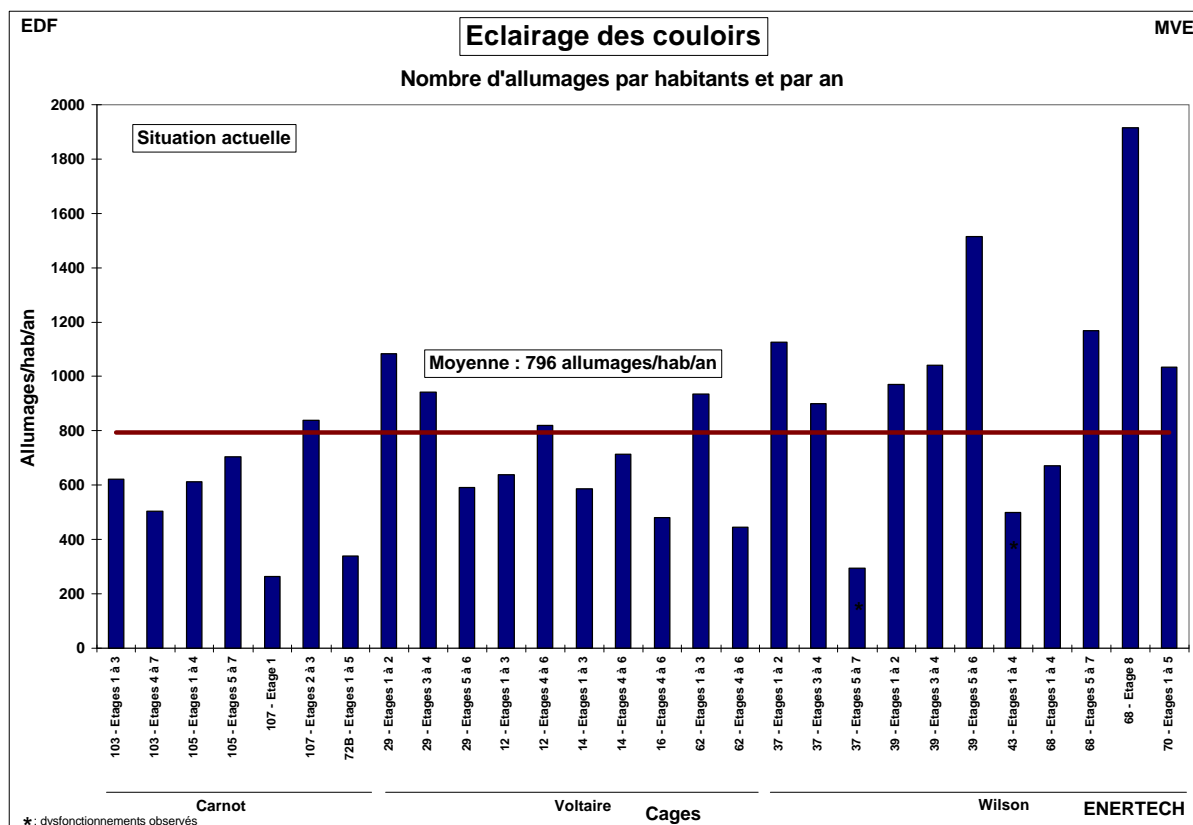


Figure AT1.9 : nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par couloir.

Le nombre d'allumages par habitant et par an varie de 266 à 1.916, soit une plage de variation de 1 à 7,2. En moyenne sur l'ensemble des cages il est de 796.

Mais si l'on fait la moyenne par habitant du nombre total d'allumages constaté sur l'ensemble des cages, ce qui semble être une meilleure représentation du comportement individuel, il apparaît que **chaque habitant sollicite en moyenne 761 fois la minuterie des couloirs**, dans l'état actuel de l'asservissement des minuteriers.

Il est remarquable de noter que cela correspond à 2,08 occurrences/jour. C'est à dire en fait, à un aller et retour à l'extérieur. On aurait presque pu le deviner...

Il faut conserver à l'esprit que les valeurs obtenues sont influencées par le type d'asservissement en place, à savoir qu'en moyenne il y a 2,9 couloirs asservis sur la même minuterie. En effet, plus il y a de couloirs asservis simultanément, plus la probabilité que deux personnes empruntent simultanément les circulations est forte (et donc ne sollicitent qu'une fois la minuterie). Par voie de conséquence, le nombre d'allumages annuel par personne est plus faible.

En conséquence, si, comme il serait souhaitable, les circulations étaient asservies de manière indépendante, le nombre d'allumages serait plus important. A partir des lois de probabilité il est possible de déterminer ce que serait ce nombre, cage par cage, en tenant compte de la situation initiale de chaque cage (donc du nombre de circulations simultanément asservies). La figure AT1.10 représente ces résultats.

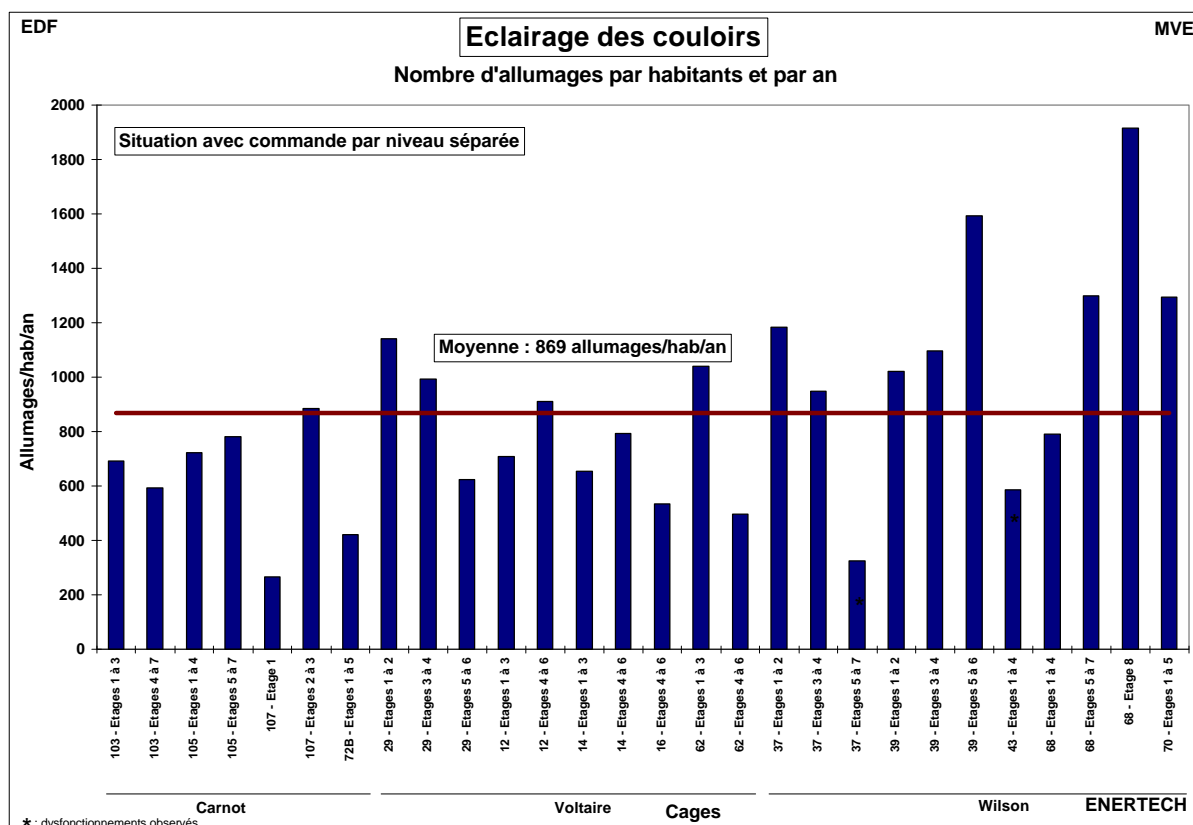


Figure AT1.10 : nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par couloir si les circulations étaient asservies de façon indépendante (une minuterie/étage)

La moyenne sur les cages est de 861 allumages/hab/an. En faisant la moyenne cette fois ci non plus sur les cages mais sur le nombre d'habitants, on obtient la valeur de **831 allumages/hab/an**, valeur que nous retiendrons comme la plus représentative des trafics en cas d'indépendance des couloirs. Cette valeur est essentielle pour la compréhension des mécanismes de formation de la consommation d'électricité de l'éclairage des couloirs.

AT1-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE

AT1.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par couloir

La figure AT1.11 représente la durée de fonctionnement annuelle des éclairages de couloirs.

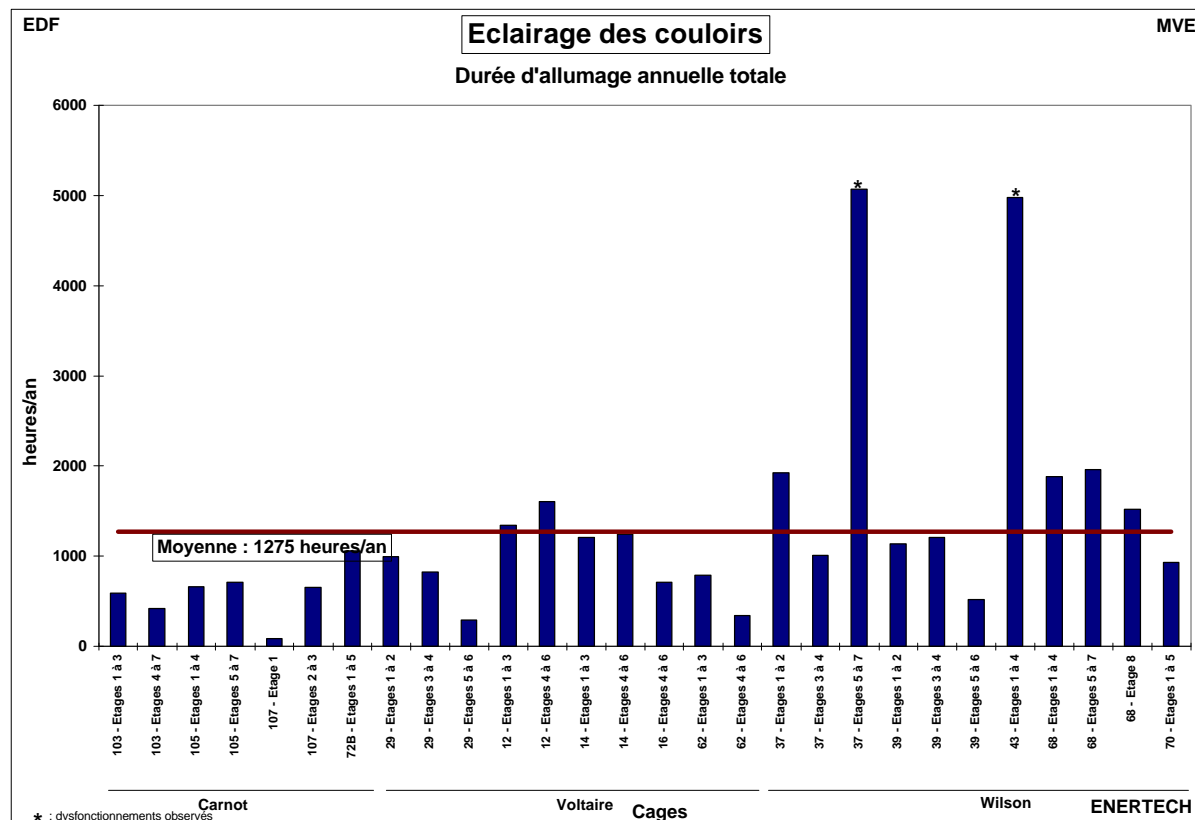


Figure AT1.11 : durée annuelle de fonctionnement de l'éclairage des couloirs

On observe des différences très importantes dans les durées de fonctionnement. L'origine est bien sûr la même que celle décrite dans les paragraphes qui précèdent. La valeur moyenne de 1.275 h/an tient compte de l'impact des dysfonctionnements, puisque nous considérons que ces dysfonctionnements sont un état permanent des installations. Mais elle tient aussi compte des solutions techniques et des réglages propres aux installations étudiées (type de raccordement étages/minuterie, durée des minuteriers).

AT1.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine

Le comportement des usagers et le trafic varient-ils en fonction des types de jour de la semaine? C'est à cette question que répond la courbe de la figure AT1.12.

On observe que :

- la durée d'allumage varie finalement assez peu d'un type de jour à l'autre, même si, comme on pouvait s'y attendre, la durée de fonctionnement est un peu inférieure le week-end par comparaison aux jours de semaine,
- il existe des écarts de 1 à 3 entre les différentes opérations.

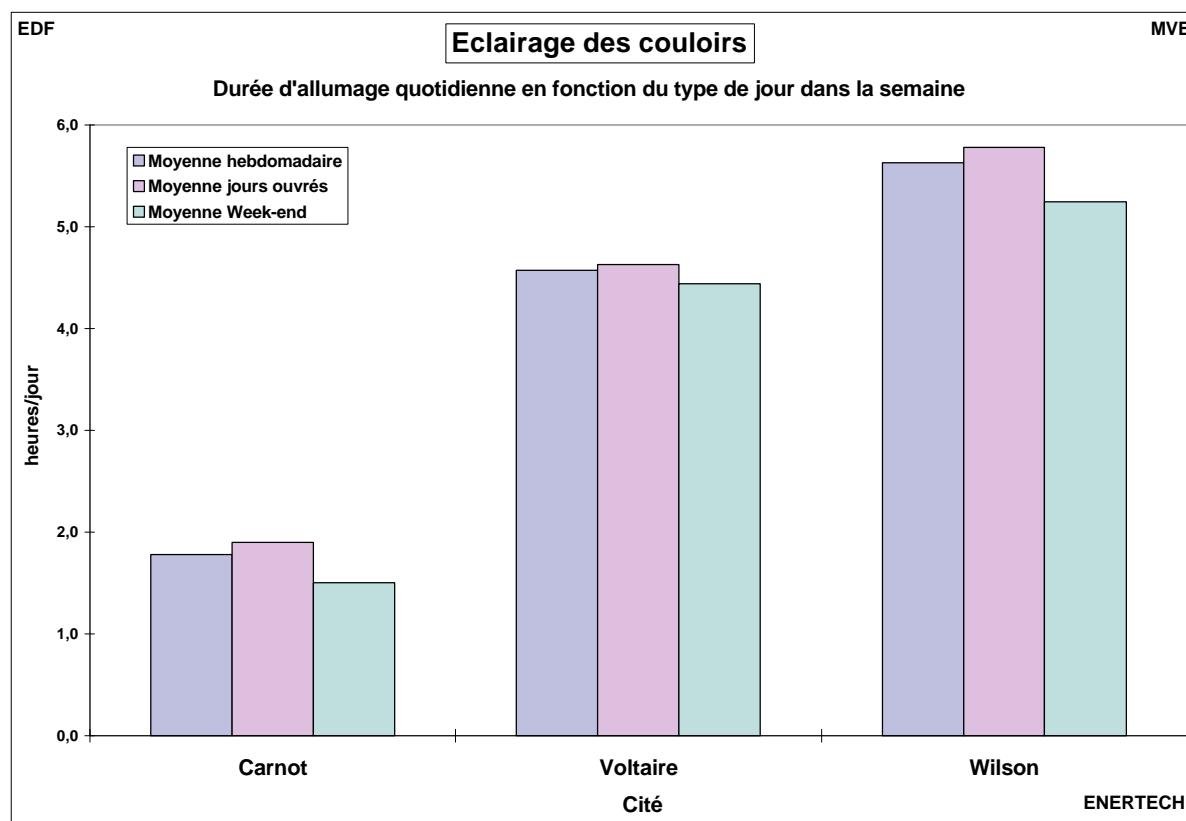


Figure AT1.12 : durée d'allumage des couloirs en fonction des jours de semaine

AT1.5.3 Part de la durée d'allumage pendant les heures de jour et de nuit

Il était intéressant de connaître la part du fonctionnement de l'éclairage qui se déroule pendant les heures de jour, donc susceptible de bénéficier d'éclairage naturel.

Car rien ne servirait de prévoir de l'éclairage naturel dans les circulations s'il s'avérait que l'essentiel du trafic a lieu quand il fait nuit!

Comme l'ensemble des couloirs étudiés était sans éclairage naturel, l'analyse des heures de trafic au moyen des heures de fonctionnement de l'éclairage artificiel donne un résultat sans distorsion et parfaitement représentatif de la réalité des besoins des usagers.

Comme le suivi n'a pas concerné une année entière, le calcul mené jour par jour sur chaque couloir avec détermination de l'heure du lever et du coucher du soleil n'a pas été très utile, et les résultats, même au mois de septembre, n'ont pas pu être généralisés à l'échelle de l'année. Ce calcul a été remplacé par une autre méthode simplifiée basée sur les courbes de charges moyennes présentées au § AT1.2. On a fait l'hypothèse que le jour était effectif une demie heure après le lever du soleil, jusqu'à une demie heure avant son coucher. Puis on a calculé pour le 21/06, de 6h30 à 21h30, et pour le 21/12 de 9h30 à 16h30, quelle était la part de la consommation d'éclairage dans ces intervalles (qui représentent les heures de jour), rapportée à la consommation journalière. Ceci a fourni une valeur dans l'état de la situation actuelle.

Puis un second calcul a été mené en supposant résolu de façon permanente tous les dysfonctionnements. On a ainsi obtenu une seconde série de valeurs (le calcul a été mené pour chaque opération). Les graphiques des figures AT1.13 et 14 fournissent les valeurs obtenues.

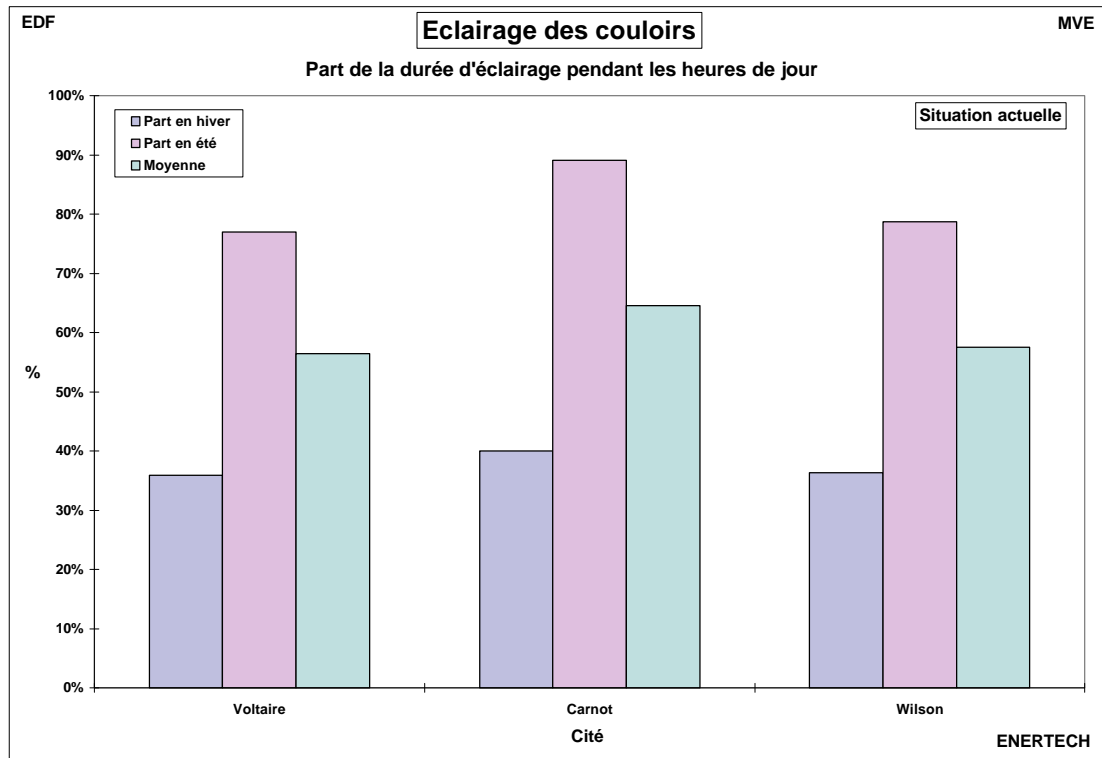


Figure AT1.13 : part de la durée d'allumage des couloirs pendant les heures de jour (avec dysfonctionnements)

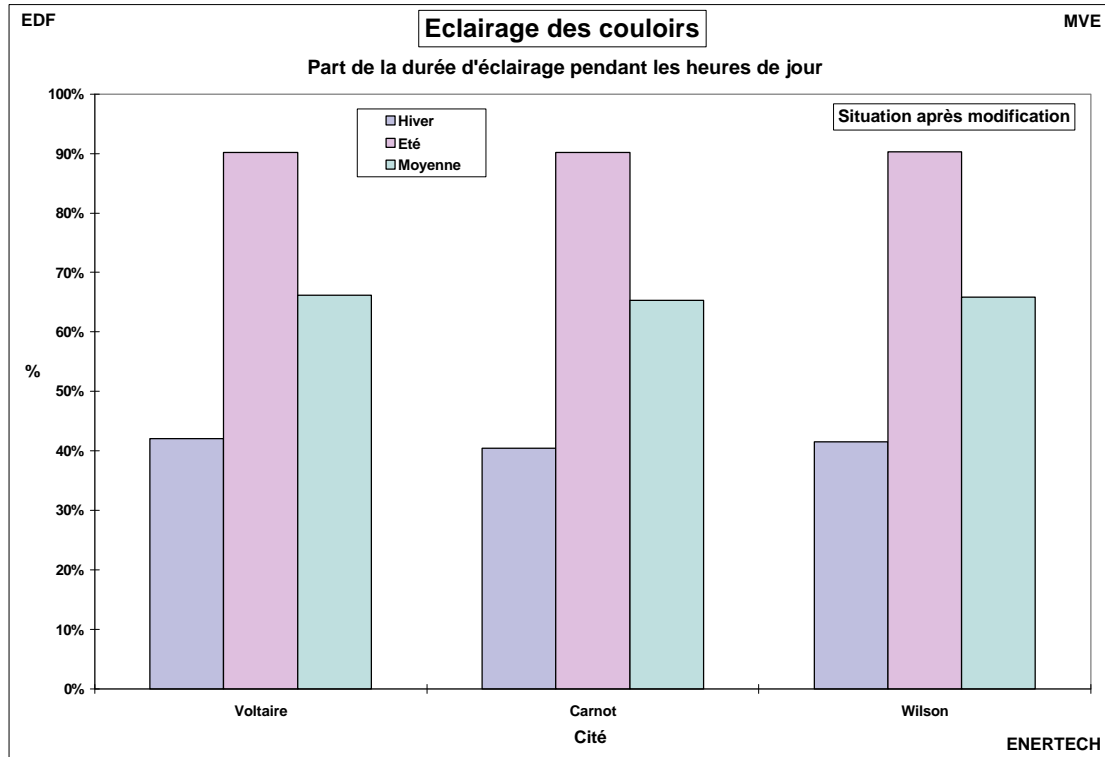


Figure AT1.14 : part de la durée d'allumage des couloirs pendant les heures de jour (sans dysfonctionnements)

On remarque que :

■ dans la situation actuelle, la part de la consommation qui s'effectue pendant les heures de jours varie en moyenne, entre été et hiver, de 57 à 65 % selon les opérations. On retiendra comme valeur moyenne générale, le chiffre de 60 %,

■ si l'on commence par supprimer tous les dysfonctionnements qui créent une consommation permanente durant la nuit, la valeur moyenne est sensiblement la même sur toutes les opérations : 66 % de la consommation s'effectue pendant les heures de jour.

Ces chiffres sont très importants car ils montrent tout l'intérêt que pourraient avoir des couloirs, mais aussi des escaliers ou tout autre type de circulation, qui bénéficieraient d'un éclairage naturel important : on peut imaginer que les deux tiers de la consommation résiduelle pourraient être effacés par une bonne conception et un bon dessin.

AT1-6 REPARTITION DES CONSOMMATIONS EN FONCTION DES DIFFERENTES TRANCHES HORO-SAISONNIERES DE TARIFICATION DE L'ELECTRICITE

Il est souvent difficile pour un maître d'ouvrage de sélectionner correctement ses abonnements car il ne connaît pas la répartition de consommation des différents usages en fonction des tranches horo-saisonniers de la tarification EDF.

La figure AT1.15 représente, pour l'ensemble des cages étudiées, la répartition globale des consommations d'éclairage des couloirs pour les différents abonnements présents.

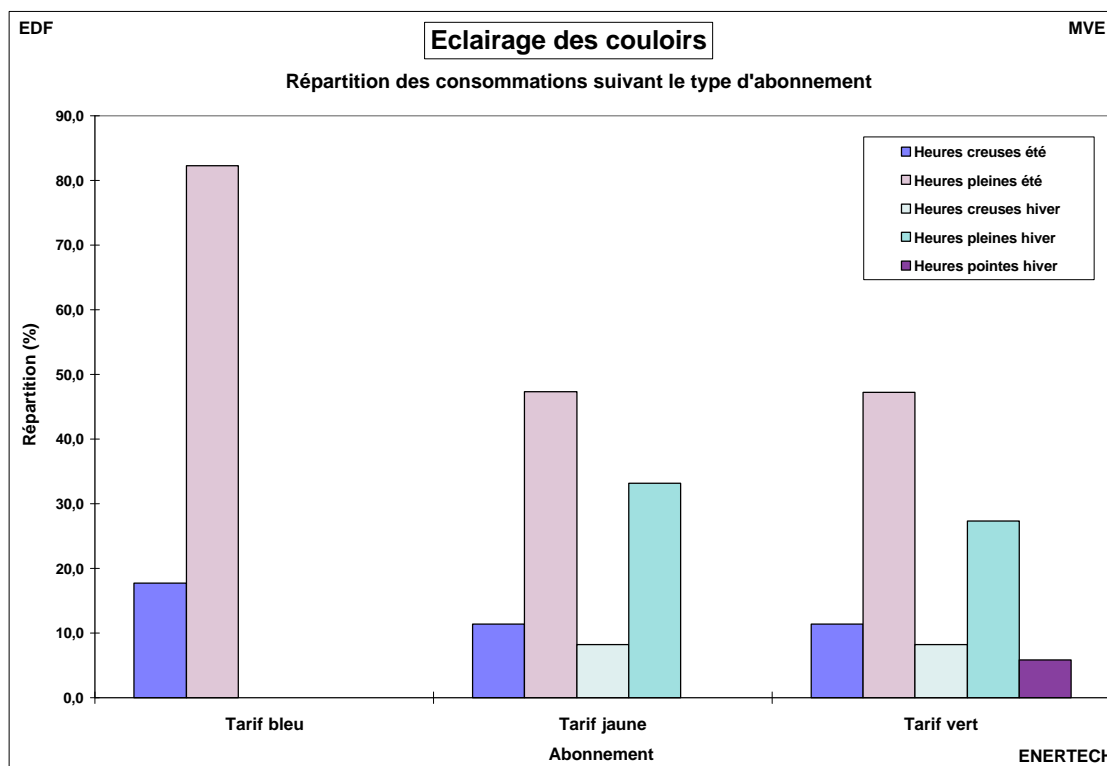


Figure AT1.15 : répartition des consommations suivant le type d'abonnement

Les figures AT1.16 à 18 fournissent cette répartition cage par cage pour chaque type de tarif

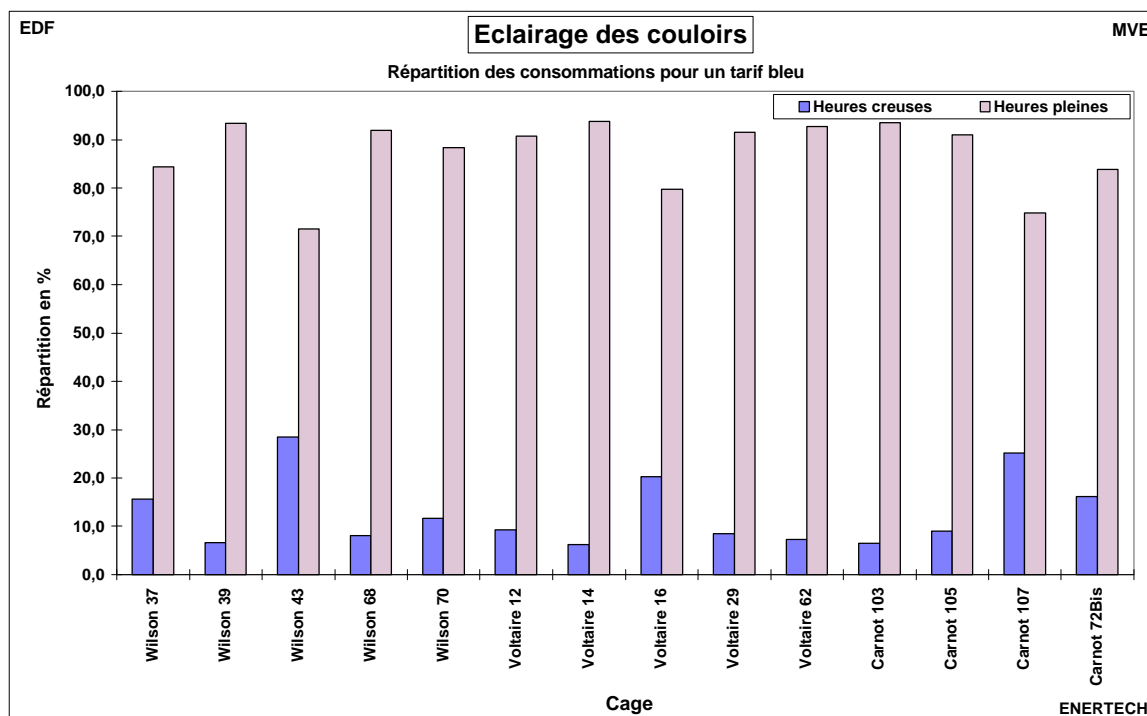


Figure AT1.16 : répartition des consommations pour les usagers du tarif bleu

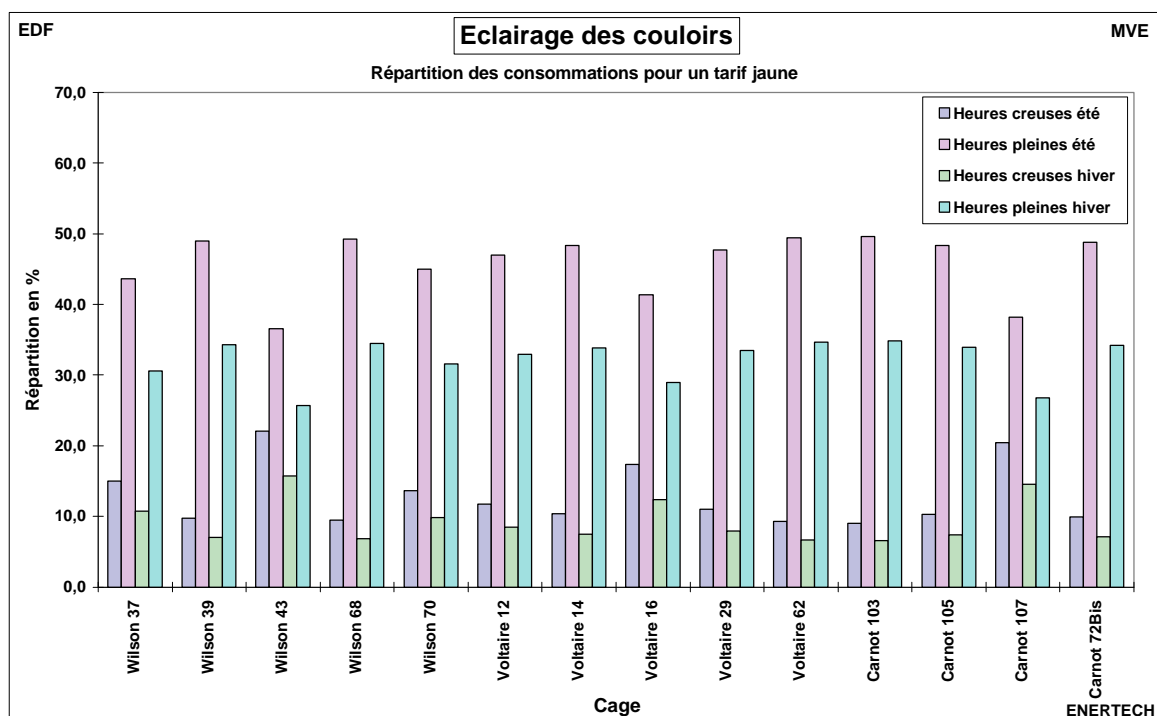


Figure AT1.17 : répartition des consommations pour les usagers du tarif jaune

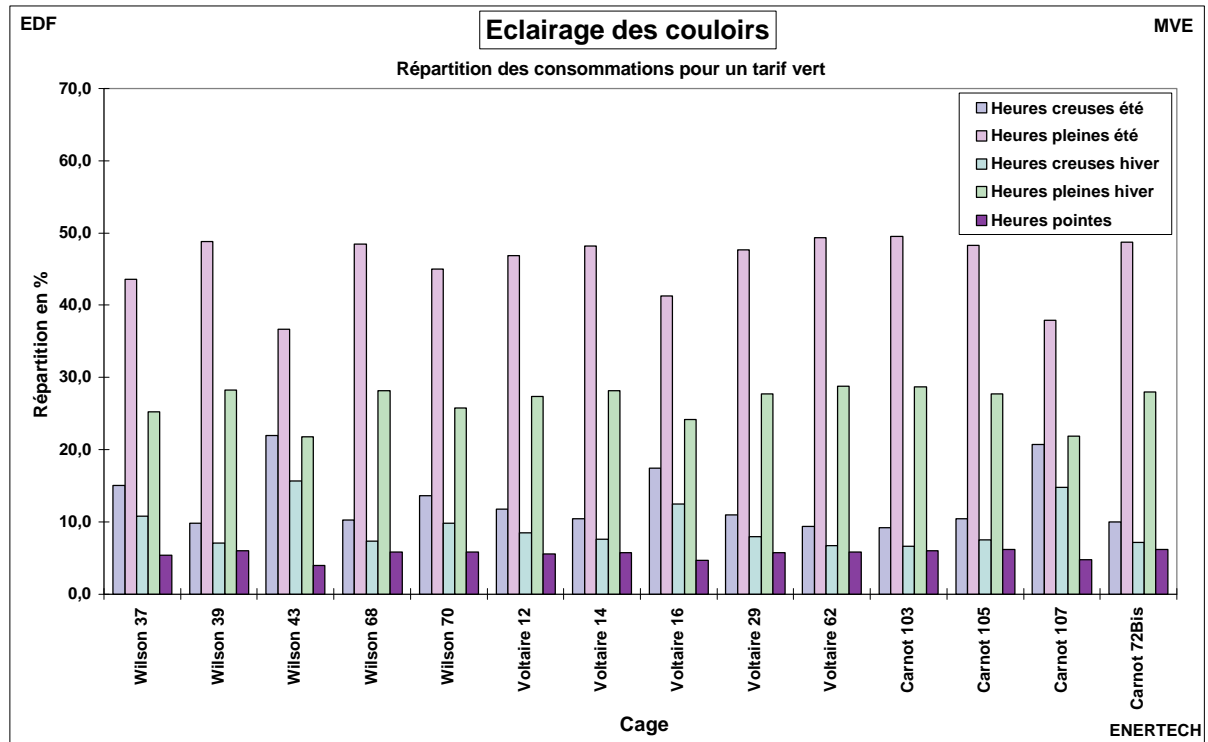


Figure AT1.18 : répartition des consommations pour les usagers du tarif vert

ANNEXE TECHNIQUE 2 : ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES ESCALIERS ENCLOISONNES

Observation préliminaire : la présente annexe ne concerne que les escaliers encloisonnés, les escaliers non encloisonnés (ceux qui permettent une distribution directe des logements) étant traités à l'annexe 3. Rappelons que les escaliers encloisonnés desservent à chaque niveau un couloir, et que c'est ce couloir qui distribue les logements. Cette distinction a semblé utile parce que ces deux types d'escaliers ne sont *a priori* pas utilisés de la même façon.

Concernant l'éclairage naturel, il est très fréquent dans les opérations suivies qu'il existe un éclairage zénithal au dernier niveau dans les escaliers encloisonnés (il s'agit souvent de l'orifice de désenfumage).

AT2-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE

AT2.1.1 Consommation annuelle par escalier

La figure AT2.1 représente la consommation annualisée de l'éclairage pour chacun des escaliers suivis.

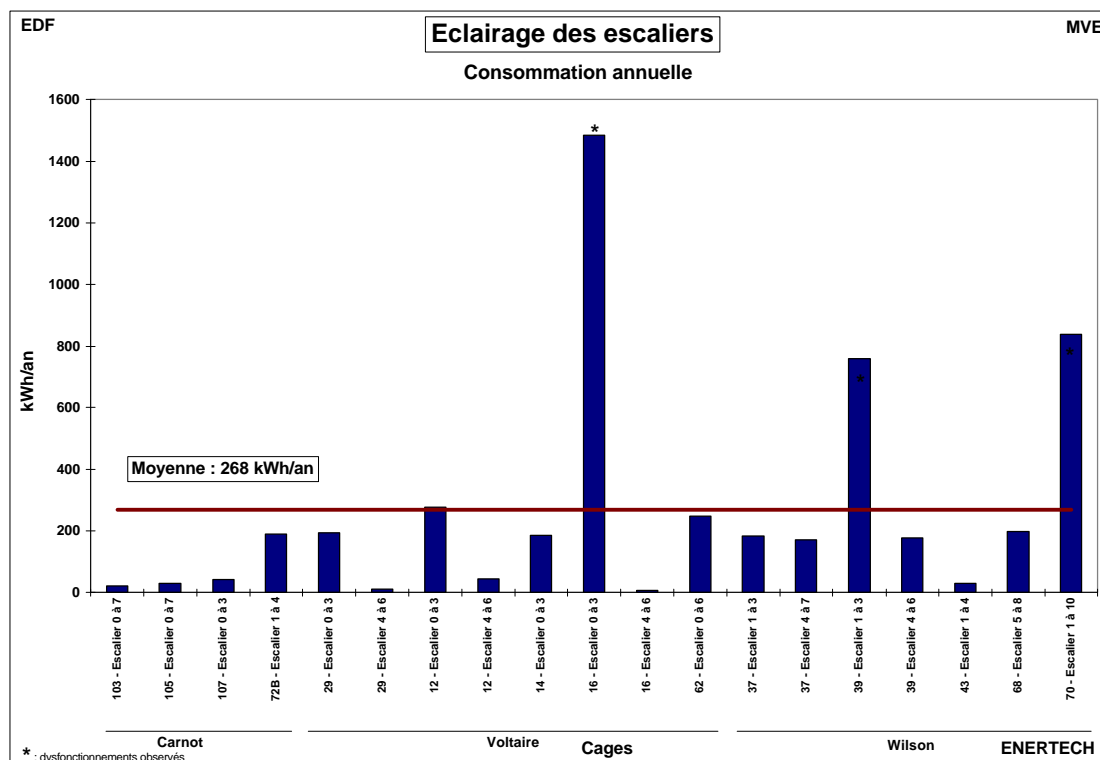


Figure AT2.1 : consommation annuelle totale par escalier encloisonné

On observe que :

■ en moyenne la consommation annuelle d'un escalier est de **268 kWh/an**, soit 2,6 fois moins qu'un couloir,

■ il existe des écarts très importants entre les différents escaliers. L'explication est identique à celle des couloirs :

- le nombre de logements par escalier varie,
- l'asservissement à une même minuterie peut concerner aussi bien trois que sept niveaux,
- la durée des minuterie (voir § AT2-3) peut aller de 60 secondes à 190 secondes, soit un rapport de 1 à 3.2,
- la puissance et le nombre des ampoules varient aussi.

L'ensemble de ces facteurs explique que la consommation des circulations peut parfaitement évoluer dans des plages de 1 à 20 ou à 25 sans difficulté. Comme pour les couloirs, il est même certain qu'un service identique pourrait être rendu avec une consommation d'électricité très inférieure,

■ enfin, les escaliers n'échappent pas au phénomène des dysfonctionnements : la minuterie de plusieurs d'entre eux a connu des problèmes. Fonctionnement permanent de 8 j (Wilson 37), de 49 j (Wilson 39), de 12 j (Wilson 70), de 44j (Voltaire 16). Ces dysfonctionnement apparaissent très nettement sur la figure AT2.1.

AT2.1.2 Consommation annuelle par logement

La figure AT2.2 représente la consommation annuelle de l'éclairage des escaliers ramenée au logement.

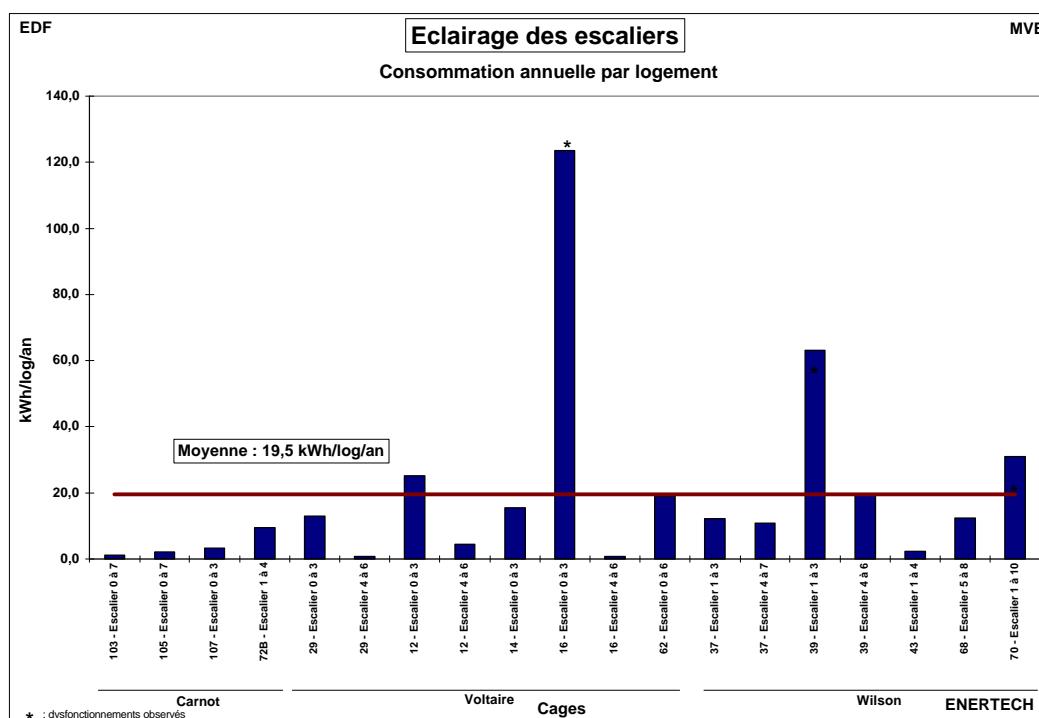


Figure AT2.2 : consommation annuelle par logement de l'éclairage des escaliers encloués

En moyenne la consommation annuelle de l'éclairage des escaliers est de **19,5 kWh/log/an**, mais cette valeur peut varier de 0,8 à 124 kWh/log/an!

AT2.1.3 Consommation annuelle par habitant

La figure AT2.3 représente la consommation annuelle de l'éclairage des escaliers par habitant.

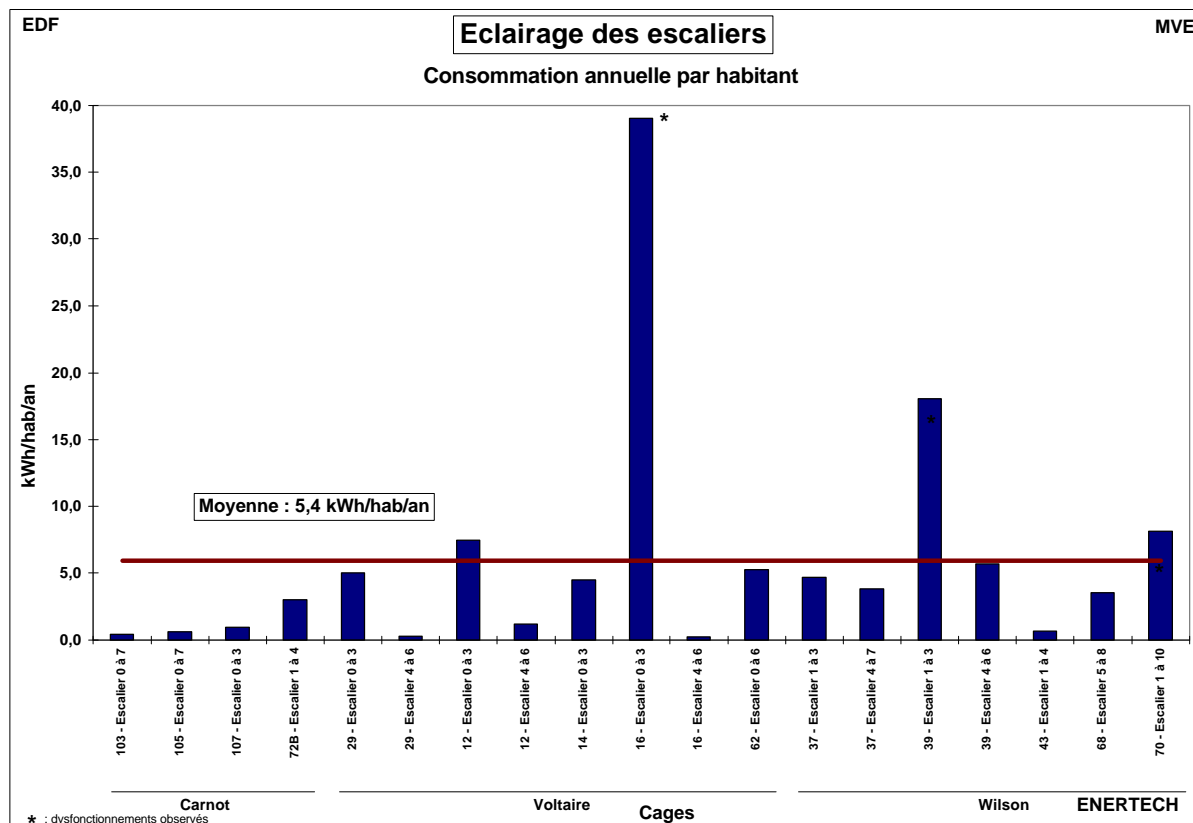


Figure AT2.3 : consommation annuelle par habitant de l'éclairage des escaliers encloués

La consommation moyenne par habitant est de 5,4 kWh/an, soit 3,7 fois moins que la consommation des couloirs. Les valeurs s'étendent de 0,4 à 39 kWh/an. Si on supprime l'opération ayant présenté d'importants dysfonctionnements, les valeurs ne s'étendent plus que de 0,4 à 18 kWh/an. La consommation moyenne par habitant serait alors ramenée à 3,5 kWh/an. Comme pour les couloirs, il faudra trouver des systèmes de détection automatique des dysfonctionnements.

AT2-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE

Les figures AT2.4 à 6 représentent la répartition horaire de la consommation journalière moyenne de l'éclairage des escaliers pour les trois opérations suivies.

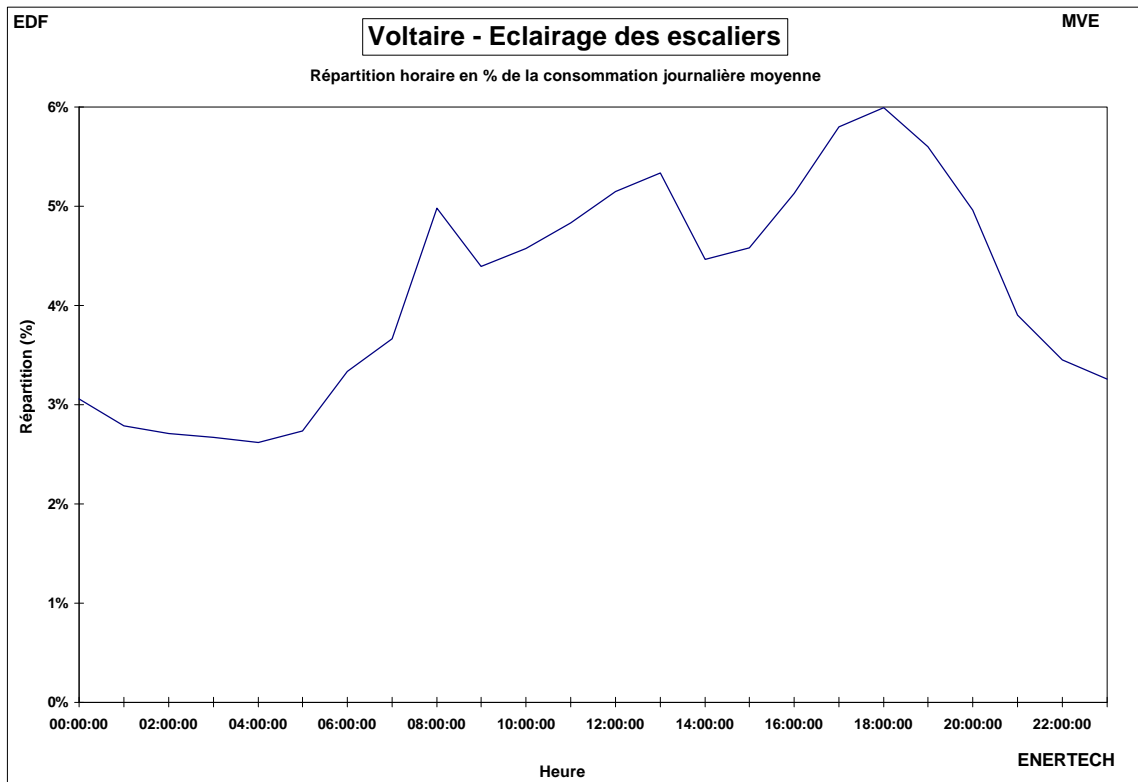


Figure AT2.4 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des escaliers encloisonnés de l'opération Voltaire

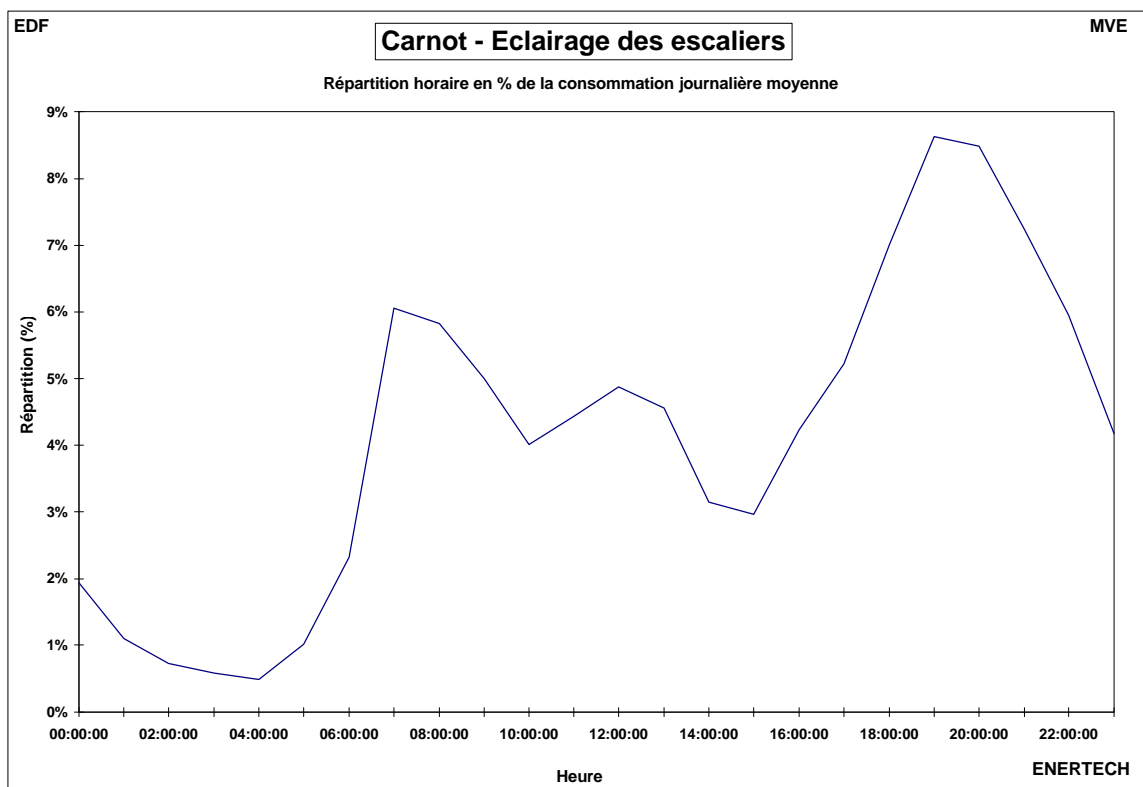


Figure AT2.5 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des escaliers encloués de l'opération Carnot

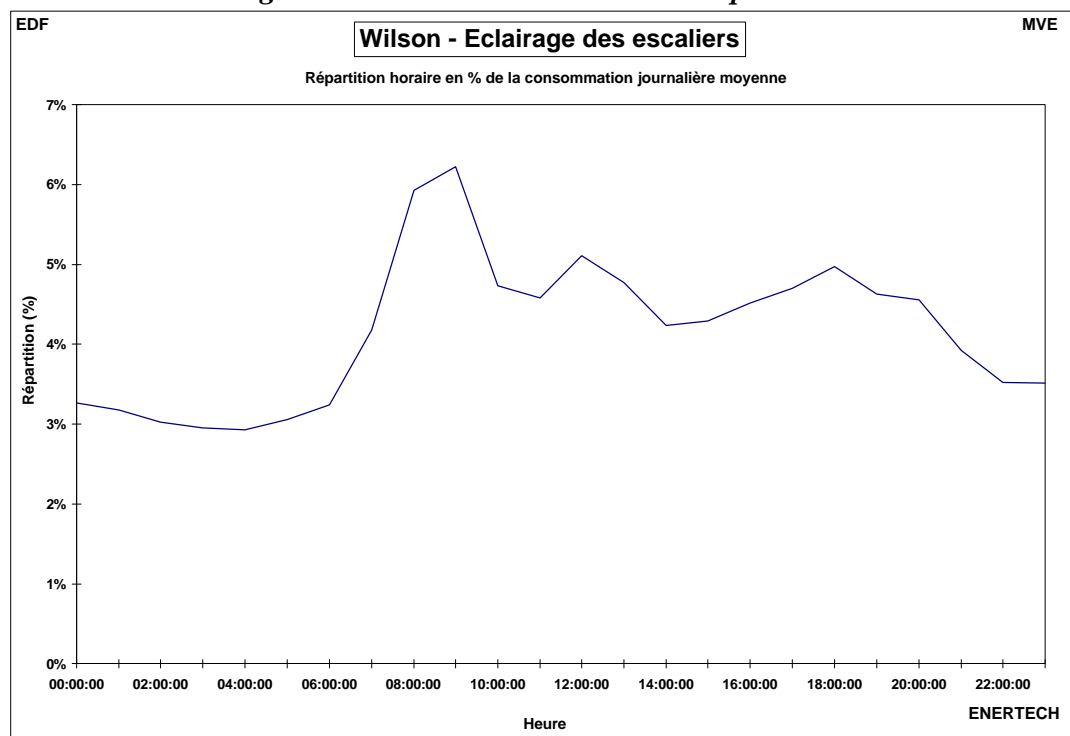


Figure AT2.6 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des escaliers encloués de l'opération Wilson

On remarque que :

■ pour les opérations qui sont le siège de dysfonctionnements, la part de ces dysfonctionnements à l'échelle de l'ensemble de l'opération est de l'ordre de **70 %** de la consommation totale de l'usage. C'est tout à fait déterminant et nécessite de se préoccuper rapidement de ce problème des éclairages bloqués,

■ le trafic dans les escaliers ne présente pas une grande régularité : continu au cours de la journée à Voltaire, plutôt le soir à Carnot et plutôt le matin à Wilson. Le trafic dans les escaliers encloués est très difficile à comprendre car :

- les déplacements principaux se font a priori en ascenseurs, pas à pied,
- l'escalier des niveaux 1 à 3 est parcouru à la fois par les habitants de ces niveaux mais aussi par ceux des étages supérieurs, alors que l'escalier des étages supérieurs n'est, en principe, parcouru que par les usagers des étages supérieurs....

AT2-3 DUREES DES MINUTERIES

La figure AT2.7 représente la durée des minuterics pour les différents escaliers. Tous ces escaliers sont identiques (on s'élève de 2,7 m à chaque niveau!) et il est donc étonnant d'observer que la durée des minuterics varie de 60 secondes à 190 secondes, soit un rapport 1 à 3,2. D'autant plus que la minuterie la plus courte commande trois étages (soit 20 secondes par niveau), et la minuterie la plus longue...4 étages (soit 47,5 secondes par niveau). La minuterie commandant le plus grand nombre d'étages (10 niveaux simultanés) n'est que de 2,2 minutes (soit 13 secondes par niveau). La moyenne générale est de 2,1 minutes. Comme pour

les couloirs, il est probable au regard de la grande dispersion des valeurs constatées, qu'une optimisation pourrait et devrait être faite sur la durée des minuteriers des cages d'escalier.

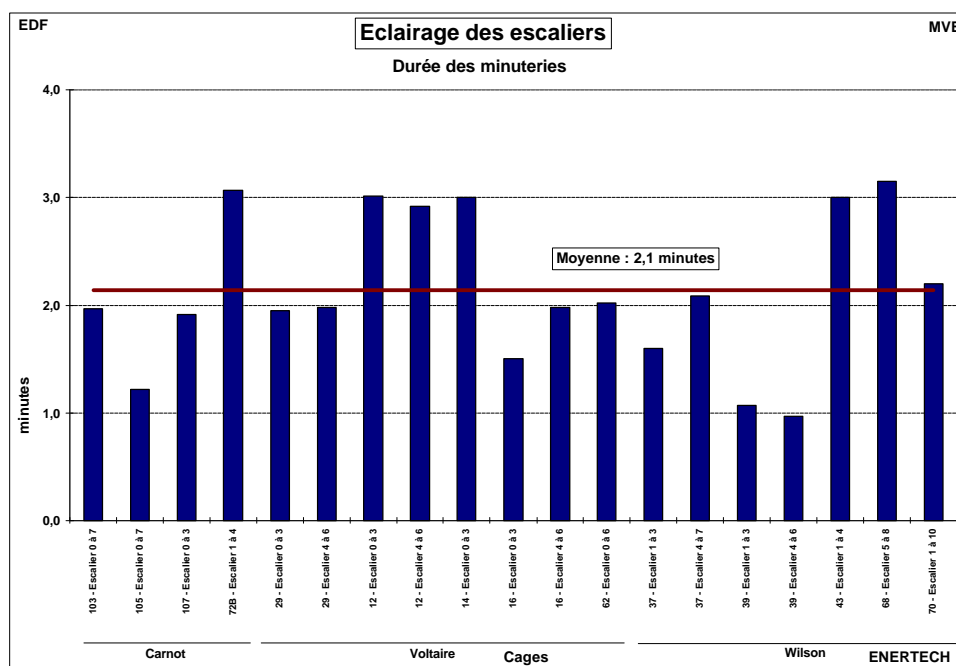


Figure AT2.7 : durée des minuteriers des différents escaliers enclouonnés

AT2-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES

La figure AT2.8 représente le tableau du nombre d'allumages annuel total par escalier. Comme ce nombre d'allumages est très fortement influencé par le nombre d'étages simultanément raccordés sur la même minuterie, la colonne 3 du tableau précise également le nombre d'étages simultanément raccordés sur chaque minuterie.

Cité	Cage	Nombre d'étages asservis simultanément	Nombre d'allumages par an
Carnot	103 - Escalier 0 à 7	7	1270
Carnot	105 - Escalier 0 à 7	7	2958
Carnot	107 - Escalier 0 à 3	3	6562
Carnot	72B - Escalier 1 à 4	4	11606
Voltaire	29 - Escalier 0 à 3	3	21211
Voltaire	29 - Escalier 4 à 6	3	1688
Voltaire	12 - Escalier 0 à 3	3	14002
Voltaire	12 - Escalier 4 à 6	3	4648
Voltaire	14 - Escalier 0 à 3	3	13784
Voltaire	16 - Escalier 0 à 3	3	1470
Voltaire	16 - Escalier 4 à 6	3	1249
Voltaire	62 - Escalier 0 à 6	6	10223
Wilson	37 - Escalier 1 à 3	3	15809
Wilson	37 - Escalier 4 à 7	4	2786
Wilson	39 - Escalier 1 à 3	3	12152
Wilson	39 - Escalier 4 à 6	3	2907
Wilson	43 - Escalier 1 à 4	4	1964
Wilson	68 - Escalier 5 à 8	4	13876

Eclairage des parties communes : les escaliers encloués

Wilson	70 - Escalier 1 à 10	10	13155
		Moyenne	8069

Figure AT2.8 : nombre d'allumages annuel par escalier encloué

Ces valeurs vont de 1.249 allumages/an (ce qui semble excessivement peu) à 21.211 allumages/an. Dans le premier cas un seul escalier est raccordé, contre 5 dans le second cas. La cage regroupant simultanément 10 niveaux n'est sujette qu'à 13.155 allumages. En moyenne, dans l'état actuel des installations, on observe **8.070 allumages/an/minuterie** en escalier. Ceci représente une fréquence trois fois plus faible que pour les couloirs.

Le problème de la tenue des lampes basse consommation aux allumages est donc moins contraignant, et probablement acceptable la plupart du temps, dans les escaliers, contrairement à ce qui a été observé pour les couloirs.

Le graphique de la figure AT2.9 représente le nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par escalier.

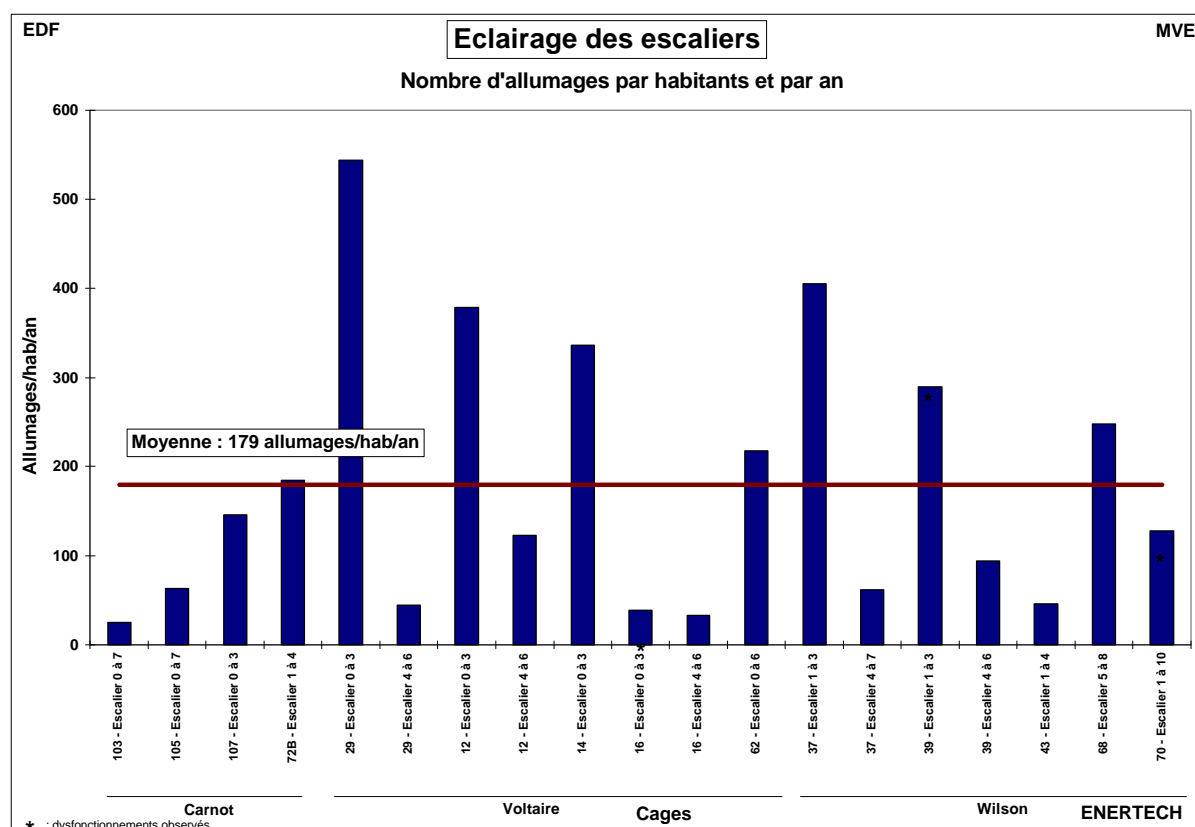


Figure AT2.9 : nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par escalier encloué.

Le nombre d'allumages par habitant et par an varie de 25 à 544, soit une plage de variation de 1 à 22 beaucoup plus importante que pour les couloirs. En moyenne sur l'ensemble des cages il est de 179.

AT2-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE

AT2.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par escalier

La figure AT2.10 représente la durée de fonctionnement annuelle des éclairages de escaliers.

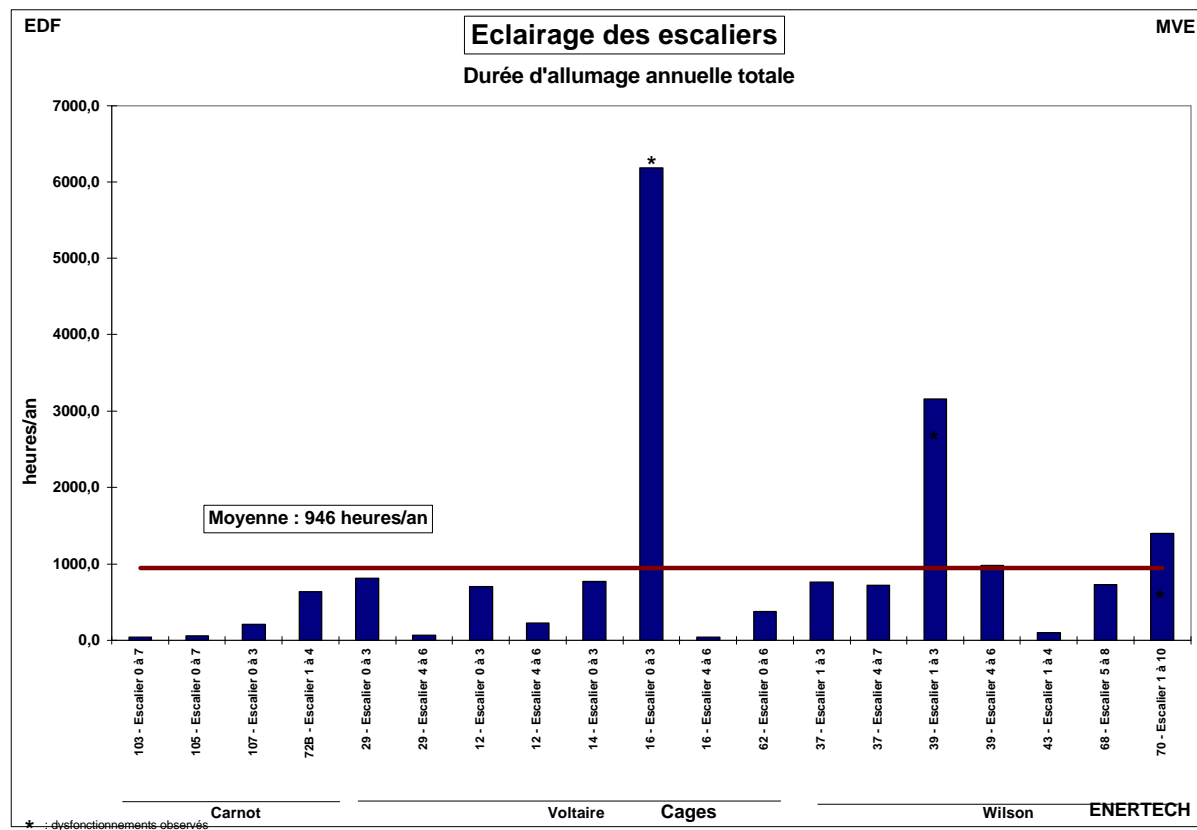


Figure AT2.10 : durée annuelle de fonctionnement de l'éclairage des escaliers encloués

On observe des différences très importantes dans les durées de fonctionnement. L'origine est bien sûr la même que celle décrite dans les paragraphes qui précèdent. La valeur moyenne de 946 h/an tient compte de l'impact des dysfonctionnements, puisque nous considérons que ces dysfonctionnements sont un état permanent des installations. Mais elle tient aussi compte des solutions techniques et des réglages propres aux installations étudiées (type de raccordement étages/minuterie, durée des minuterie). Le temps de fonctionnement de l'éclairage des escaliers est très proche de celui des couloirs : 946 h contre 1.275 h.

AT2.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine

Le comportement des usagers et le trafic varient-ils en fonction du type de jour de la semaine? C'est à cette question que répond la courbe de la figure AT2.11.

On observe que :

- la durée d'allumage varie assez peu d'un type de jour à l'autre,
- il existe des écarts de 1 à 2,5 entre les différentes opérations.

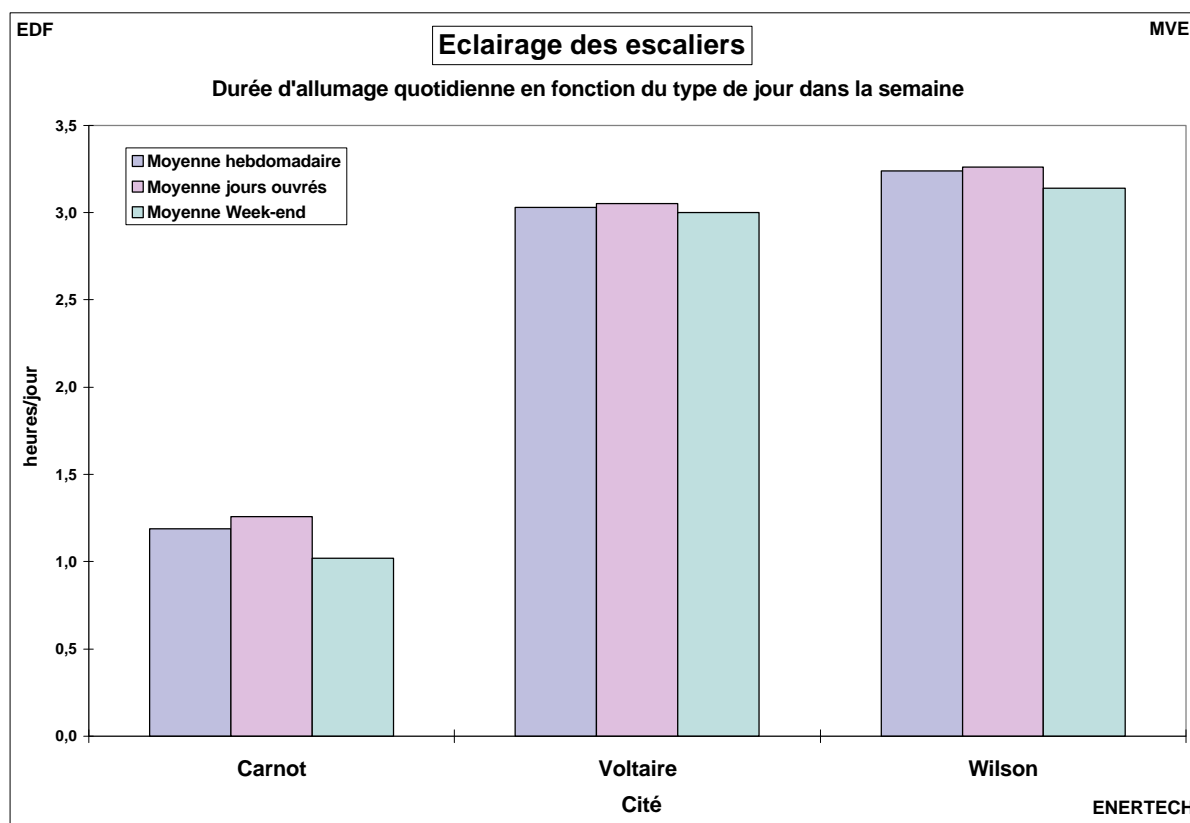


Figure AT2.11 : durée d'allumage des escaliers encloisonnés en fonction des jours de semaine

AT2.5.3 Part de la durée d'allumage pendant les heures de jour et de nuit

La procédure de calcul a été la même que pour les couloirs (voir annexe 1, § AT1.5.3).

Les figures AT2.12 et 13 représentent la part de la consommation totale qui s'effectue pendant les heures de jour, dans la situation actuelle d'une part, et après suppression de tous les dysfonctionnements d'autre part.

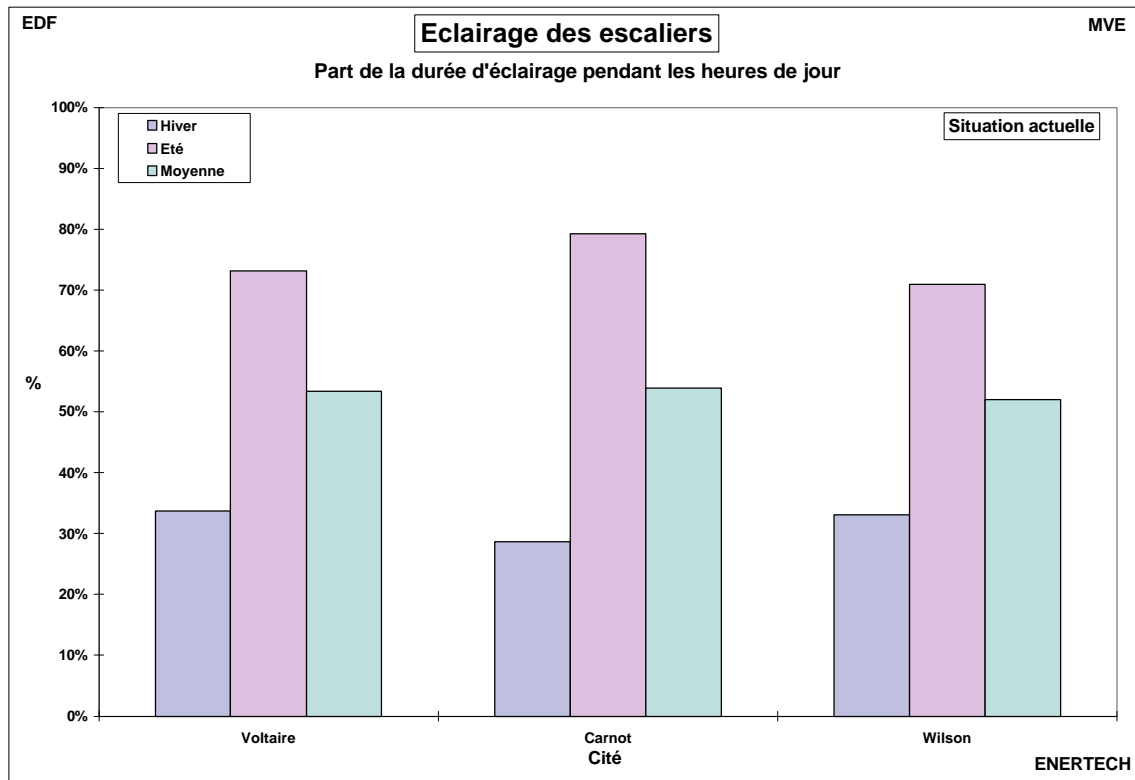


Figure AT2.12 : part de la durée d'allumage des escaliers encloués pendant les heures de jour (avant suppression des dysfonctionnements)

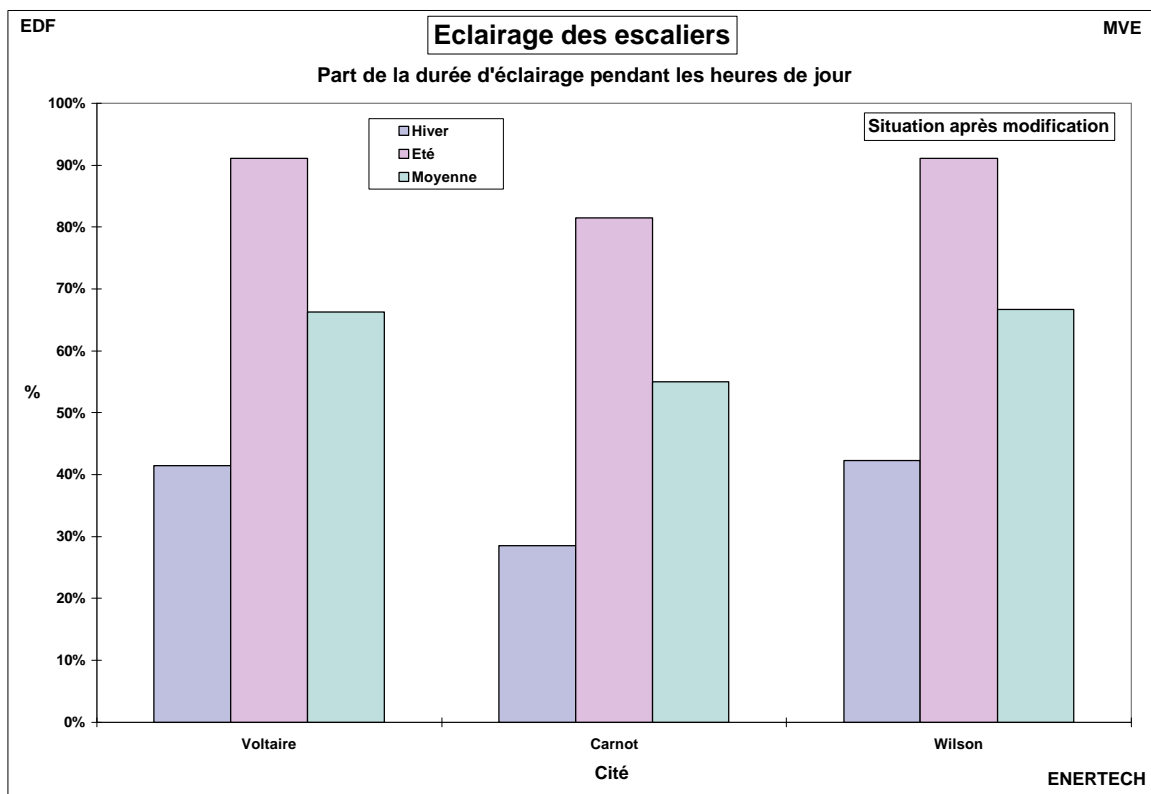


Figure AT2.13 : part de la durée d'allumage des escaliers encloisonnés pendant les heures de jour (après suppression des dysfonctionnements)

On observe que :

- dans la situation actuelle, la part de la consommation s'effectuant dans les heures de jour est en moyenne d'environ 52 %,
- après suppression des dysfonctionnements, cette part s'élève en moyenne à 60 %, soit un peu moins que dans le cas des couloirs.

La conclusion est la même que dans le cas des couloirs : le recours à l'éclairage naturel serait un facteur très important d'économie qui permettrait de réduire de plus de moitié la consommation d'électricité des escaliers. Ceci suppose un bon dessin au moment de la conception.

**ANNEXE TECHNIQUE 3 : ECLAIRAGE DES PARTIES
COMMUNES :
LES ESCALIERS NON ENCLOISONNES**

Rappel : les escaliers non encloisonnés étudiés dans cette annexe concernent les escaliers rencontrés essentiellement dans les bâtiments de 2^{ème} famille du point de vue de la sécurité incendie (R+3 maximum, dernier niveau à moins de 8 m du sol). Ces escaliers ouverts permettent une distribution directe des logements. Ils possèdent deux caractéristiques fortes :

- ils sont dans des bâtiments qui ne comportent en général pas d'ascenseur. Les usagers sont donc obligés d'emprunter l'escalier,
- ils comportent très souvent un éclairage naturel.

N.B. : seule l'opération Carnot présente des escaliers de ce type. L'échantillon est donc réduit.

AT3-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE**AT3.1.1 Consommation annuelle par cage d'escalier**

La figure AT3.1 représente la consommation annualisée de l'éclairage pour chacun des escaliers non encloisonnés suivis.

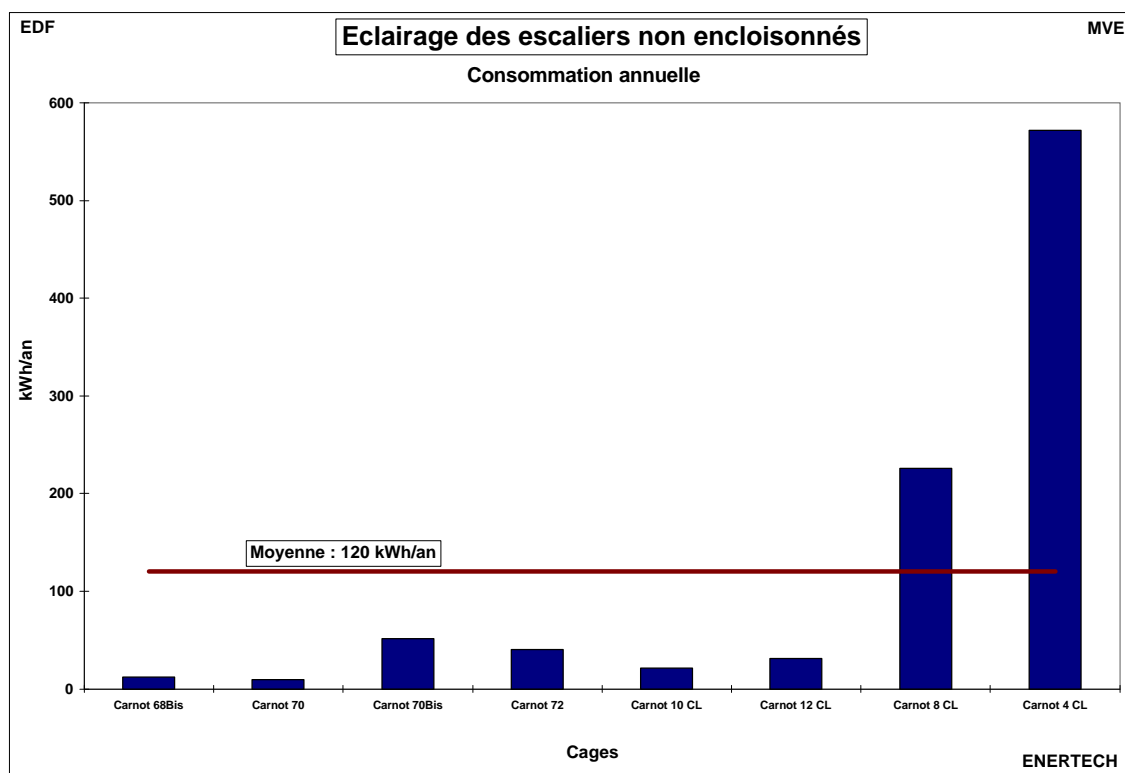


Figure AT3.1 : consommation annuelle totale par escalier non encloisonné

On observe que :

■ en moyenne la consommation annuelle d'un escalier non encloisonné est de **120 kWh/an**,

■ les écarts très importants entre les différents escaliers non encloisonnés peuvent s'expliquer de plusieurs façons :

- la présence ou non d'éclairage naturel, et l'orientation des cages lorsqu'il y a de l'éclairage naturel,
- la durée des minuteriers (voir § AT3-3) peut aller de 66 secondes à 200 secondes, soit un rapport de 1 à 3,
- la puissance et le nombre des ampoules par escalier varient aussi beaucoup.

L'ensemble de ces facteurs explique que la consommation des circulations peut parfaitement varier dans des plages importantes sans difficulté.

■ nous n'avons pas observé de dysfonctionnements dans les escaliers non encloisonnés, peut-être parce que l'échantillon était peu important.

AT3.1.2 Consommation annuelle par logement

La figure AT3.2 représente la consommation annuelle de l'éclairage des escaliers non encloisonnés ramenée au logement.

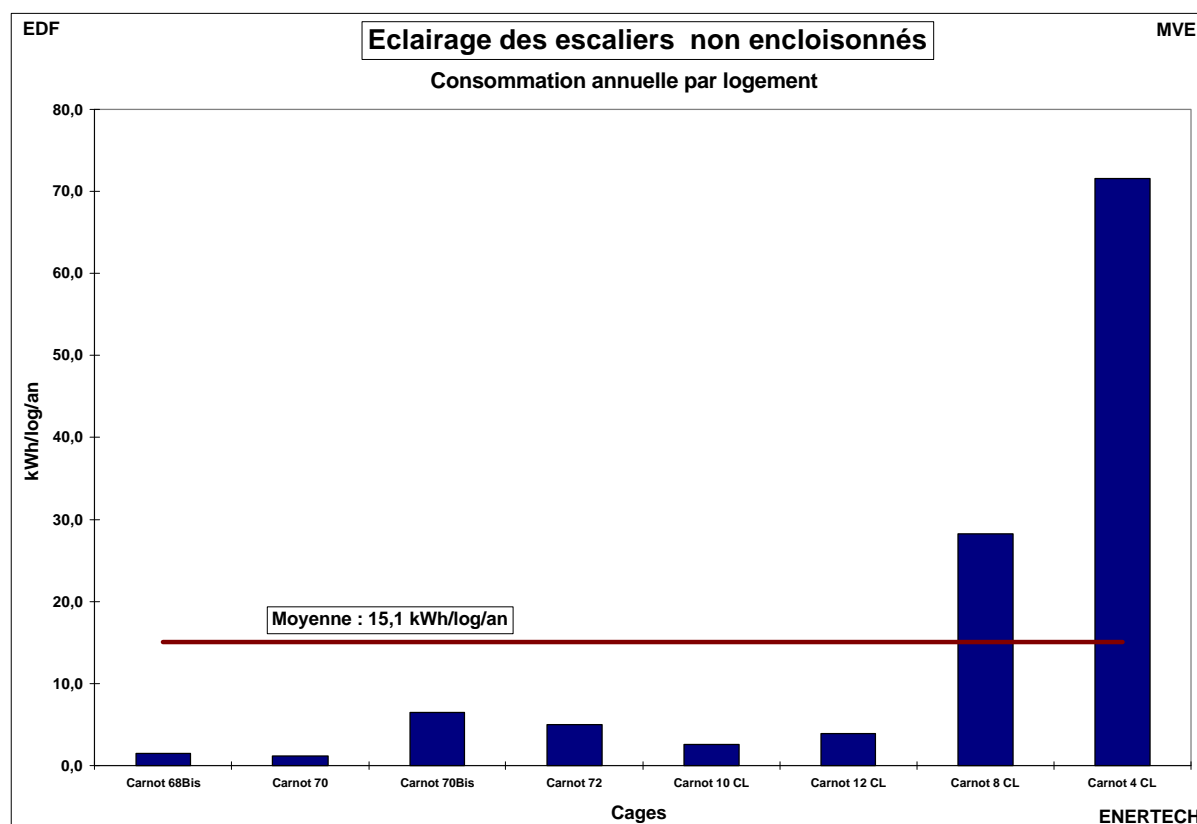


Figure AT3.2 : consommation annuelle par logement de l'éclairage des escaliers non encloisonnés

En moyenne la consommation annuelle de l'éclairage des escaliers non encloisonnés est de **15,1 kWh/an/logt**, mais cette valeur peut varier de 1,2 à 71,5 kWh/an/logt!

AT3.1.3 Consommation annuelle par habitant

La figure AT3.3 représente la consommation annuelle de l'éclairage des escaliers non encloisonnés par habitant.

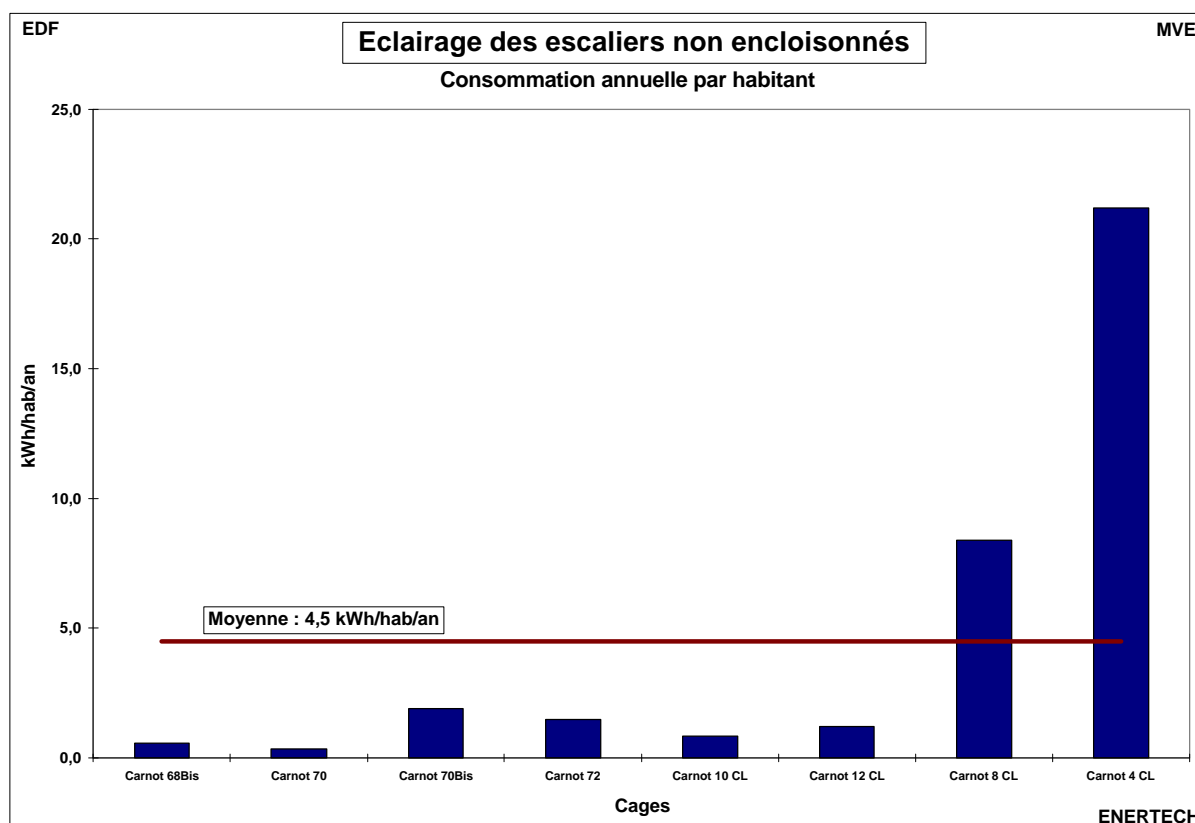


Figure AT3.3 : consommation annuelle par habitant de l'éclairage des escaliers non encloisonnés

La consommation moyenne par habitant est de **4,5 kWh/hab/an** mais les valeurs s'étendent de 0,3 à 21,2 kWh/an. Les causes de ces variations sont les mêmes que précédemment.

AT3-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE

Les figures AT3.4 et AT3.5 représentent la répartition horaire de la consommation journalière moyenne de l'éclairage des escaliers non encloisonnés pour :

- les cages bénéficiant d'une bonne orientation Sud ou Sud-Ouest (Carnot 68-72-10-12),
- les cages dont l'orientation est plein Nord (Carnot 4-8).

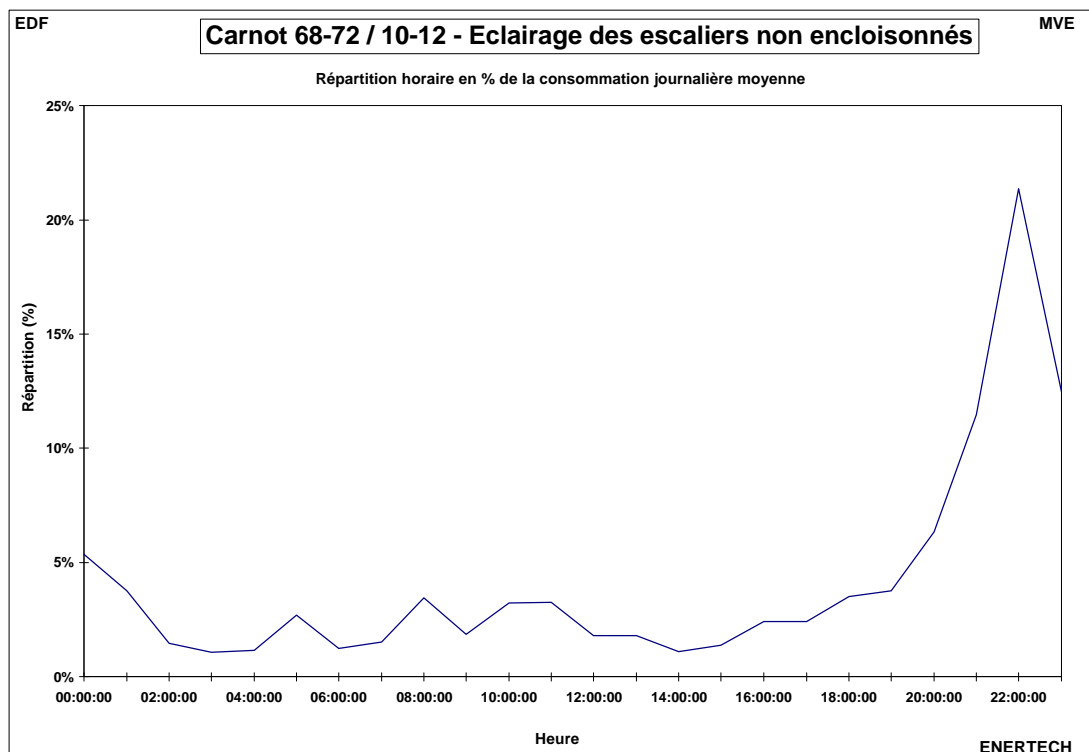


Figure AT3.4 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des escaliers non encloisonnés orientés Sud ou Sud-Ouest

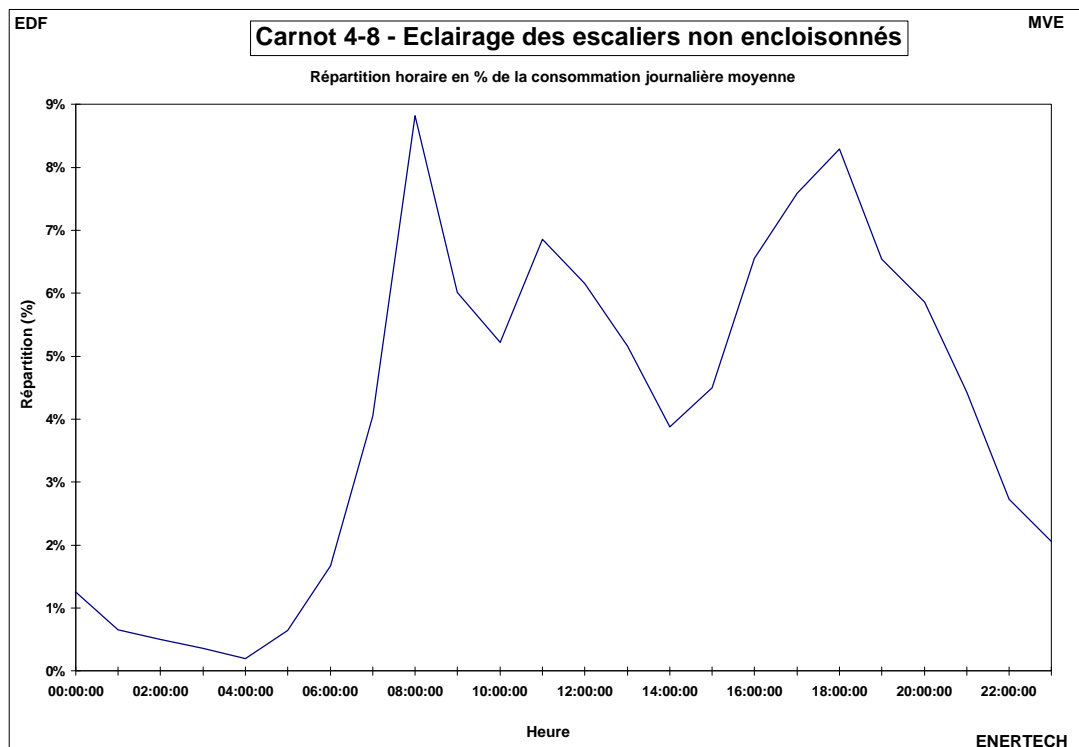


Figure AT3.5 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des escaliers non encloisonnés orientés Nord

On remarque que :

■ pour les cages qui bénéficient d'éclairage naturel et d'une bonne orientation, le recours à l'éclairage artificiel dans les escaliers non encloisonnés ne se fait qu'en soirée. L'intérêt de l'éclairage naturel est patent. On note aussi que 20 % de la consommation journalière est absorbée à 22 h,

■ pour les autres cages, lorsque l'orientation n'est pas favorable ou qu'il y a absence d'éclairage naturel (Carnot 4 et 8), on observe que la courbe de charge est très semblable à celle des escaliers encloisonnés qui ne disposait d'aucun éclairage naturel.

AT3-3 DUREES DES MINUTERIES

La figure AT3.6 représente la durée des minuterias pour les différents escaliers non encloisonnés. La moyenne est de 1,8 minutes, ce qui est plutôt moins que toutes les autres minuterias analysées par ailleurs. Mais on remarque aussi que les durées de fonctionnement varient de 66 secondes à 200 secondes, soit un rapport 1 à 3.

Tous les escaliers étant du même type (c'est à dire R+3), on peut se demander ce qui motive de tels écarts. En tout état de cause, cela devrait permettre, par un meilleur ajustement des durées de minuterie, de faire d'importantes économies, sans pour autant dégrader le service rendu.

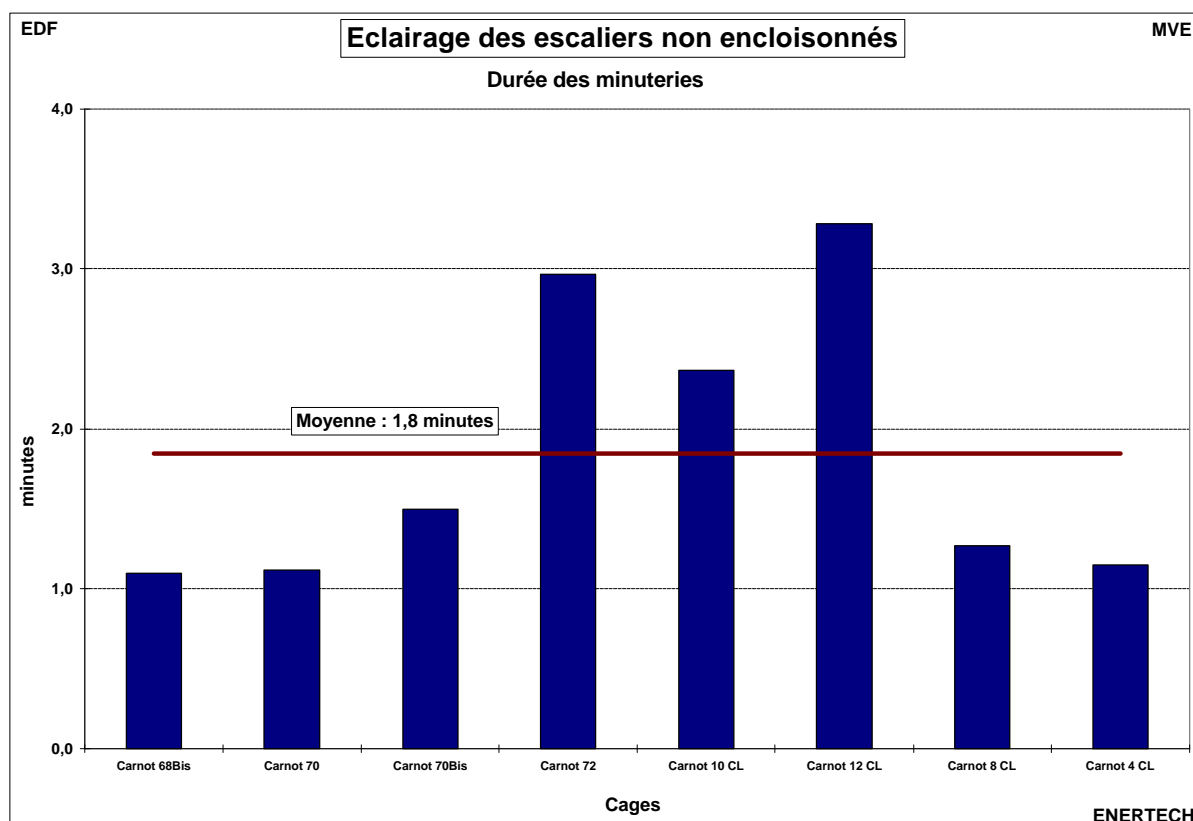


Figure AT3.6 : durée des minuterias des différents escaliers non encloisonnés

AT3-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES

La figure AT3.7 représente le tableau du nombre d'allumages annuel total par escalier non encloué. Comme ce nombre d'allumages est très fortement influencé par le nombre d'étages simultanément raccordés sur la même minuterie, la colonne 3 du tableau précise également le nombre d'étages simultanément raccordés sur chaque minuterie : il est ici constant et vaut 4.

Cité	Cage	Nombre de niveaux asservis simultanément	Nombre d'allumages par an
Carnot	Carnot 68Bis	4	799
Carnot	Carnot 70	4	2995
Carnot	Carnot 70Bis	4	6664
Carnot	Carnot 72	4	4191
Carnot	Carnot 10 CL	4	2314
Carnot	Carnot 12 CL	4	2032
Carnot	Carnot 8 CL	4	17092
Carnot	Carnot 4 CL	4	35428
Moyenne			8939

Figure AT3.7 : nombre d'allumages des minuteries des différents escaliers non encloués

Ces valeurs vont de 799 allumages/an à 35.428 allumages/an.

Le graphique de la figure AT3.8 représente le nombre d'allumages annuel des minuteries par habitant et par cage d'escalier.

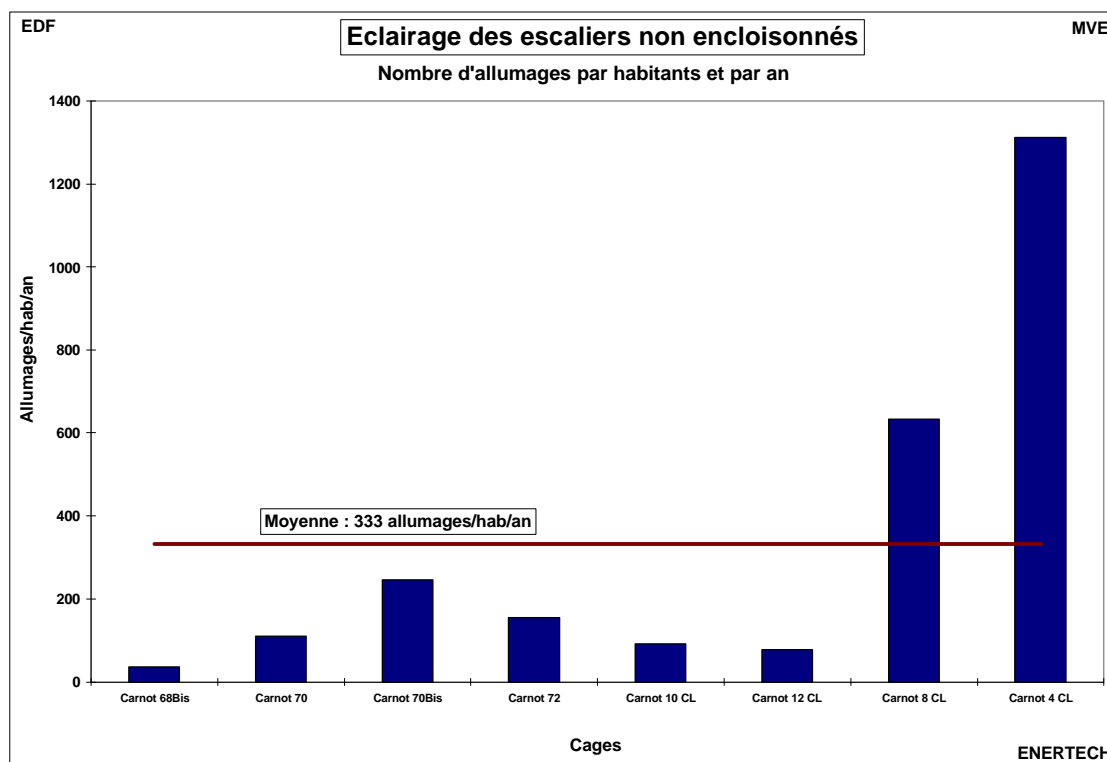


Figure AT3.8 : nombre d'allumages annuel des minuteries par habitant et par escalier non encloué.

Le nombre d'allumages par habitant et par an varie de 36 à 1.312, soit une plage de variation de 1 à 36. En moyenne sur l'ensemble des cages il est de **333 allumages/hab/an**.

Cette plage de variation traduit des conditions d'utilisation encore plus diversifiées que pour les autres usages de l'éclairage. Le principal facteur de divergence est ici la présence ou non de l'éclairage naturel qui se surajoute à tous les autres facteurs techniques déjà identifiés.

AT3-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE

AT3.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par escalier non encloué

La figure AT3.9 représente la durée de fonctionnement annuelle des éclairages des escaliers non encloués.

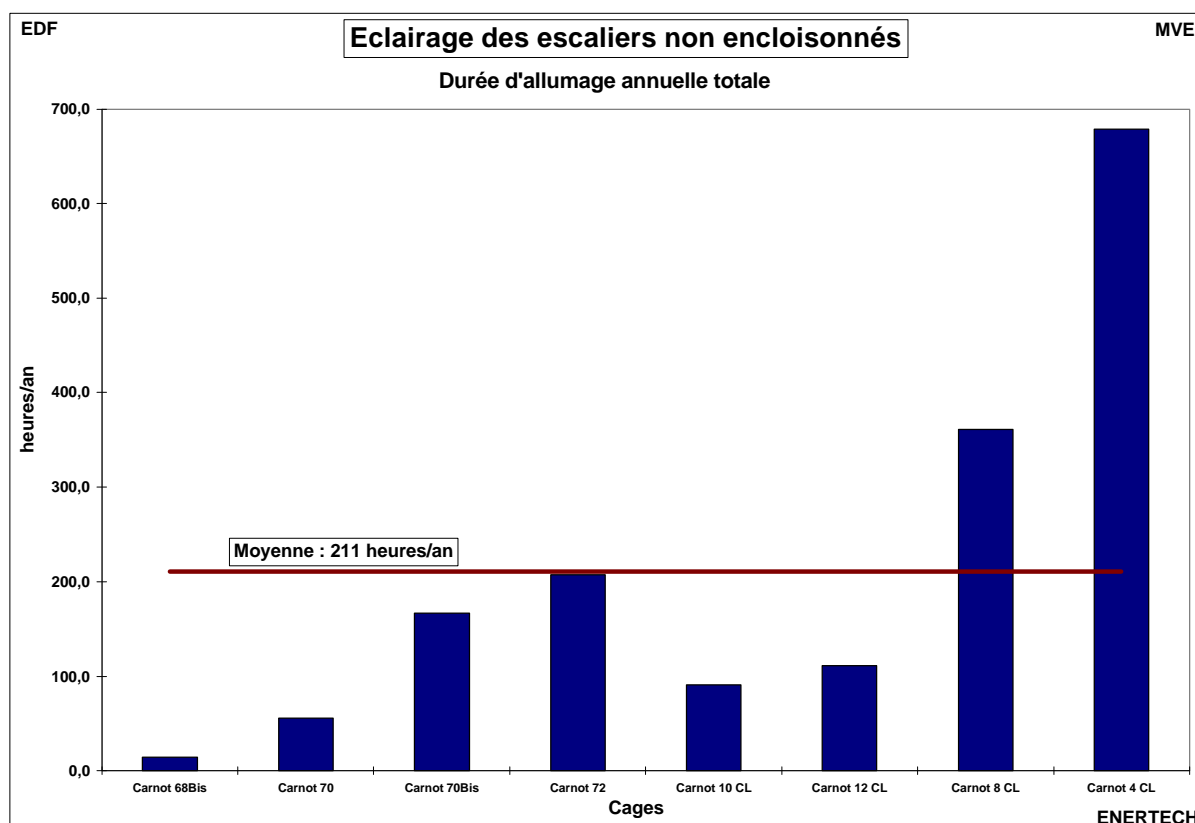


Figure AT3.9 : durée annuelle de fonctionnement de l'éclairage des escaliers non encloués

On observe des différences très importantes dans les durées de fonctionnement. L'origine est bien sûr la même que celle décrite dans les paragraphes qui précèdent. La valeur moyenne est de **211 h/an**, mais les valeurs extrêmes vont de 15 à 679 h/an.

AT3.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine

La courbe de la figure AT3.10 montre que :

- la durée d'allumage varie finalement assez peu d'un type de jour à l'autre, même si, comme on pouvait s'y attendre, la durée de fonctionnement est un peu inférieure le week-end par comparaison aux jours de semaine,
- cette durée est légèrement supérieure à une demie-heure.

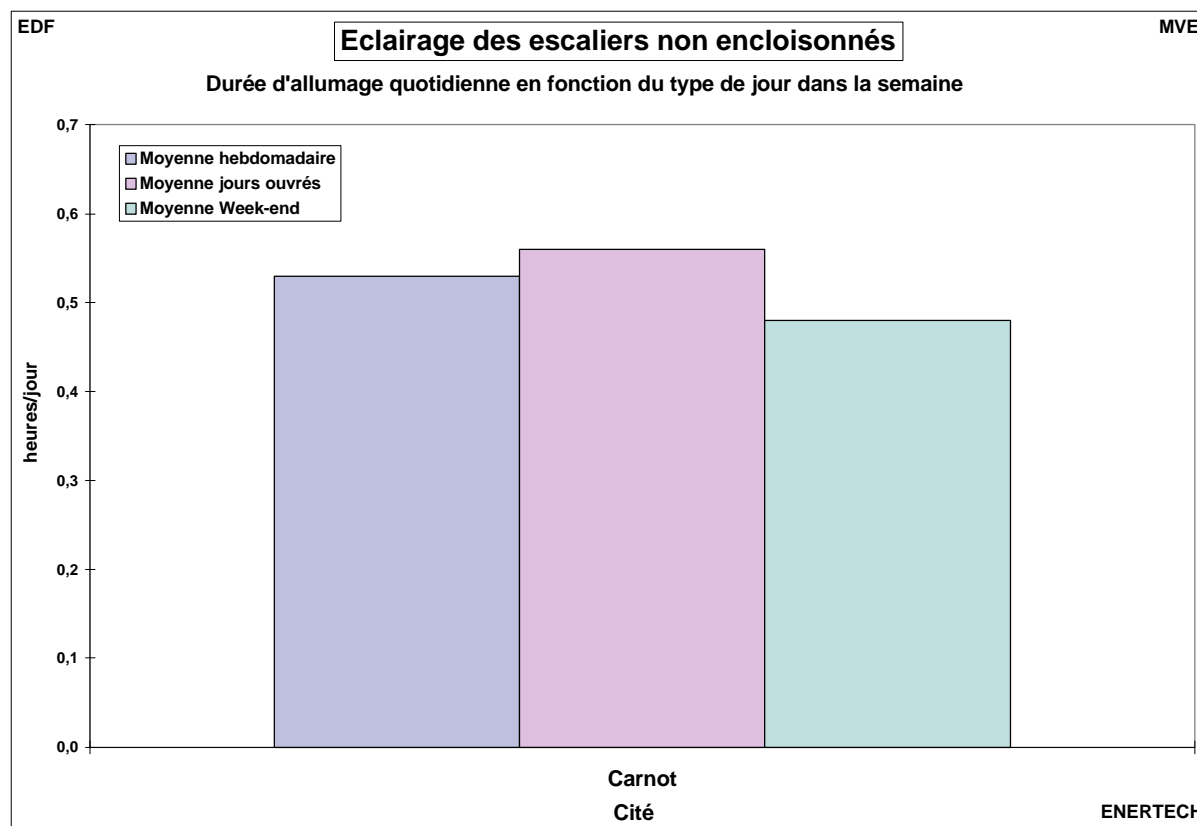


Figure AT3.10 : durée d'allumage des escaliers non encloués en fonction des jours de semaine

AT3.5.3 Part de la durée d'allumage pendant les heures de jour et de nuit

La procédure de calcul a été la même que pour les couloirs (voir annexe 1, § AT1.5.3).

La figure AT2.11 représente la part de la consommation totale qui s'effectue pendant les heures de jour, dans la situation actuelle.

Sur l'opération Carnot 68-72/10-12, opération bénéficiant d'un bon éclairage naturel et d'une orientation favorable, on voit qu'en moyenne il n'y a que 30 % de la consommation qui a encore lieu pendant les heures de jour. Ce taux est intéressant, car il montre d'une certaine façon les limites de l'éclairage naturel : même avec le meilleur éclairage naturel qui soit on ne pourra jamais supprimer toute la consommation qui s'effectue pendant les heures de jour.

Combien restera-t-il? Difficile à dire en l'état de notre échantillon. Probablement jamais moins que 15 ou 20 %.

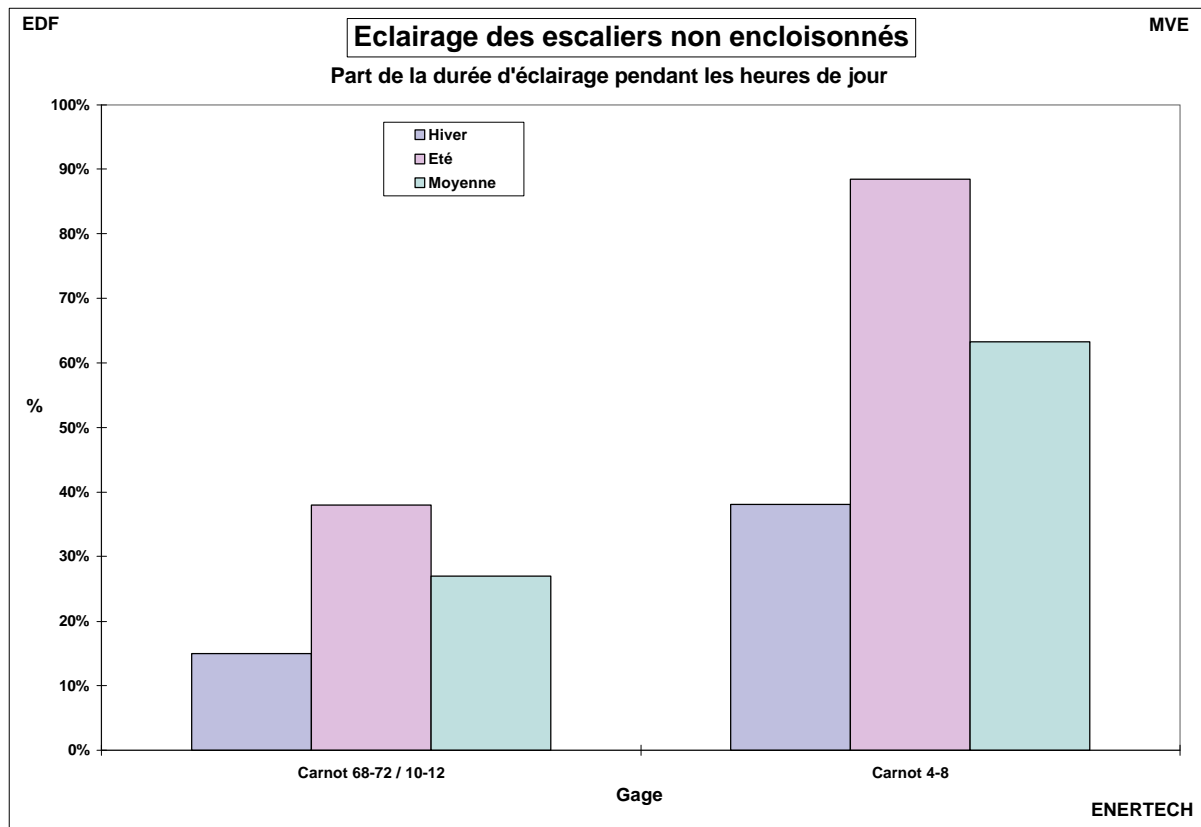


Figure AT3.11 : part de la durée d'allumage des escaliers non encloués pendant les heures de jour

**ANNEXE TECHNIQUE 4 : ECLAIRAGE DES PARTIES
COMMUNES :
LES HALLS D'ENTREE**

Observation préliminaire : les halls d'entrée analysés possèdent deux types de système d'éclairage :

- soit un foyer permanent 24h/24, d'une puissance d'environ 60 W, situé au centre du hall (Wilson), et un foyer sur minuterie de puissance généralement assez importante (780 W à Wilson),
- soit uniquement un foyer sur minuterie (Carnot et Voltaire).

Il est à noter qu'à Wilson la présence d'un seul spot en fonctionnement permanent est le fait du gardien qui est un ancien électricien. Auparavant, 14 spots de 60 W fonctionnaient en permanence....

Ces différences sont importantes pour expliquer les écarts de consommation observés au cours des mesures.

AT4-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE

AT4.1.1 Consommation annuelle par hall d'entrée

La figure AT4.1 représente la consommation annualisée de l'éclairage pour chacun des halls d'entrée suivis. La consommation moyenne est de **596 kWh/an**.

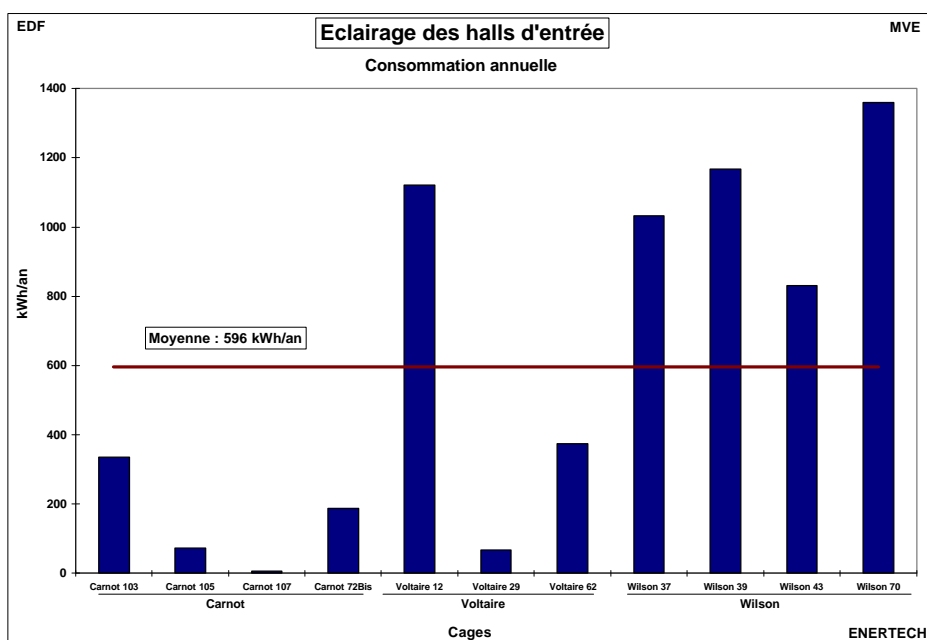


Figure AT4.1 : consommation annuelle totale par hall d'entrée

On est frappé par la très grande hétérogénéité des résultats, d'une opération à l'autre, mais aussi et peut-être surtout au sein d'une même opération. Les explications à ce phénomène seront précisées au long de ce chapitre, mais il est intéressant d'ores et déjà d'en établir la liste. La consommation électrique des halls est très fortement influencée par :

- l'orientation générale des halls. Les halls orientés Sud ou éventuellement à Est/Ouest et dont les abords sont dégagés bénéficient d'un très important éclairage naturel. C'est le cas de Carnot 107 (orientation Ouest), de Voltaire 29 (Ouest). Les halls orientés au Nord (Wilson 70) ou dont les abords sont masqués sont beaucoup plus consommateurs,

- la géométrie du hall est très importante : certains halls (Voltaire 29) ont une forme de simple rectangle dans laquelle la porte d'entrée est sur un côté et les portes d'ascenseur sur le côté adjacent. Si l'entrée est bien éclairée, l'accès aux ascenseurs ne nécessite pas d'éclairage artificiel.

En revanche de nombreux halls sont en L. Dans ces halls les ascenseurs ne sont pas dans la partie faisant face à l'entrée. Ils nécessitent 24h/24 un éclairage. C'est le cas des cages de Wilson, et certaines cages de Voltaire,

- la durée des minuterie (voir § AT4-3) varie de 1,1 à 5,0 minutes! Alors que tous les halls de toutes les opérations sont semblables : on y passe, prend son courrier et attend l'ascenseur. Cet écart est probablement la principale source de différences entre les opérations. C'est aussi celle qui peut être améliorée le plus rapidement et le plus facilement,

- la puissance et le nombre des ampoules varient très sensiblement d'un hall à l'autre : on a relevé des puissances totales qui vont de 180 à 840 W, soit un rapport de 1 à 4,7. Il arrive même qu'au sein d'une opération les différentes cages soient équipées de puissances très différentes.

L'ensemble de ces facteurs explique que la consommation des halls d'entrée peut parfaitement évoluer dans des plages considérables sans difficulté. Comme pour les couloirs, il est même certain qu'un service identique pourrait être rendu avec une consommation d'électricité très inférieure. On retiendra que, plus que pour tous les autres types de circulations, il est très facile de concevoir un hall pour qu'il puisse bénéficier d'éclairage naturel : son orientation (que l'on ne choisit souvent pas...), sa forme, sont des paramètres déterminants.

Enfin, les halls d'entrée semblent échapper au phénomène des dysfonctionnements évoqués pour les couloirs et les escaliers : seule une minuterie (Wilson 70) est restée bloquée pendant trois jours. Il est vrai que, pour le gardien, il est beaucoup plus facile de repérer le dysfonctionnement des halls que des couloirs ou des escaliers.

AT4.1.2 Consommation annuelle par logement

La figure AT4.2 représente la consommation annuelle de l'éclairage des halls d'entrée ramenée au logement.

En moyenne la consommation annuelle de l'éclairage des halls d'entrée est de **28.7 kWh/an**, mais cette valeur peut varier de 0,5 à 59.3 kWh/an!

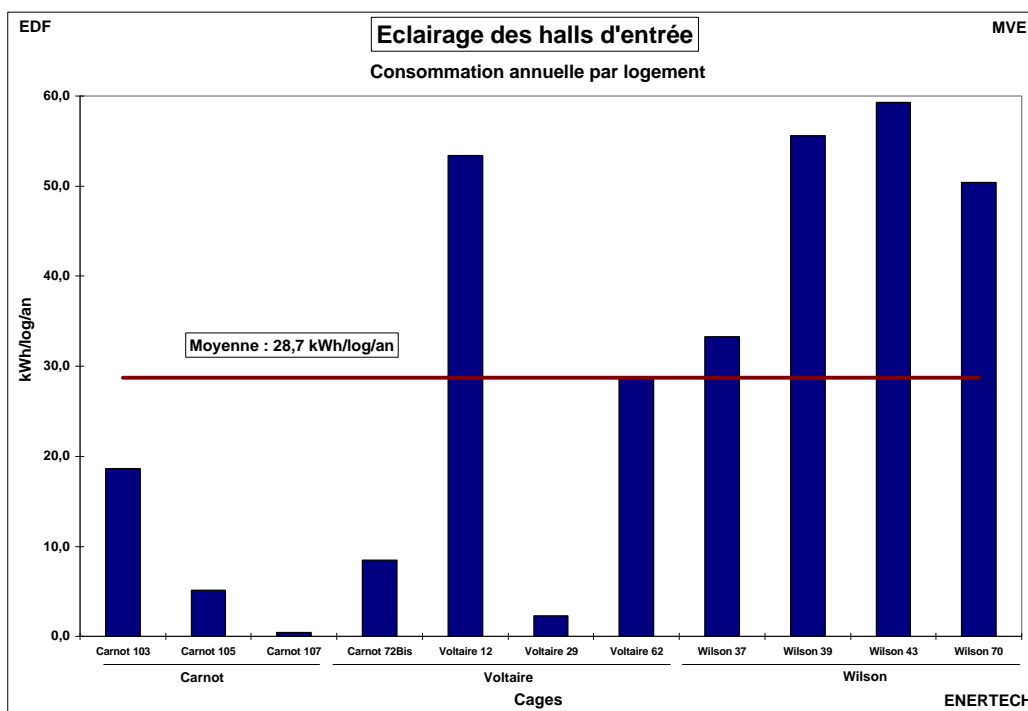


Figure AT4.2 : consommation annuelle par logement de l'éclairage des halls d'entrée

AT4.1.3 Consommation annuelle par habitant

La figure AT4.3 représente la consommation annuelle de l'éclairage des halls d'entrée par habitant.

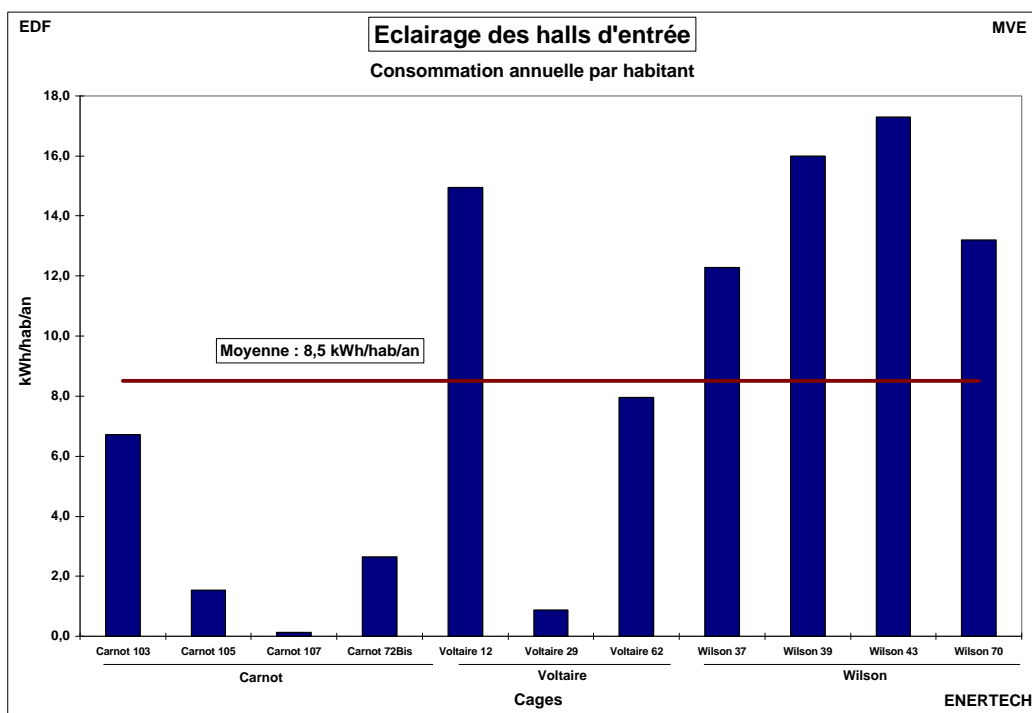


Figure AT4.3 : consommation annuelle par habitant de l'éclairage des halls d'entrée

La consommation moyenne par habitant est de **8.5 kWh/an**, soit 2,3 fois moins que la valeur pour les couloirs. Les valeurs s'étendent de 0,1 à 17.3 kWh/an.

AT4-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE

Les figures AT4.4 à 6 représentent la répartition horaire de la consommation journalière moyenne de l'éclairage des halls d'entrée pour les trois opérations suivies.

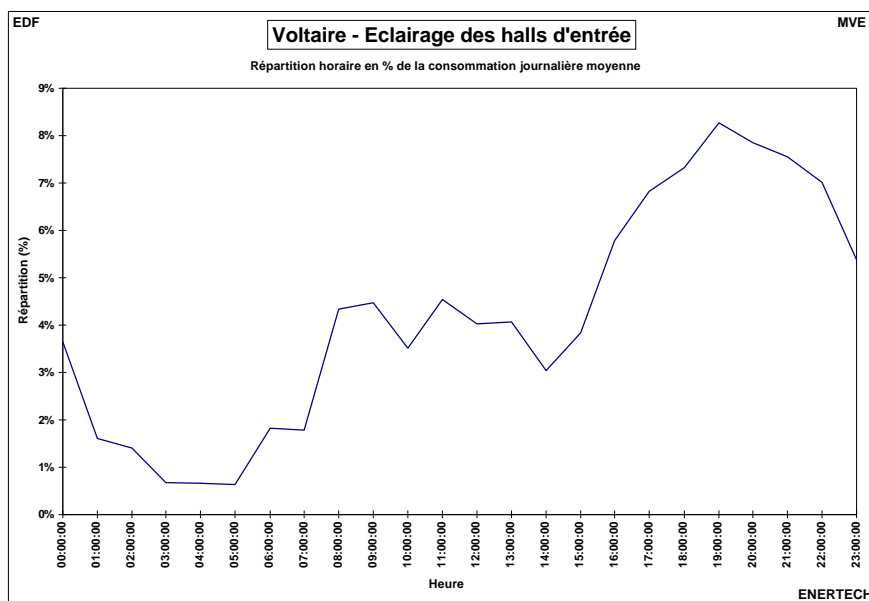


Figure AT4.4 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des halls d'entrée de l'opération Voltaire

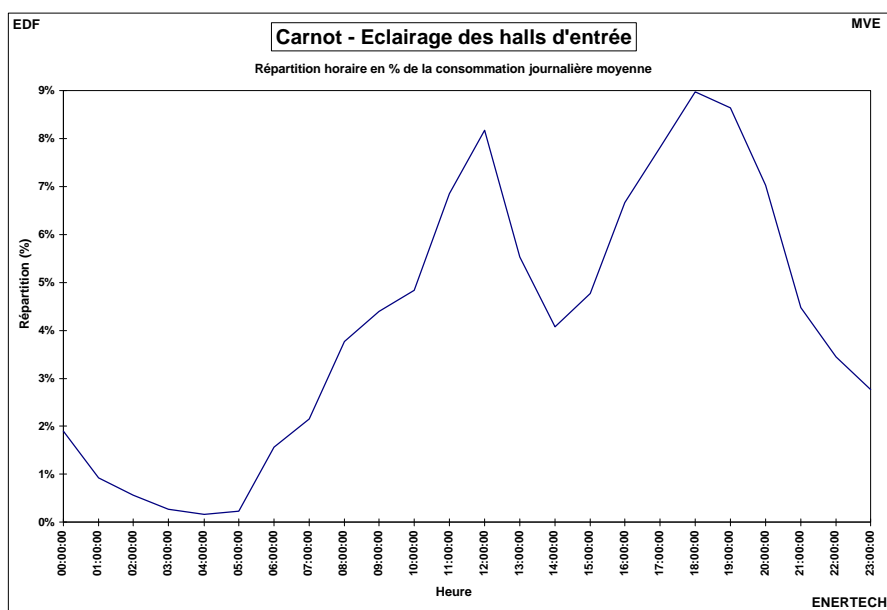


Figure AT4.5 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des halls d'entrée de l'opération Carnot

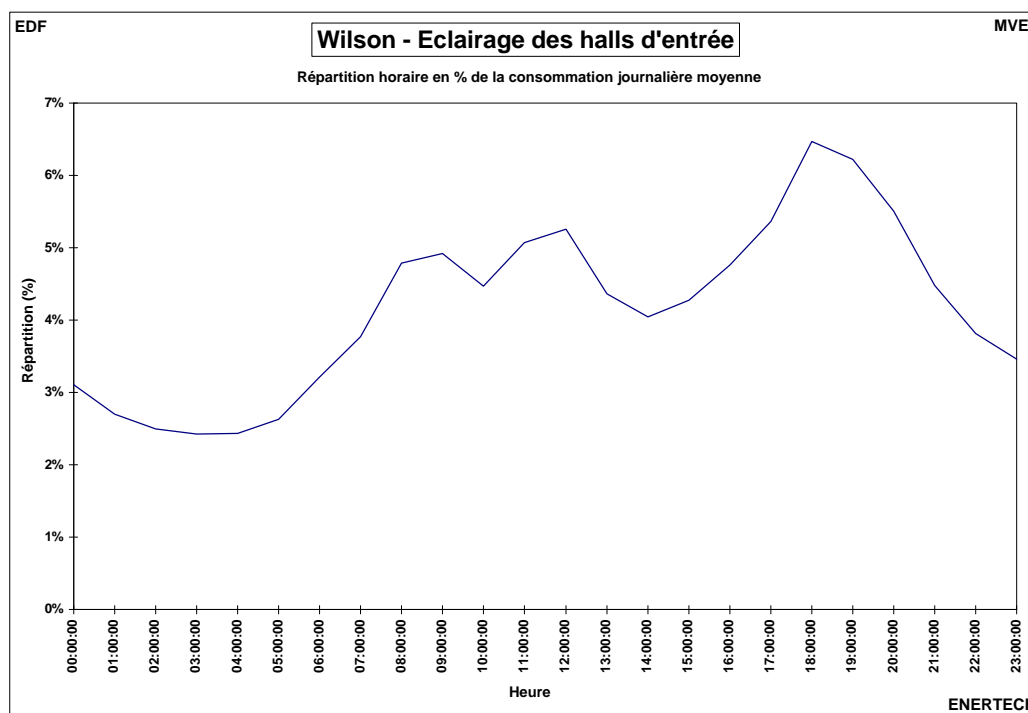


Figure AT4.6 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des halls d'entrée de l'opération Wilson

On remarque que :

- la courbe de charge des différentes opérations présente quelques particularités communes : une demi-activité toute la matinée, et une activité très importante à partir de 16 h,

- il existe une charge de nuit très importante à Wilson. Cette charge est due, comme indiqué en remarque préliminaire, à la présence permanente d'une partie de l'éclairage dans les halls. Le poids de cet éclairage permanent est considérable puisqu'à lui seul il représente 58 % de la consommation totale de l'éclairage des halls,

- il faut rappeler qu'à Carnot et Voltaire l'accès au parking ne peut pas se faire directement par l'intérieur. Les usagers doivent d'abord sortir par le hall. Pour ces deux opérations, le trafic par le hall est donc normalement plus important qu'à Wilson. Mais attention : on ne mesure ici que les besoins en éclairage : si le hall bénéficie d'éclairage naturel, le trafic enregistré par les lampemètres sera faible.

AT4-3 DUREES DES MINUTERIES

La figure AT4.7 représente la durée des minuterics pour les différents halls d'entrée. Tous ces halls d'entrée sont identiques. Leur longueur n'excède pas dix mètres. Il est donc étonnant d'observer que la durée des minuterics varie de 66 secondes à 300 secondes, soit un rapport 1 à 4,5. La moyenne générale est de 2,5 minutes. L'homogénéité des situations présentées par les halls d'entrée devrait permettre une optimisation rapide sur la durée des minuterics des cages d'escalier. Il est probable qu'une durée d'une minute devrait être largement suffisante.

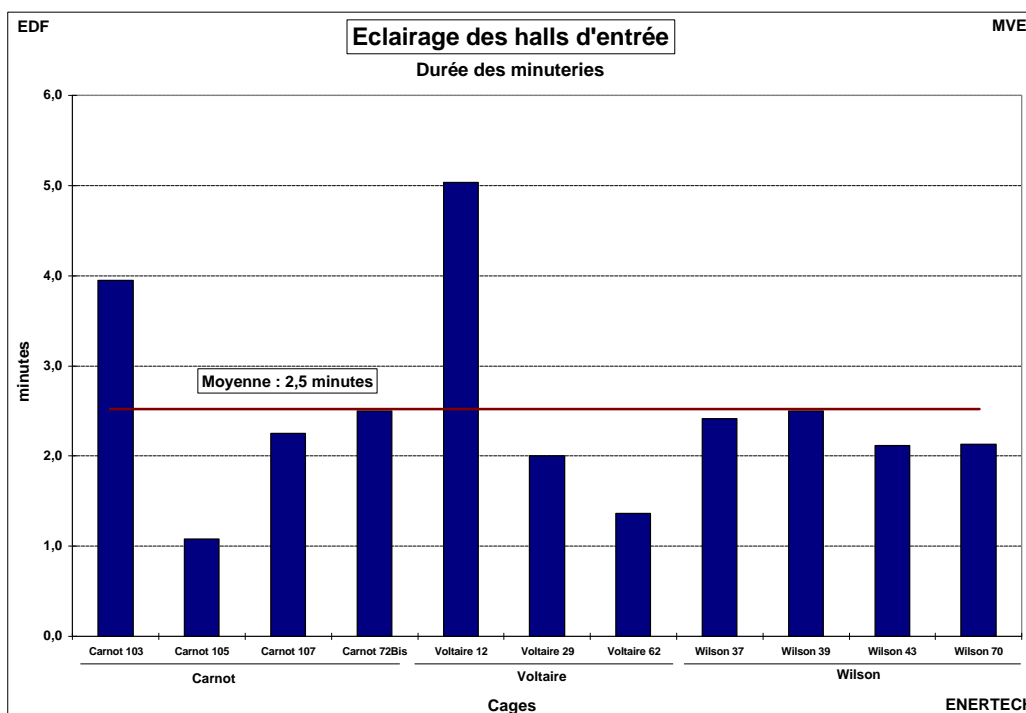


Figure AT4.7 : durée des minuterics des différents halls d'entrée

AT4-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES

La figure AT4.8 représente le tableau du nombre d'allumages annuel total par hall d'entrée.

Cité	Cage	Nombre d'allumages par an
Carnot	Carnot 103	16241
Carnot	Carnot 105	13042
Carnot	Carnot 107	1476
Carnot	Carnot 72Bis	24019
Voltaire	Voltaire 12	16178
Voltaire	Voltaire 29	4024
Voltaire	Voltaire 62	22957
Wilson	Wilson 37	23271
Wilson	Wilson 39	30112
Wilson	Wilson 43	17117
Wilson	Wilson 70	5205
	Moyenne	15786

Figure AT4.8 : nombre d'allumages annuel par hall d'entrée

Ces valeurs vont de 1.476 allumages/an (ce qui semble excessivement peu) à 24.019 allumages/an. En moyenne, dans l'état actuel des installations, on observe **15.786 allumages/an/minuterie** en hall d'entrée. Ceci représente une fréquence 1,5 fois plus faible que pour les couloirs.

Comment est-il possible qu'il y ait plus d'allumage dans les couloirs que dans les halls, puisque les halls d'entrée « voient » passer tout le monde? Pour plusieurs raisons :

■ les halls bénéficient toujours d'éclairage naturel, les couloirs jamais. Il est donc toujours obligatoire de recourir à l'éclairage artificiel dans les couloirs, pas dans les halls,

■ compte tenu de la densité maximum de passage dans le hall, il arrive fréquemment que plusieurs usagers s'y trouvent presque en même temps. Le fonctionnement de l'éclairage est alors continu et le nombre d'allumages supplémentaires est nul.

Le graphique de la figure AT4.9 représente le nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par hall d'entrée.

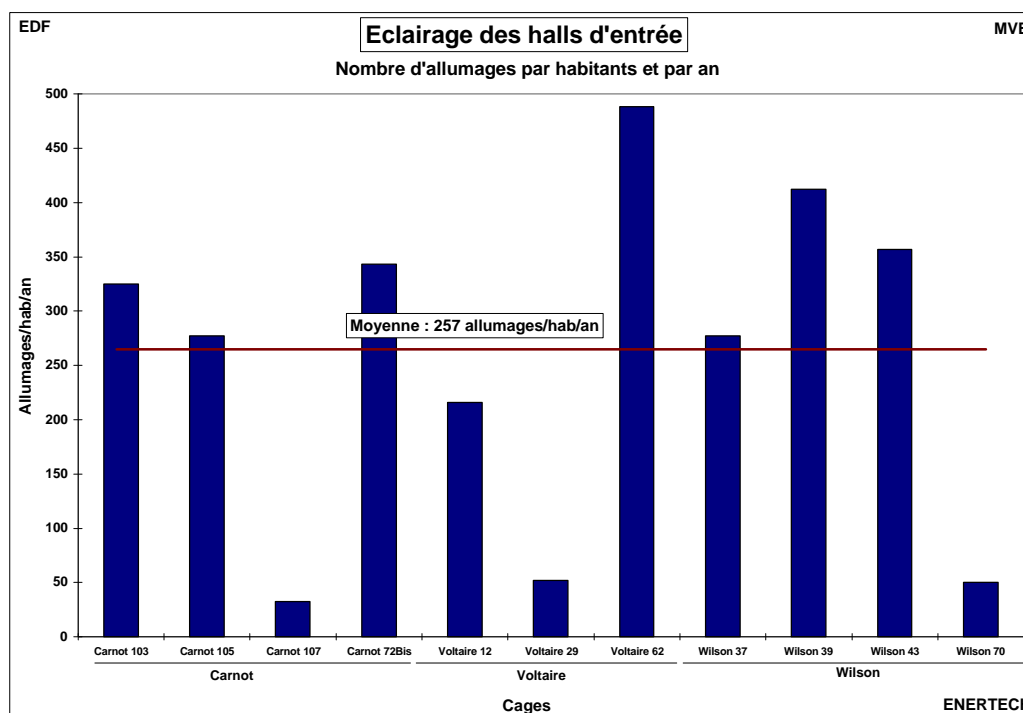


Figure AT4.9 : nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par hall d'entrée.

Le nombre d'allumages par habitant et par an varie de 33 à 488, soit une plage de variation de 1 à 14,8. En moyenne sur l'ensemble des cages il est de **257 allumages/hab/an**.

AT4-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE

AT4.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par hall d'entrée

La figure AT4.10 représente la durée de fonctionnement annuelle de l'éclairage des halls d'entrée.

Lorsqu'un hall possède un éclairage permanent et un éclairage sur minuterie (Wilson), seul l'éclairage sur minuterie fait bien évidemment l'objet de l'analyse qui suit.

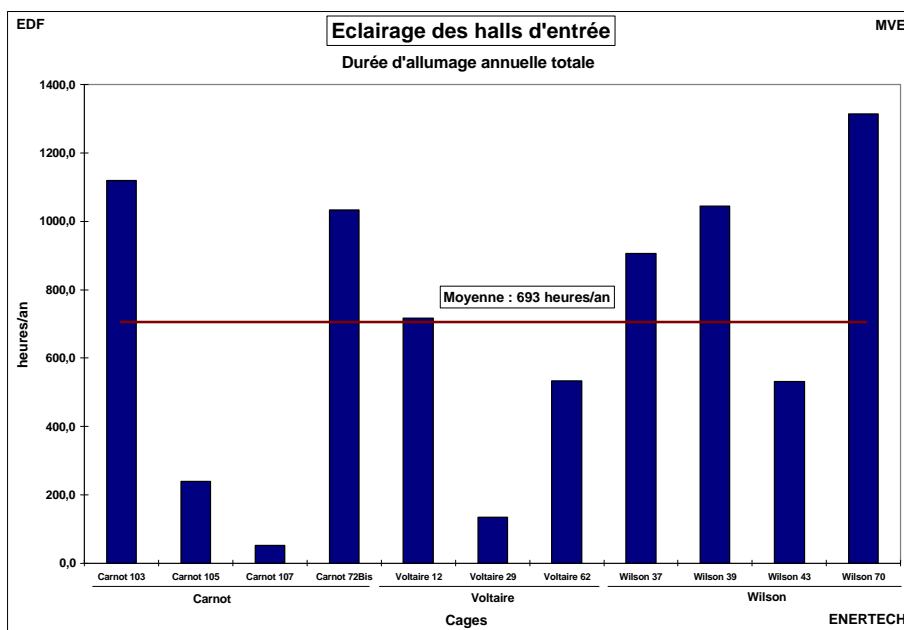


Figure AT4.10 : durée annuelle de fonctionnement de l'éclairage des halls d'entrée

Les différences très importantes observées ont déjà été expliquées dans ce qui précède. La valeur moyenne de **693 h/an** dans l'état actuel des solutions techniques et des réglages propres aux installations étudiées. Les valeurs extrêmes vont de 51 à 1.314 h/an.

AT4.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine

La figure AT4.11 représente la durée d'allumage des halls d'entrée en fonction du type de jours de la semaine.

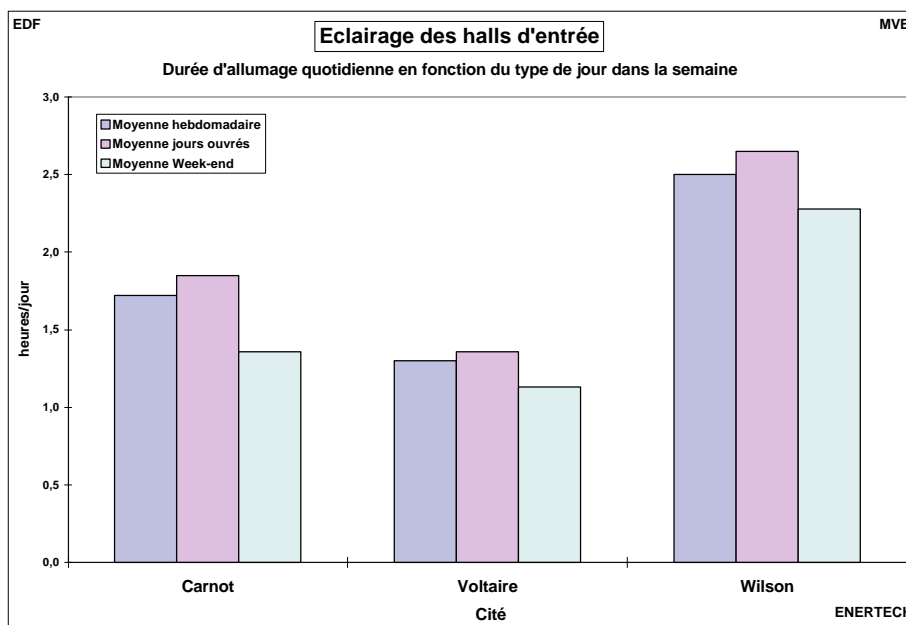


Figure AT4.12 : durée d'allumage des halls d'entrée en fonction des jours de semaine

On observe moins d'écart d'une opération à l'autre pour la durée de fonctionnement des éclairages de halls d'entrée que sur les autres types de circulation examinés précédemment. Comme pour ces autres types de circulation, on observe peu de variation entre les jours de semaine et les jours de week-end.

ANNEXE TECHNIQUE 5 : ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES ACCES PARKING

Observation préliminaire : Par accès parking, il faut entendre l'ensemble des escaliers et sas d'une même cage qui conduisent aux différents niveaux de parking. Seule l'opération de Wilson comporte des accès parking depuis l'intérieur du bâtiment.

AT5-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE

AT5.1.1 Consommation annuelle par accès parking

La figure AT5.1 représente la consommation annualisée de l'éclairage pour chacun des accès parking suivis.

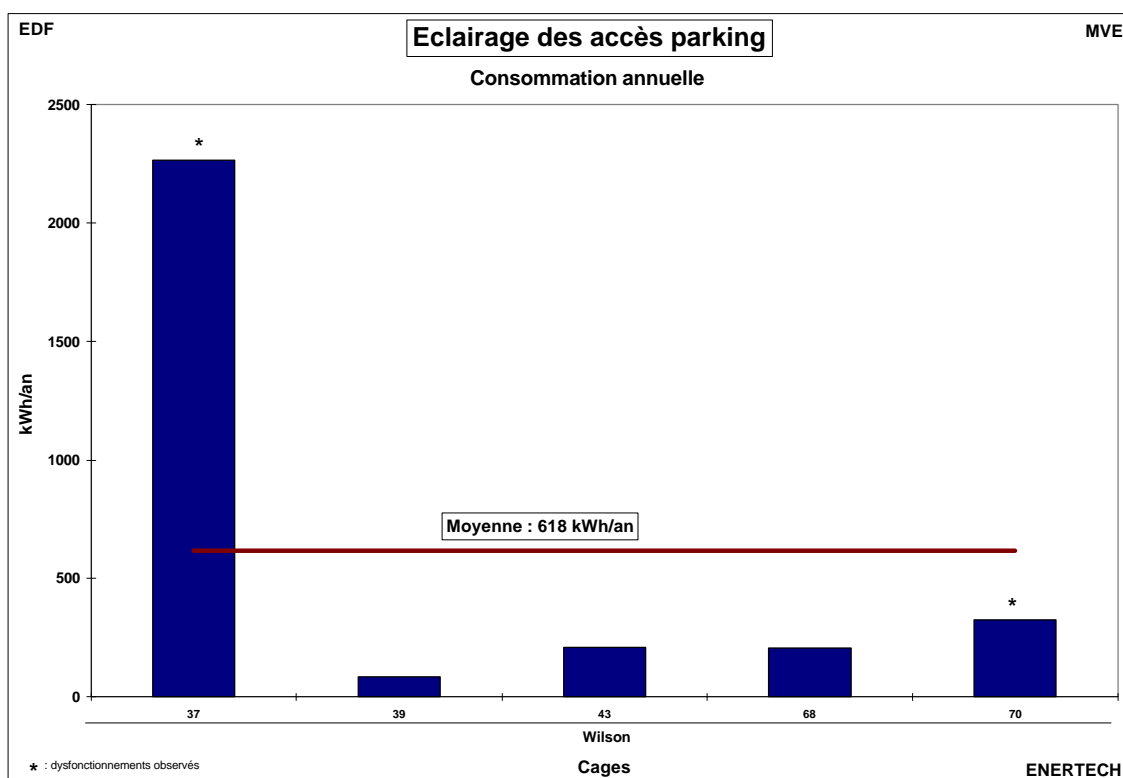


Figure AT5.1 : consommation annuelle totale par accès parking

On observe que :

■ bien que les cinq cages fassent partie du même ensemble immobilier, il y a de très grosses différences de consommation,

■ il existe aussi pour les accès parking des dysfonctionnements importants (voir Wilson 37 : éclairage continu sur toute la période de mesure) qui conduisent à des surconsommations pénalisantes qui déstabilisent complètement le niveau de consommation de l'usage en multipliant son niveau moyen (sur l'ensemble des cinq cages) par 3. Pire, **pour la cage concernée, le niveau de consommation de l'usage est 11 fois supérieur au niveau des autres cages,**

■ en moyenne la consommation annuelle d'un accès parking est de **618 kWh/an**, mais cette valeur, calculée sur 5 cages dont l'une a été en dysfonctionnement permanent, n'est pas très représentative. Si l'on exclut le dysfonctionnement (ce qui n'a pas été la méthode pour les autres usages, mais ici le dysfonctionnement représente 1 cage sur les 5, soit 20 % de l'échantillon), la consommation annuelle par accès parking est de **206 kWh/an**,

■ la durée des minuterics (voir § AT5-3) peut aller de 1 minute à7 minutes. Une minuterie de 7 minutes pour franchir deux niveaux et un espace de quelques mètres!

L'ensemble de ces facteurs explique que la consommation des accès parking peut parfaitement évoluer dans des plages importantes. Il est certain qu'un service identique pourrait être rendu avec une consommation d'électricité très inférieure.

AT5.1.2 Consommation annuelle par logement

La figure AT5.2 représente la consommation annuelle de l'éclairage des accès parking ramenée au logement.

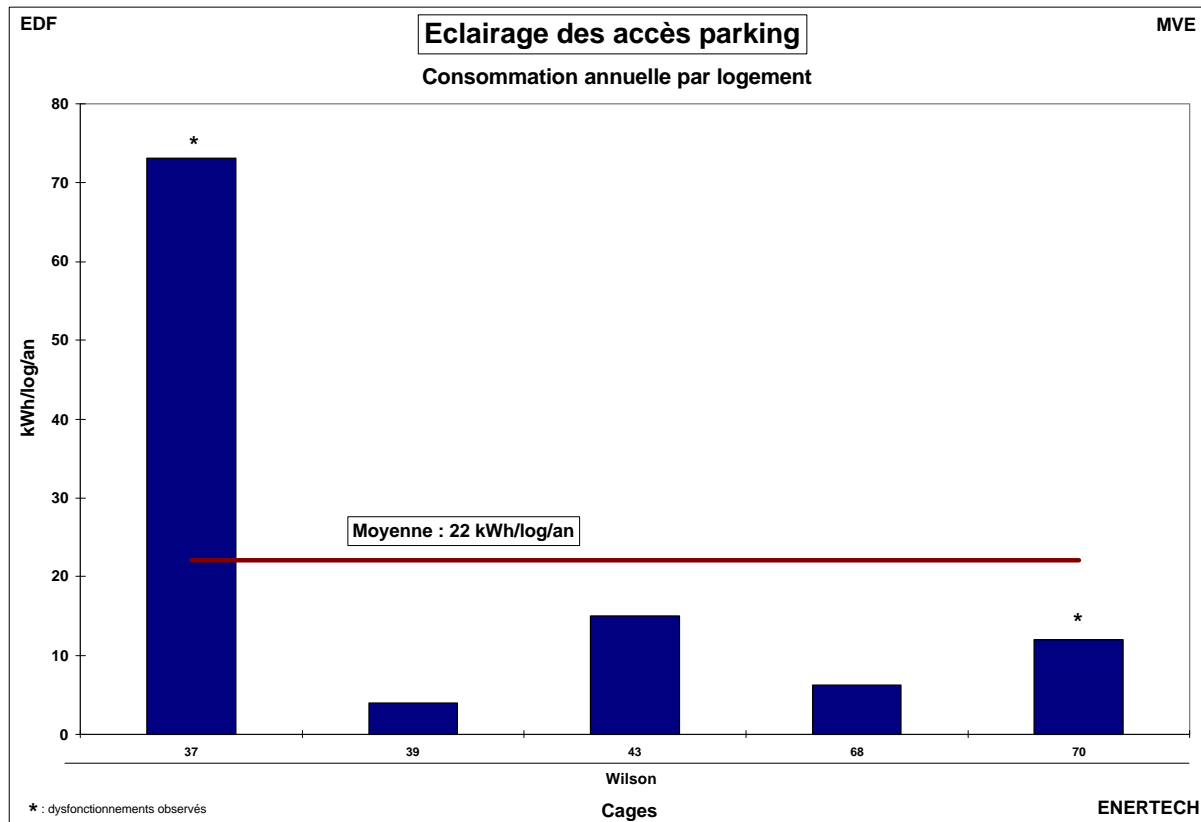


Figure AT5.2 : consommation annuelle par logement de l'éclairage des accès parking

En moyenne la consommation annuelle de l'éclairage des accès parking est de **22 kWh/log/an**, mais cette valeur peut varier de 4 à 73 kWh/log/an! Hors dysfonctionnement, cette valeur aurait été de 9,3 kWh/log/an.

AT5.1.3 Consommation annuelle par habitant

La figure AT5.3 représente la consommation annuelle de l'éclairage des accès parking par habitant.

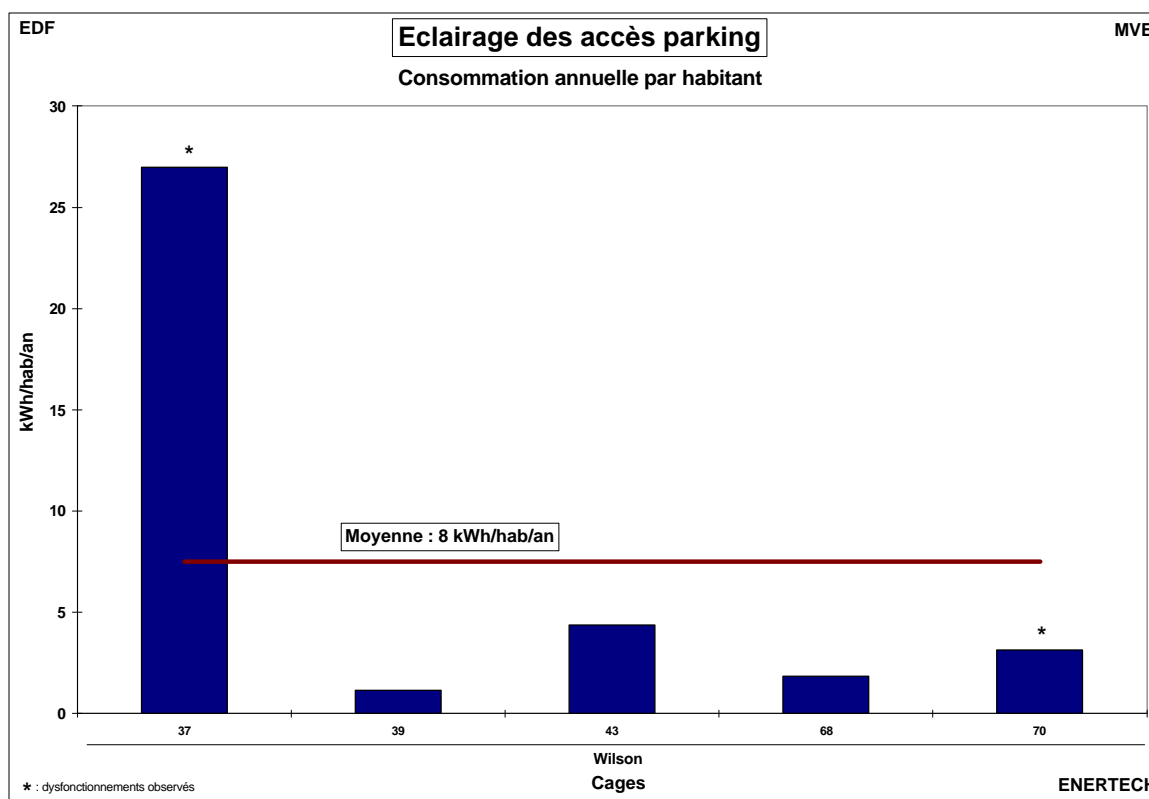


Figure AT5.3 : consommation annuelle par habitant de l'éclairage des accès parking

La consommation moyenne par habitant est de 8 kWh/an, soit 2.5 fois moins que la consommation des couloirs. Les valeurs s'étendent de 1 à 27 kWh/an. Si on supprime l'opération ayant présenté d'importants dysfonctionnements, les valeurs ne s'étendent plus que de 1 à 4.4 kWh/an. La consommation moyenne par habitant serait alors ramenée à 2.5 kWh/an. Comme pour les couloirs, il faudra trouver des systèmes de détection automatique des dysfonctionnements.

AT5-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE

La figure AT5.4 représente la répartition horaire de la consommation journalière moyenne de l'éclairage des accès parking pour l'ensemble des accès de l'opération Wilson.

Attention: exceptionnellement, la cage en dysfonctionnement a été retirée, car son poids aurait été trop important. Le graphique de la figure AT5.4 a été établi pour les seules cages dont le fonctionnement a été normal.

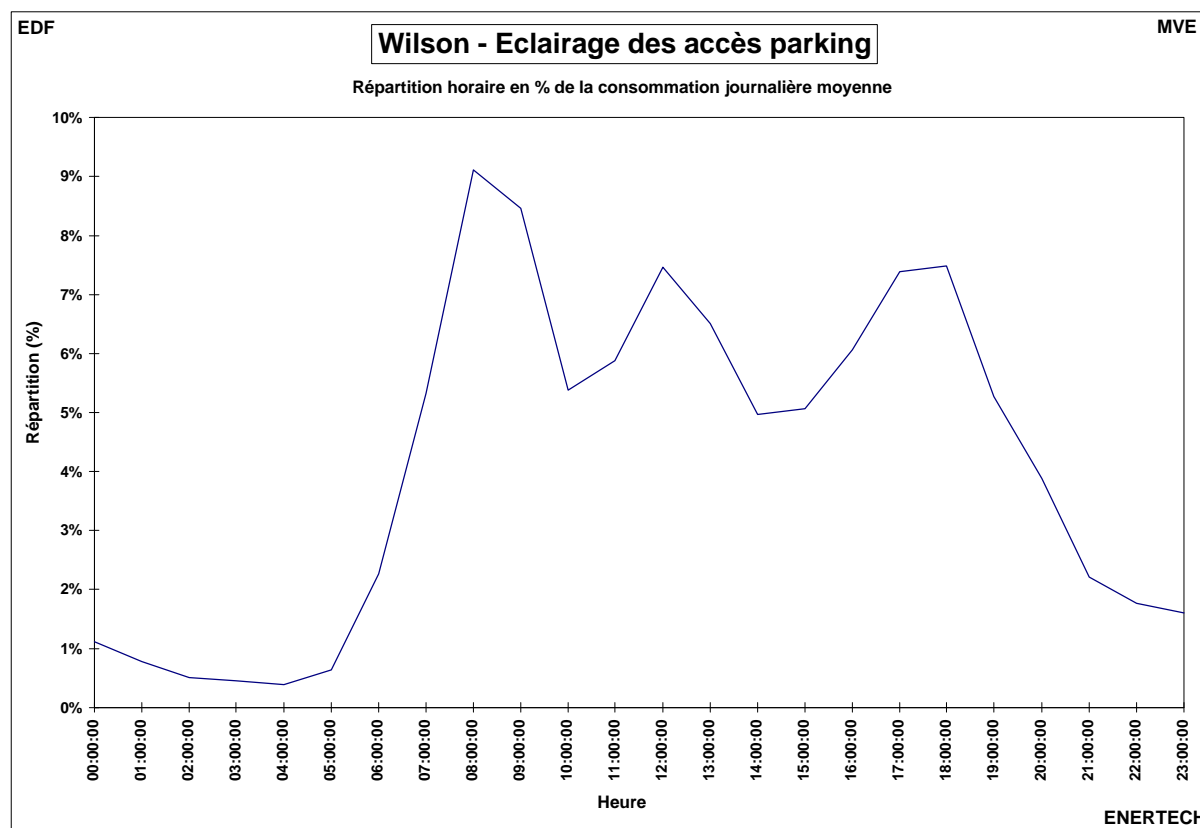


Figure AT5.4 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des accès parking de l'opération Wilson (hors dysfonctionnement)

On observe légitimement un poids plus important le matin, à midi et le soir. La part du matin est plus importante que celle des deux autres points.

AT5-3 DUREES DES MINUTERIES

La figure AT5.7 représente la durée des minuterias pour les différents accès parking. Tous ces accès parking sont identiques (2 niveaux d'escalier et deux sas) et il est donc étonnant d'observer que la durée des minuterias varie de 66 secondes à 420 secondes, soit un rapport 1 à 6,4. La moyenne générale est de 3,7 minutes. Comme pour les couloirs, il est probable au regard de la grande diversité des valeurs constatées, qu'une optimisation pourrait et devrait être faite sur la durée des minuterias des cages d'accès parking. On reste néanmoins très surpris, voire inquiet, devant une telle dispersion de valeurs, un peu comme si personne n'avait jamais réalisé que la consommation d'énergie était directement proportionnelle à la durée qu'on impose aux minuterias.

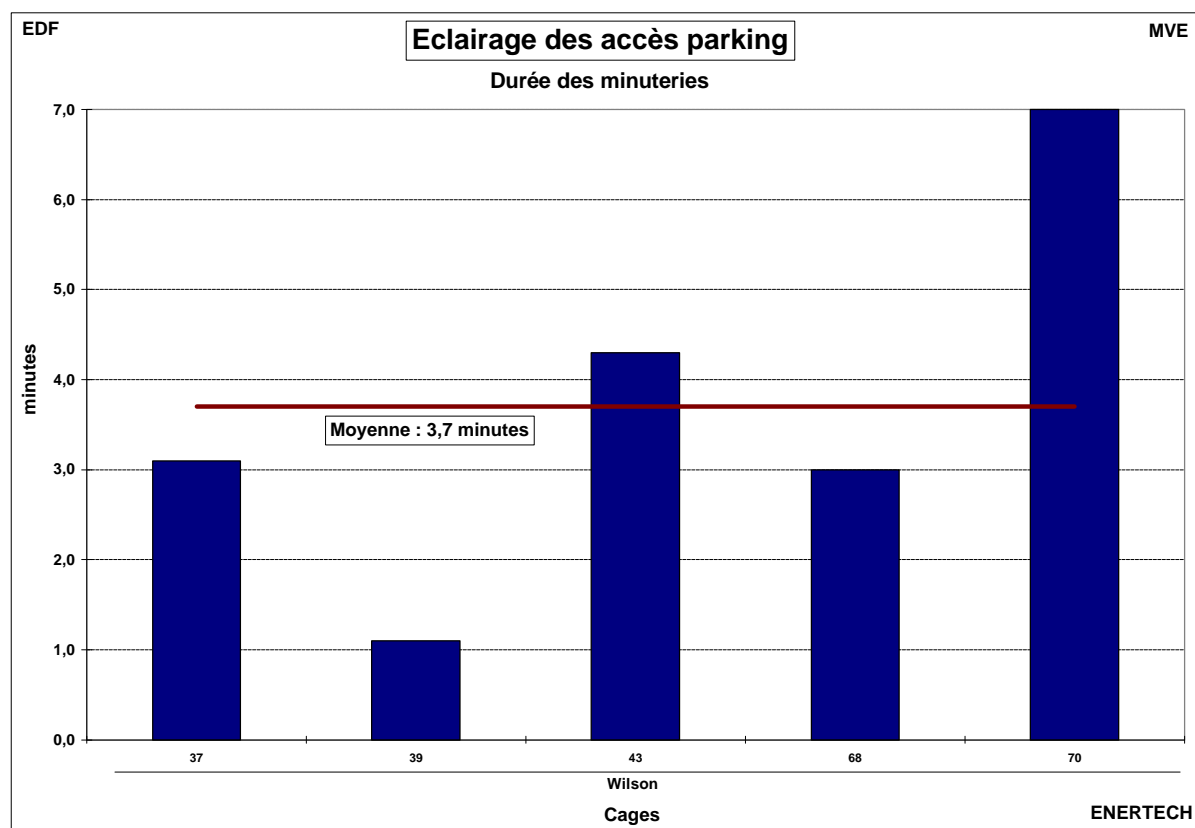


Figure AT5.7 : durée des minuteriers des différents accès parking

AT5-4 NOMBRE D'ALLUMAGES DES MINUTERIES

La figure AT5.8 représente le tableau du nombre d'allumages annuel total par accès parking.

Cité	Cage	Nombre d'allumages par an
Wilson	37	637
Wilson	39	21305
Wilson	43	17619
Wilson	68	18817
Wilson	70	11126
	Moyenne	13901

Figure AT5.8 : nombre d'allumages annuel par accès parking

On observe bien sûr un nombre d'allumages très faible pour la cage 37 qui a été en dysfonctionnement pendant très longtemps (86 % de la période d'observation).

Les valeurs vont de 637 allumages/an (cage 37) à 18.817 allumages/an. En moyenne, dans l'état actuel des installations, on observe **13.900 allumages/an/accès parking**, en tenant compte de la cage en dysfonctionnement. Si on exclut celle-ci, le nombre d'allumages annuel est de **17.217 allumages/an/accès parking**. Cette valeur est plus représentative de la réalité.

Si on applique cette valeur aux 5 cages, il y a annuellement 86.085 allumages de minuterie dans les accès parking, soit 236/jour (en comptant 365 j/an), soit 118 allers et retours de véhicules par jour pour un ensemble immobilier comprenant 124 logements et 155 places de parking. Ces chiffres sont cohérents.

Le graphique de la figure AT5.9 représente le nombre d'allumages annuel des minuteries par habitant et par accès parking.

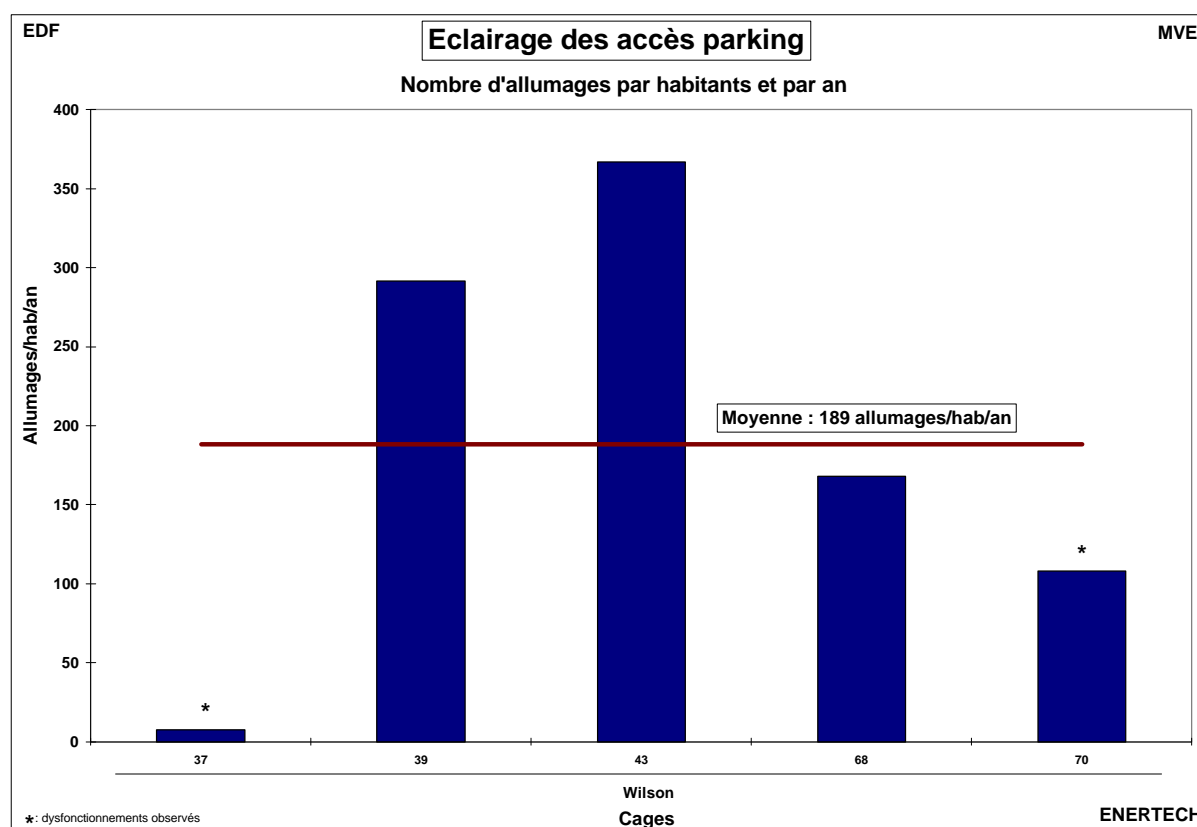


Figure AT5.9 : nombre d'allumages annuel des minuteries par habitant et par accès parking.

Si l'on exclut la cage en dysfonctionnement, le nombre d'allumages par habitant et par an varie de 108 à 367, soit une plage de variation de 1 à 3,4. En moyenne sur l'ensemble des accès parking on observe 189 allumages/hab/an si l'on tient compte de la cage 37, et **234 allumages/hab/an** si on l'exclut. En schématisant, cette dernière valeur traduit qu'un habitant sur 3 accède chaque jour au parking (aller + retour). Il y a en moyenne 3,38 hab/logt dans cet immeuble. Ces chiffres sont en cohérence.

AT5-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE

AT5.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par accès parking

La figure AT5.10 représente la durée de fonctionnement annuelle de l'éclairage des accès parking.

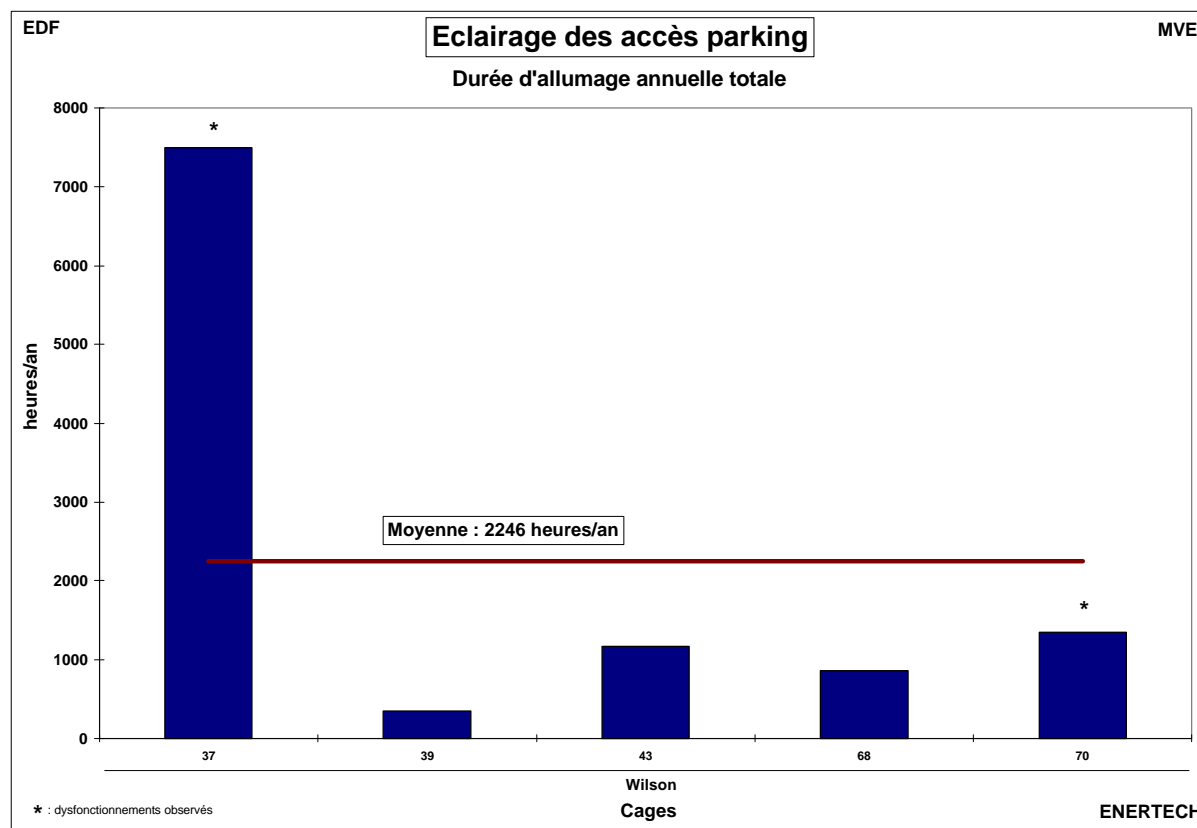


Figure AT5.10 : durée annuelle de fonctionnement de l'éclairage des accès parking

On observe des différences très importantes dans les durées de fonctionnement. L'origine est double :

- il y a bien sûr le dysfonctionnement sur la cage 37,
- il y a de grandes différences dans le nombre d'habitants d'une cage à l'autre, ce qui explique les écarts sur le nombre d'allumages et sur la durée de fonctionnement de l'éclairage.

La valeur moyenne est, en présence du dysfonctionnement, de 2.246 h/an, mais seulement de **933 h/an** si on l'élimine. C'est cette valeur qu'il conviendra de retenir.

AT5.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine

La figure AT5.11 représente la durée d'allumage moyenne par type de jour de semaine. La cage en dysfonctionnement a été éliminée pour tracer ce graphique. Les valeurs trouvées ont donc un caractère représentatif.

On observe que :

- la durée d'allumage varie très peu d'un type de jour à l'autre,
- en moyenne, la durée d'allumage quotidienne est de **2,6 h/jour**.

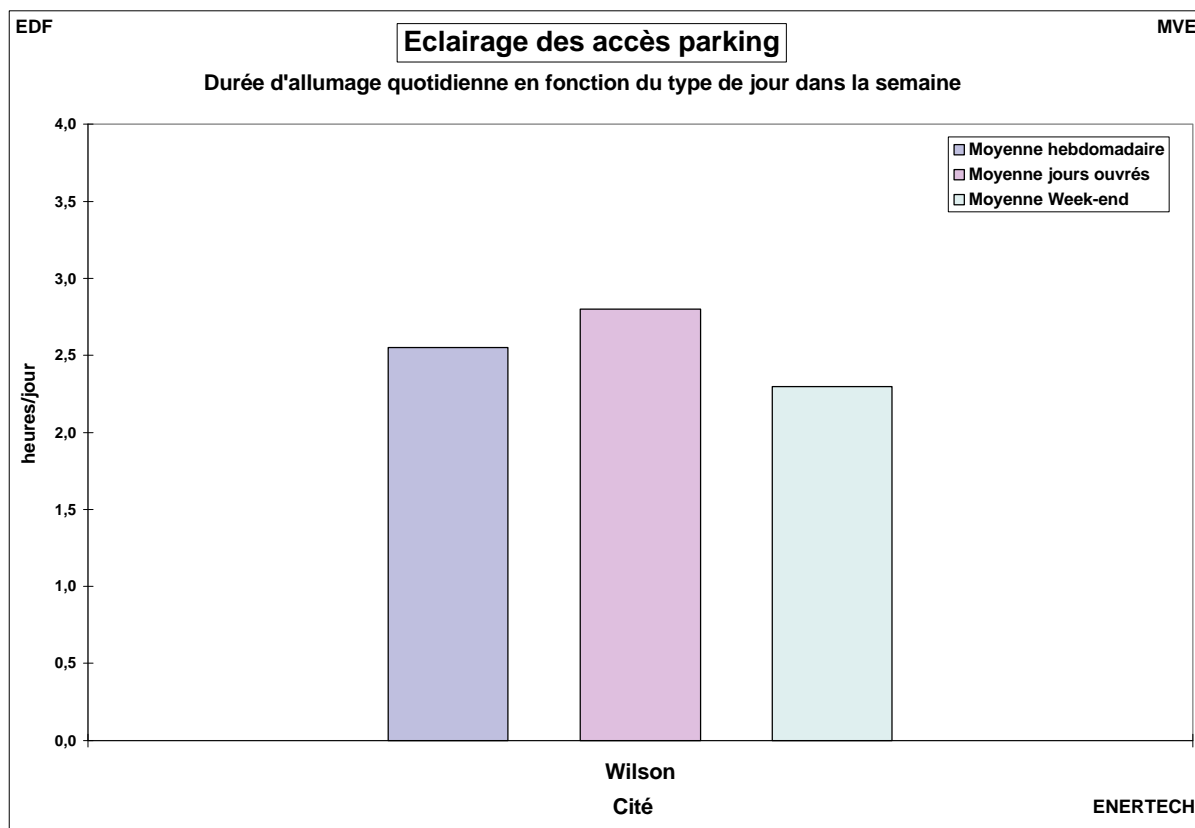


Figure AT5.11 : durée d'allumage des accès parking en fonction des jours de semaine

**ANNEXE TECHNIQUE 6 : ECLAIRAGE DES PARTIES
COMMUNES :
LES LOCAUX POUBELLES**

Observation préliminaire : nous avons rencontré deux types de locaux poubelles :

- les locaux en sous-sol situés en pied des vide-ordures (Wilson). Ces locaux, de par leur situation, ne bénéficient d'aucun éclairage naturel,
- les locaux poubelles situés au rez-de-chaussée et dans lesquels les usagers viennent directement déposer leur poubelle. Ces locaux disposent d'éclairage naturel (au moment de l'ouverture de la porte) et d'une minuterie sur le système d'éclairage (Carnot, Voltaire).

Dans les faits, on a constaté que les locaux du second type consommaient excessivement peu (de l'ordre de 1 à 3 kWh/an). Ceci est dû au fait qu'ils bénéficient d'un éclairage naturel suffisant pour leur destination, et que ce ne sont pas des locaux dans lesquels on séjourne volontiers...

En revanche, les locaux en sous-sol présentent des niveaux de consommation très supérieurs et posent des problèmes très spécifiques. **Ce qui suit est exclusivement consacré à ce type de locaux.**

AT6-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE**AT6.1.1 Consommation annuelle par local poubelles**

La figure AT6.1 représente la consommation annualisée de l'éclairage pour chacun des locaux poubelles suivis.

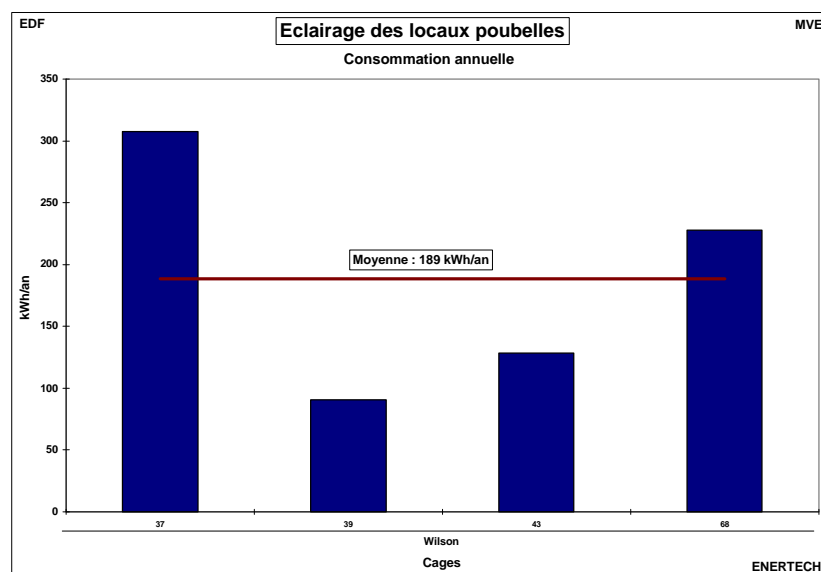


Figure AT6.1 : consommation annuelle totale par local poubelles

Remarque : bien que 5 mesureurs aient été posés dans les 5 locaux poubelles de l'opération, il ne figure que 4 cages dans la présente étude car l'un des mesureurs mis en place a disparu.

On observe que :

- en moyenne la consommation annuelle d'un local poubelles est de **189 kWh/an**,
- il existe des écarts très importants entre les différents locaux poubelles. Mais cette fois-ci il n'y a qu'une seule raison majeure puisqu'il n'existe que des interrupteurs et aucune minuterie dans ces locaux : il y a de très fréquents oublis et l'éclairage reste en fonctionnement permanent, soit toute la journée, soit toute la nuit, soit sur plusieurs jours (le maximum observé étant de 10 jours de fonctionnement continu). Sans tous ces oublis, la consommation d'éclairage d'un local poubelles ne devrait pas dépasser 15 ou 20 kWh/an (c'est à dire une heure de fonctionnement quotidien),
- la consommation des locaux poubelles varie de 91 à 308 kWh/an.

AT6.1.2 Consommation annuelle par logement

La figure AT6.2 représente la consommation annuelle de l'éclairage des locaux poubelles ramenée au logement.

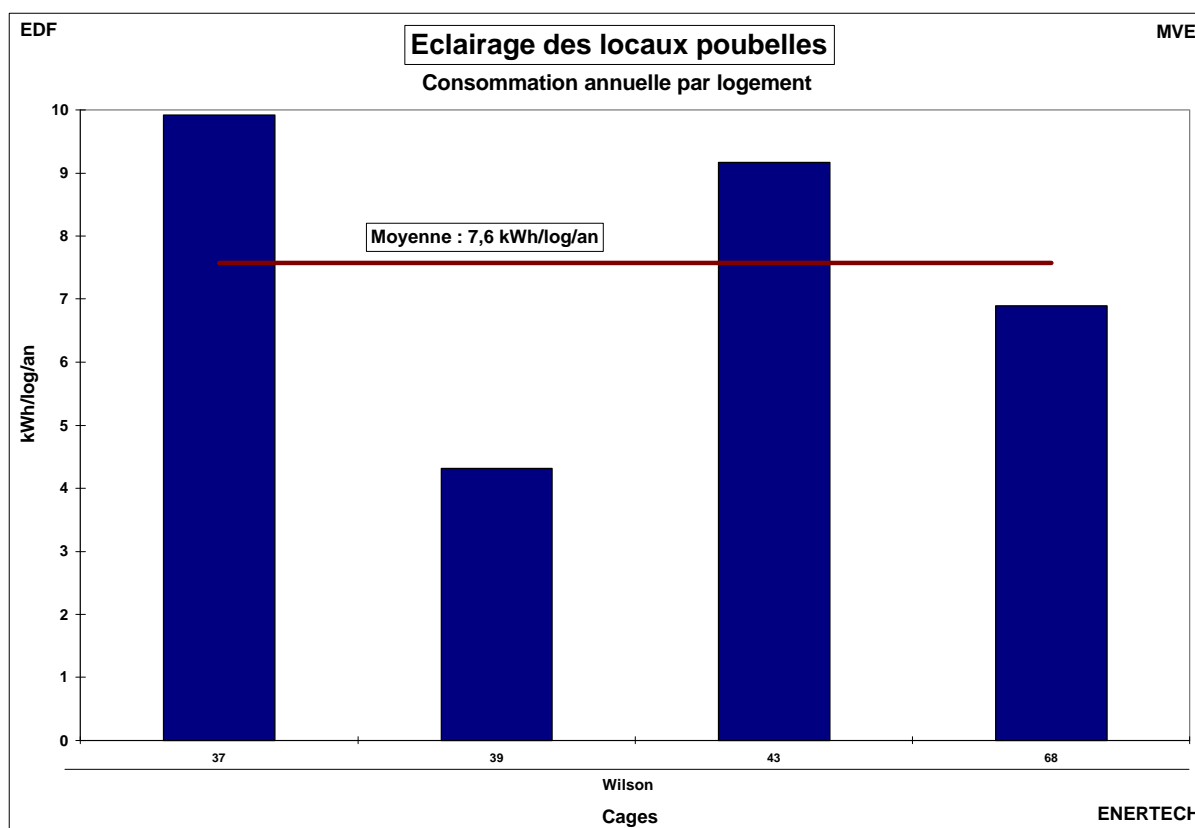


Figure AT6.2 : consommation annuelle par logement de l'éclairage des locaux poubelles

En moyenne la consommation annuelle de l'éclairage des locaux poubelles est de **7,6 kWh/log/an**, mais cette valeur peut varier de 4 à 10 kWh/log/an!

AT6.1.3 Consommation annuelle par habitant

La figure AT6.3 représente la consommation annuelle de l'éclairage des locaux poubelles par habitant.

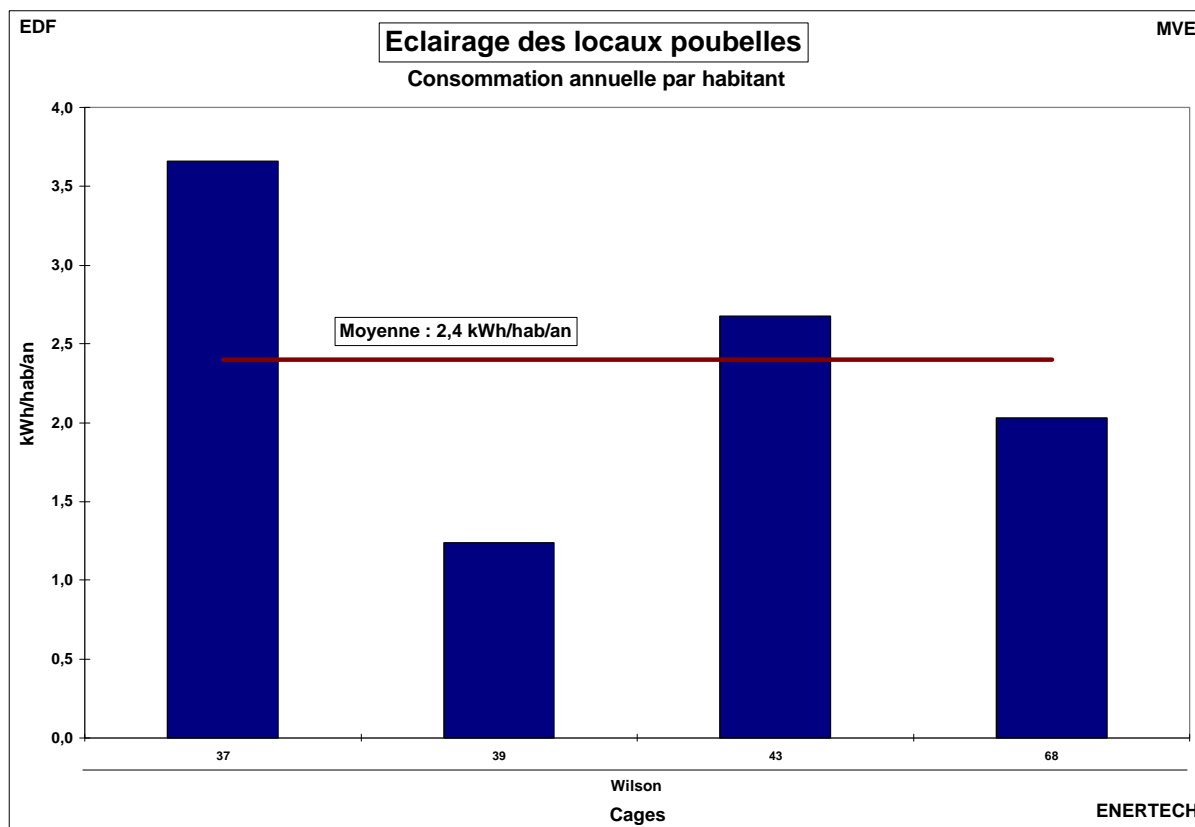


Figure AT6.3 : consommation annuelle par habitant de l'éclairage des locaux poubelles

La consommation moyenne par habitant est de **2,4 kWh/hab/an**. Les valeurs s'étendent de 1,2 à 3,7 kWh/an.

AT6-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE

La figure AT6.4 représente la répartition horaire de la consommation journalière moyenne de l'éclairage des locaux poubelles.

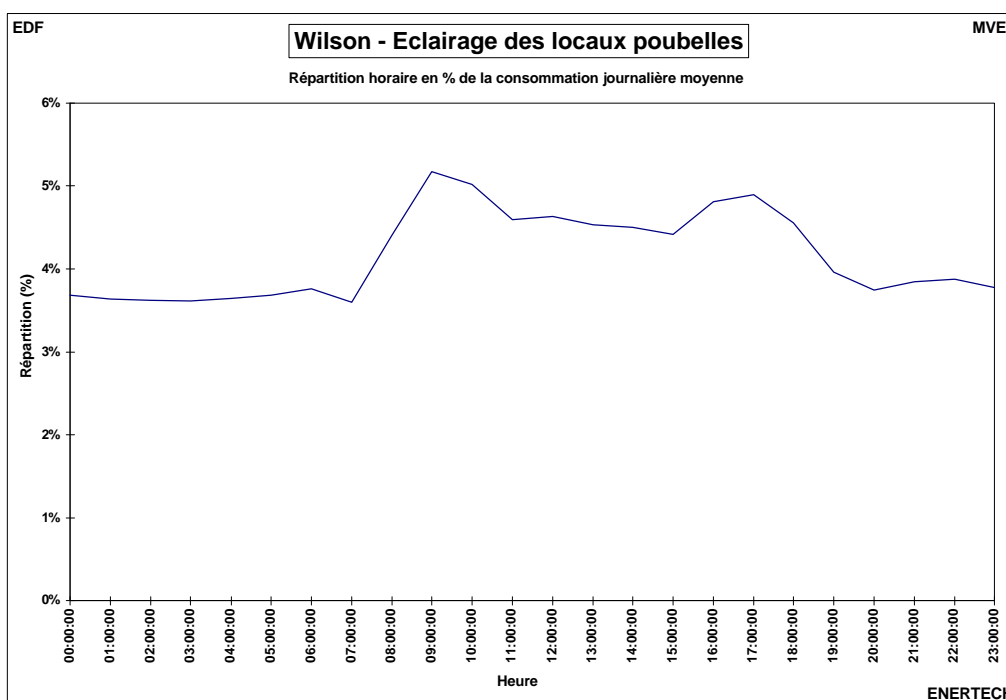


Figure AT6.4 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des locaux poubelles de l'opération Wilson

On remarque que :

- le mode de fonctionnement nominal des locaux poubelles apparaît presque en second plan sur ce graphique : c'est le matin vers 8-9 h et le soir vers 17-18 h,
- l'oubli de l'allumage apparaît très clairement sur ce graphique : la nuit d'abord, puisqu'il est peu probable que des usagers sortent les poubelles à ce moment là, mais aussi la journée on observe une fréquence encore supérieure à la nuit qui traduit bien qu'il existe des oublis spécifiques à ce moment là.

AT6-4 NOMBRE D'ALLUMAGES

La figure AT6.5 représente le tableau du nombre d'allumages annuel total par local poubelles.

Cité	Cage	Nombre d'allumages par an
Wilson	37	1191
Wilson	39	2388
Wilson	43	1731
Wilson	68	2430
Moyenne		1935

Figure AT6.5 : nombre d'allumages annuel par local poubelles

Ces valeurs vont de 1.191 allumages/an (soit 3,8 fois/j à raison de 6 jours/semaine) à 2.430 allumages/an (soit 7,8 allumages/j).

Le graphique de la figure AT6.6 représente le nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par local poubelles.

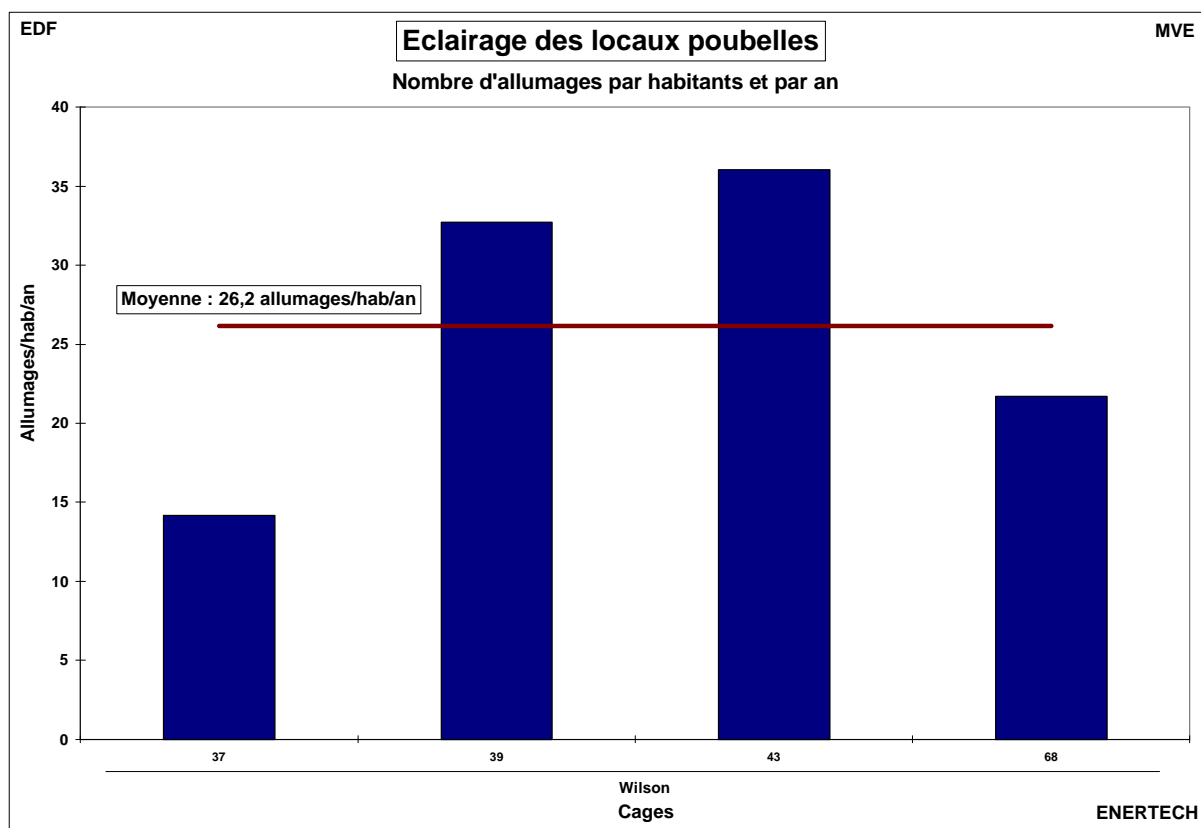


Figure AT6.6 : nombre d'allumages annuel des minuteriers par habitant et par local poubelles.

Le nombre d'allumages par habitant et par an varie de 14 à 36. Il est en moyenne de 26. Chaque habitant se rend donc en moyenne tous les 15 j au local poubelles.

AT6-5 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'USAGE

AT6.5.1 Durée de fonctionnement annuelle par local poubelles

La figure AT6.7 représente la durée de fonctionnement annuelle des éclairages de locaux poubelles.

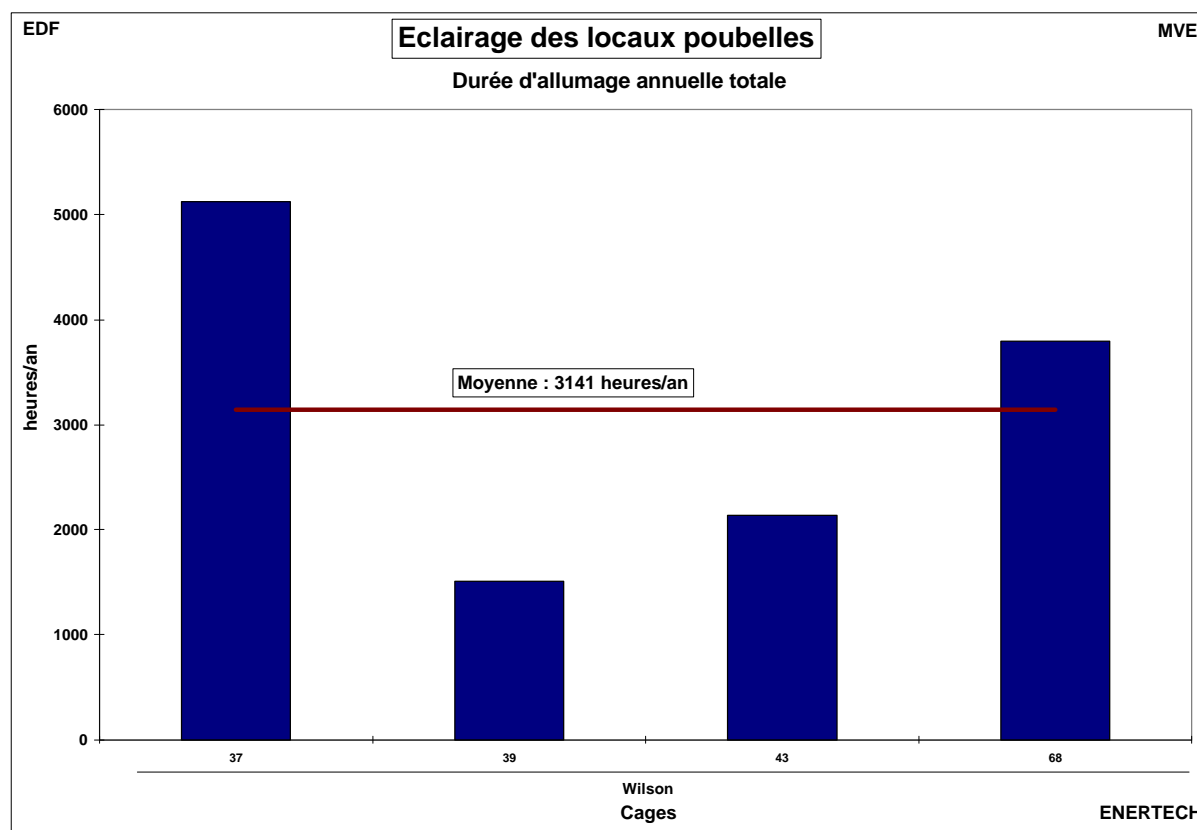


Figure AT6.6 : durée annuelle de fonctionnement de l'éclairage des locaux poubelles

La durée moyenne observée, 3.141 h/an, est très importante puisqu'elle représente un fonctionnement de 8,6 h/j en moyenne. Plus que sur tout autre usage, les dysfonctionnements obèrent complètement la consommation d'énergie de l'éclairage des locaux poubelles. On tire deux enseignements majeurs de cette observation :

- il est impossible dans un bâtiment de laisser à la disposition des usagers un interrupteur simple : ils l'oublient de façon quasi systématique,
- l'interrupteur à minuterie réglable incorporée doit devenir la règle pour les locaux poubelles.

AT6.5.2 Durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour de la semaine

La figure AT6.17 représente la durée d'allumage quotidien en fonction du type de jour dans la semaine.

On observe que :

- la durée d'allumage varie finalement assez peu d'un type de jour à l'autre, même si, comme on pouvait s'y attendre, la durée de fonctionnement est un peu inférieure le week-end par comparaison aux jours de semaine.

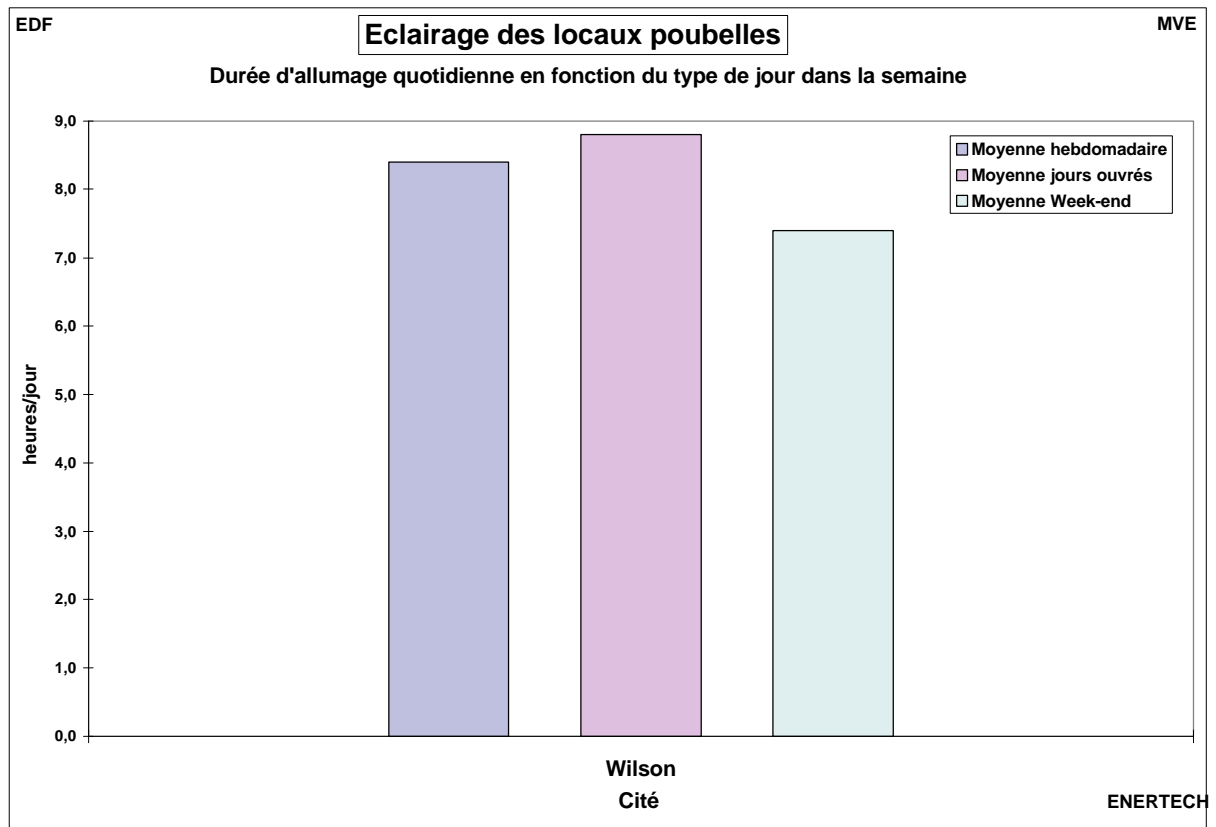


Figure AT6.7 : durée d'allumage des locaux poubelles en fonction des jours de semaine

**ANNEXE TECHNIQUE 7 : ECLAIRAGE DES PARTIES
COMMUNES :
LES PARCS DE STATIONNEMENT**

Observation préliminaire : Les trois opérations suivies disposent de parcs de stationnement en sous-sol. Ces parcs comportent 155 places (Wilson), 190 places (Voltaire) et 260 places (Carnot). L'éclairage est de deux types :

- un éclairage permanent 24h/24 sans aucune modulation de puissance (Voltaire),
- un éclairage permanent 24h/24 sur une partie des luminaires (un luminaire sur trois à Wilson (soit 33 %), et 42 % des luminaires à Carnot), et détecteurs de présence + poussoirs sur le reste des luminaires.

Tous les luminaires sont des tubes fluorescents (58 W), généralement montés en solo. Les modèles de luminaires sont très sommaires, sans réflecteur de lumière à l'arrière, donc avec un assez mauvais rendement lumineux. Toutes les parois des parcs de stationnement sont de couleurs sombres (béton + saleté) et absorbent la lumière au lieu de la réfléchir.

AT7-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE

AT7.1.1 Consommation annuelle par parc de stationnement

La figure AT7.1 représente la consommation annualisée de l'éclairage pour chacun des parcs de stationnement suivis.

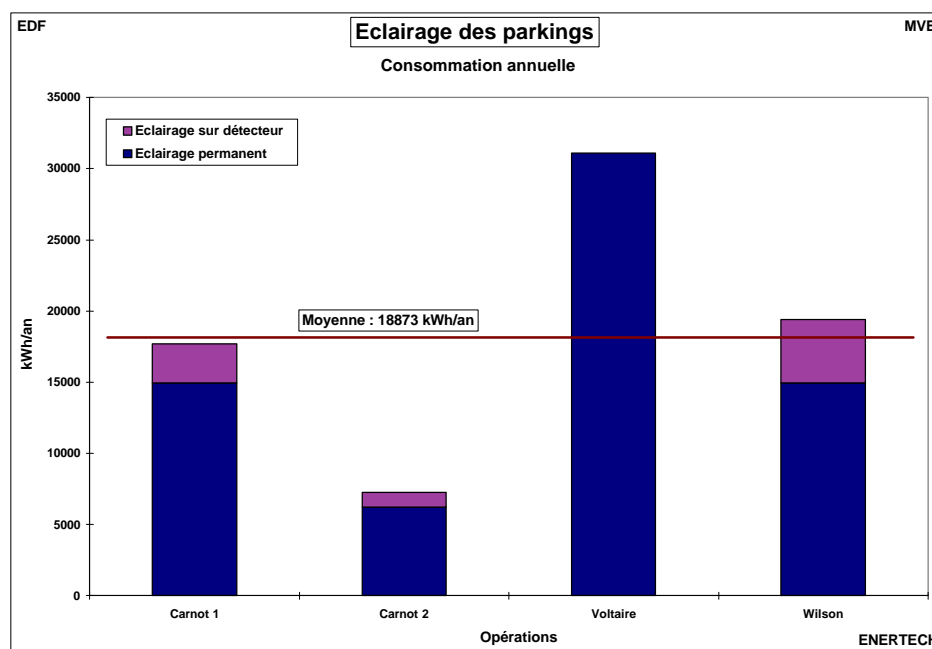


Figure AT7.1 : consommation annuelle totale par parc de stationnement

On note que :

■ en moyenne la consommation annuelle d'un parc de stationnement est de 18.873 **kWh/an**. Mais ceci est obtenu en distinguant Carnot 1 et Carnot 2. Si l'on considère que ces deux parcs sont ceux d'une seule opération, alors la consommation moyenne de l'éclairage d'un parc de stationnement est de **25.164 kWh/an**. C'est cette valeur qu'il faut garder à l'esprit.

■ la part de la consommation due aux détecteurs de présence, donc à la présence effective dans le parc, est de 15,8 % à Carnot 1, de 24,3 % à Carnot 2 et de 23,1 % à Wilson,

■ on est frappé par l'importance des consommations induites par le fonctionnement permanent de l'éclairage. Dans le cas de Voltaire (éclairage permanent), la part de la consommation du parc de stationnement dans la consommation totale des services généraux est de 31%. C'est le premier poste de consommation, et de très loin. Le coût annuel en électricité est d'environ 21.000 F, soit 200 F/log/an. Est-on certain que la solution adoptée répond de façon optimale à la question qui était posée : celle de la sécurité dans le parc? Les locataires bénéficient-ils de plus de sécurité lorsqu'ils dorment la nuit et que le parc est éclairé? La bonne réponse n'est-elle pas de dire : il faut que lorsqu'une personne pénètre dans le parc celui-ci soit éclairé. Mais il n'est point utile qu'il reste éclairé une fois que la personne en est sortie. Détecter la présence est la bonne réponse. Maintenir l'éclairage en continu répond très mal au problème et coûte surtout très cher,

■ il existe des écarts très importants entre les différents parcs de stationnement, indépendamment du fonctionnement permanent ou non de l'éclairage. L'explication de ces différences peut venir de :

- la durée des temporisations associées aux détecteurs de présence,
- le nombre et le type de luminaires en place : ces caractéristiques fixent la puissance installée. Ainsi a-t-on relevé les puissances suivantes (ballasts inclus) :

- Wilson : 30,1 W/place de stationnement,
- Carnot 1 : 38,8 W/place,
- Carnot 2 : 18,6 W/place,
- Voltaire : 17,9 W/place

Ces écarts de puissance électrique sont dans un rapport de 1 à 2,2 ce qui est très important pour assurer le même usage. Les différences de puissance installée se répercutent directement sur les consommations. Concernant l'opération Carnot, on est surpris que deux tranches d'une même opération puissent être équipées de puissance unitaire aussi différente. Une erreur dans le choix de luminaires simples ou doubles s'est peut-être produite au moment de la réalisation de l'une des tranches.

- le nombre de luminaires commandés par le même ballast. Il faut en effet savoir qu'un ballast consomme 13 à 14 W qui s'ajoutent à la consommation des tubes. Si bien qu'un tube seul de 58 W avec son ballast consommera 71-72 W, mais que deux tubes alimentés par le même ballast consommeront 129 W. Coupler le plus possible de tubes sur un même ballast est donc une solution plus économe,

- le trafic peut différer en fonction des usagers.

■ enfin, les parcs de stationnement ne présentent pas de dysfonctionnements, peut-être parce qu'il n'y a pas de minuteries.

AT7.1.2 Consommation annuelle par place de stationnement

La figure AT7.2 représente la consommation annuelle de l'éclairage des parcs ramenée à la place de stationnement. Le choix de référer la consommation à la place de stationnement plutôt qu'au logement ou à l'habitant tient au fait que le nombre de places de parc est souvent dimensionné pour pouvoir louer ces places à l'extérieur de l'immeuble. La taille de celui-ci et sa population n'ont donc plus grand chose à voir avec la consommation du parc.

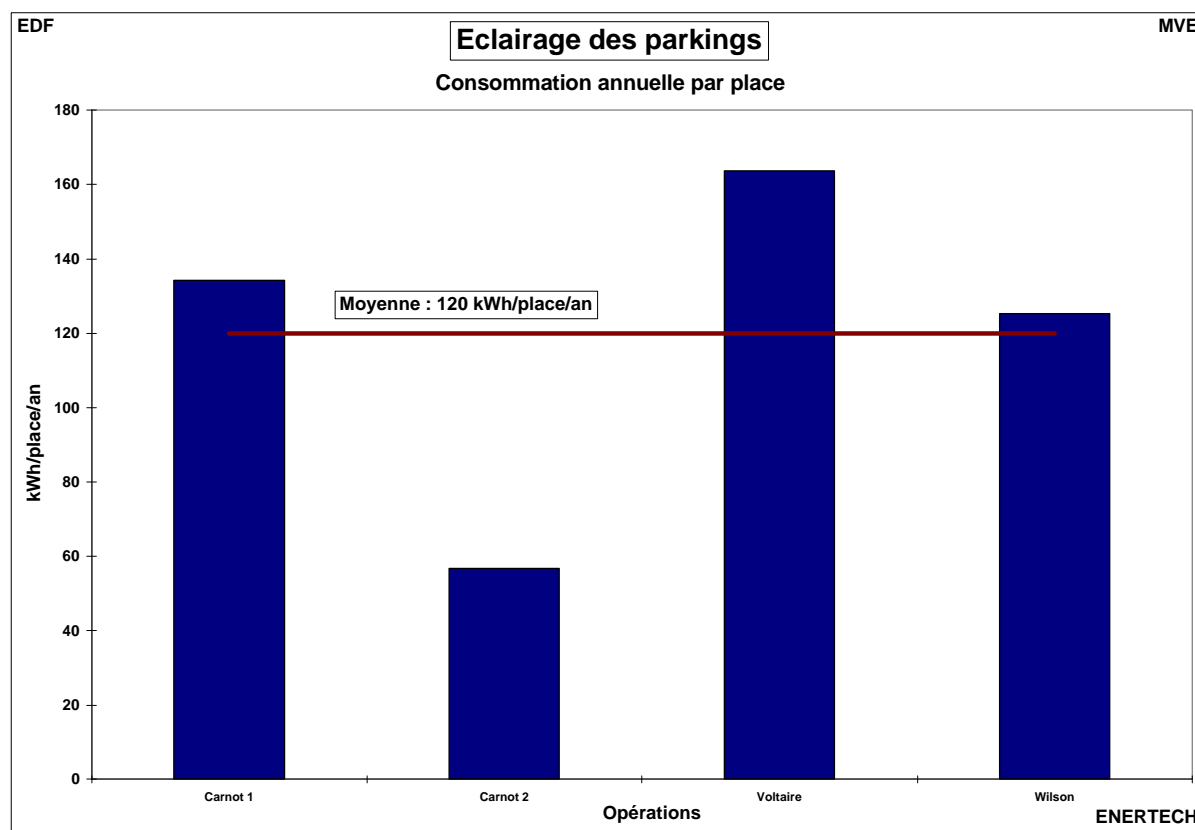


Figure AT7.2 : consommation annuelle de l'éclairage des parcs par place de stationnement

En moyenne la consommation annuelle de l'éclairage des parcs de stationnement est de **120 kWh/place/an**, mais cette valeur peut varier de 57 à 164 kWh/place/an.

Ces écarts s'expliquent assez simplement :

- d'abord par les niveaux de puissance installée. Les opérations disposant de la plus faible puissance par place de parc sont Carnot 2 et Voltaire. Comme Voltaire fonctionne en permanence c'est lui qui consomme le plus, et a contrario Carnot 2 dont une partie est sur détecteurs, présente la consommation la plus faible. Quant aux deux autres opérations dotées respectivement de 30,1 W/place (Wilson) et de 38,8 W/place (Carnot 1) ainsi que du même type d'asservissement de l'éclairage (idem Carnot 2), leurs consommations sont deux fois plus élevées que Carnot 2 et elles-mêmes sensiblement dans le rapport de leur puissance installée,

- ensuite par le type d'asservissement de l'éclairage (continu ou partiellement sur détecteurs).

La puissance installée et le type d'asservissement apparaissent donc comme les grands déterminants de la consommation spécifique des parcs de stationnement.

AT7-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE

Les figures AT7.3 à 5 représentent la répartition horaire de la consommation journalière moyenne de l'éclairage des parcs de stationnement pour les trois opérations suivies.

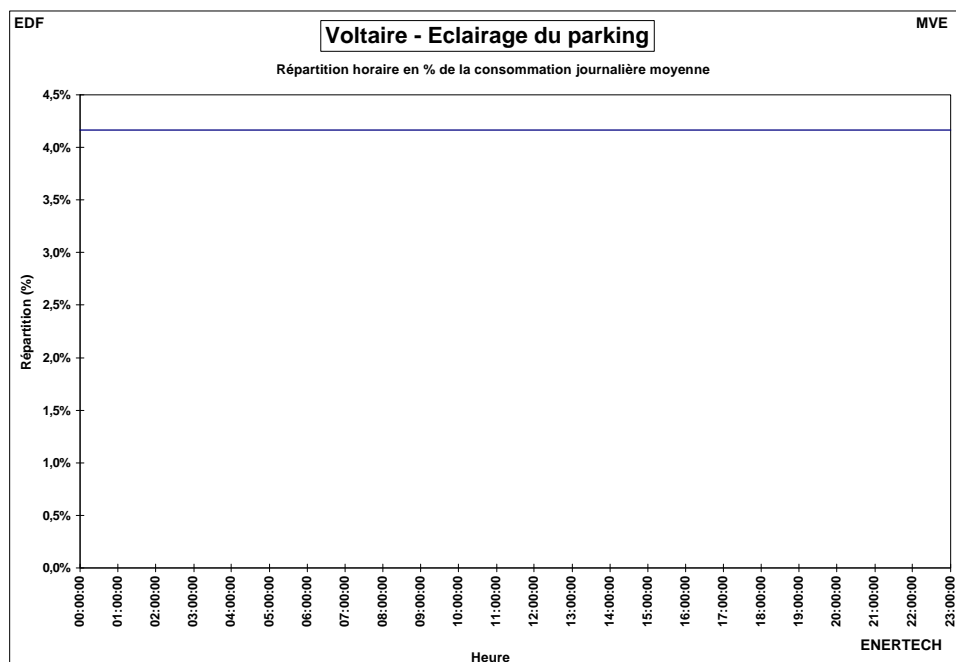


Figure AT7.3 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage du parc de stationnement de l'opération Voltaire

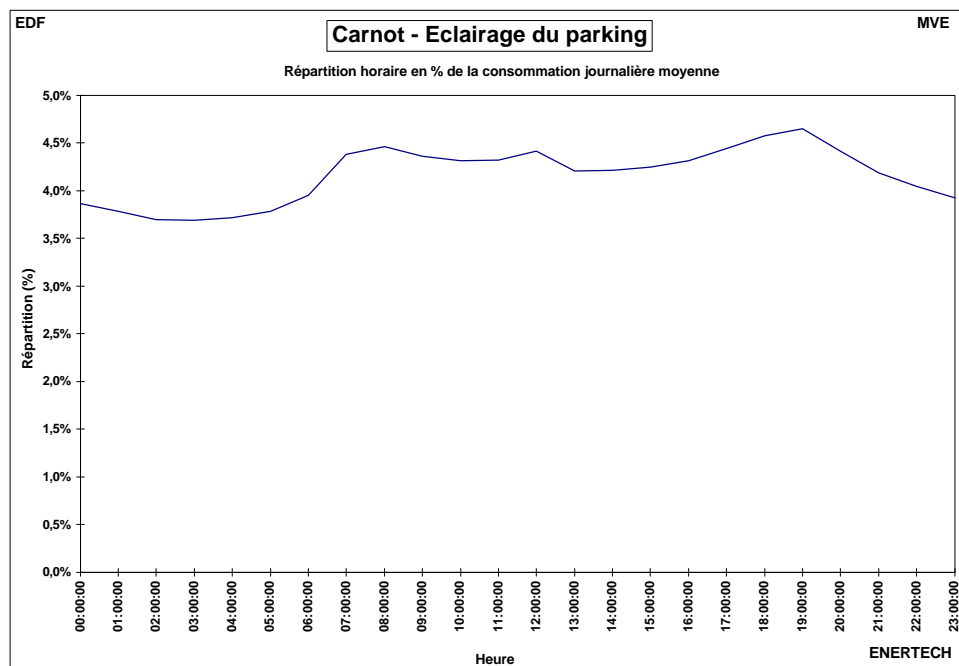


Figure AT7.4 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des parcs de stationnement de l'opération Carnot

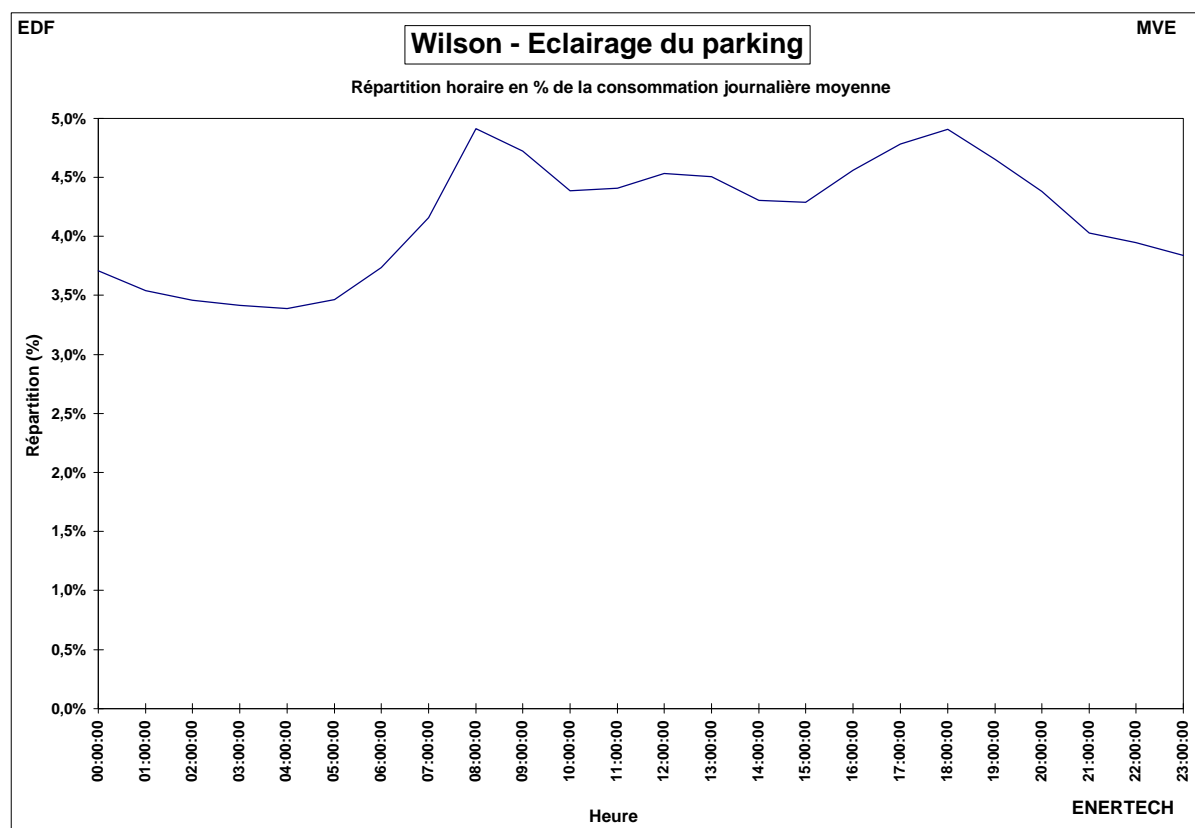


Figure AT7.5 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'éclairage des parcs de stationnement de l'opération Wilson

Ces trois graphiques ont en commun la base très importante constituée par l'éclairage permanent. A Voltaire il n'existe même plus que cette base. Sur les autres opérations, les trafics et les mouvements d'usagers s'observent par différence avec la base (dont la valeur peut être considérée comme le minimum observé vers 4 h du matin). Ces mouvements apparaissent comme marginaux par rapport à la base de l'éclairage permanent. Ils présentent des maximums à 8 h et vers 19-20 h.

Ces graphiques permettent peut-être mieux de réaliser ce que serait l'économie d'énergie si l'éclairage de ces parcs était entièrement asservi à des détecteurs de présence. On peut ainsi estimer qu'à Wilson l'économie minimum pourrait être de 82 % de la consommation actuelle, et à Carnot 89 %. Pour Voltaire on peut supposer que les ordres de grandeur seraient les mêmes, ce qui ferait 26.500 kWh/an d'économie, soit environ 18.500 F, soit encore 175 F/log/an.

AT7-3 REPARTITION DES CONSOMMATIONS EN FONCTION DES DIFFERENTES TRANCHES HORO-SAISONNIERES DE TARIFICATION DE L'ELECTRICITE

Il est souvent difficile pour un maître d'ouvrage de sélectionner correctement ses abonnements car il ne connaît pas la répartition de consommation des différents usages en fonction des tranches horo-saisonniers de la tarification EDF.

La figure AT7.6 représente, pour l'ensemble des cages étudiées, la répartition globale des consommations d'éclairage des parcs de stationnement pour les différents abonnements présents. Attention : cette répartition tient compte du type d'asservissement de l'éclairage. Tout autre type d'asservissement, notamment sur détecteur, conduirait à des répartitions très différentes.

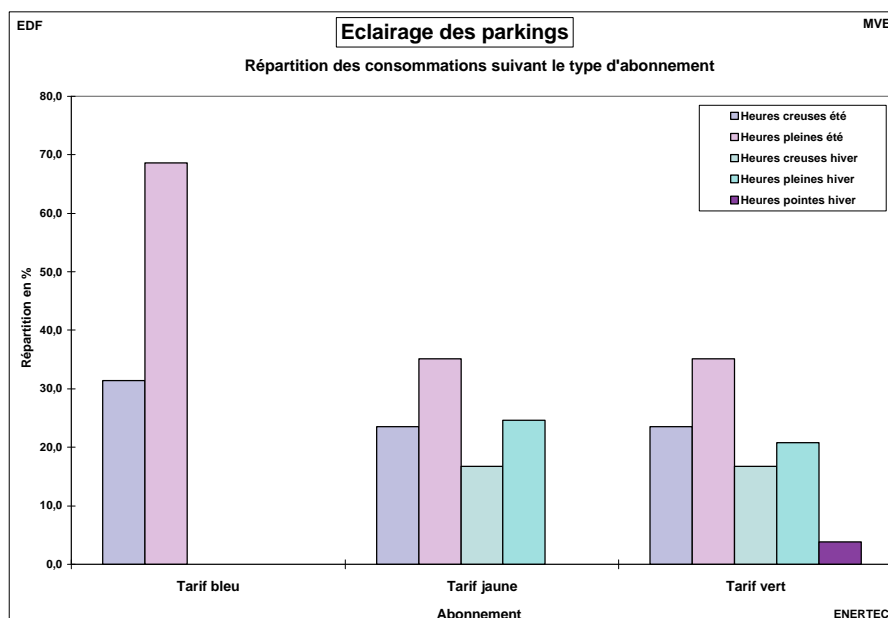


Figure AT7.6 : répartition des consommations suivant le type d'abonnement

Les figures AT7.7 à AT7.9 fournissent ce que serait cette répartition, opération par opération, pour chaque type de tarif EDF, et **dans l'état actuel de la consommation et de l'asservissement des luminaires.**

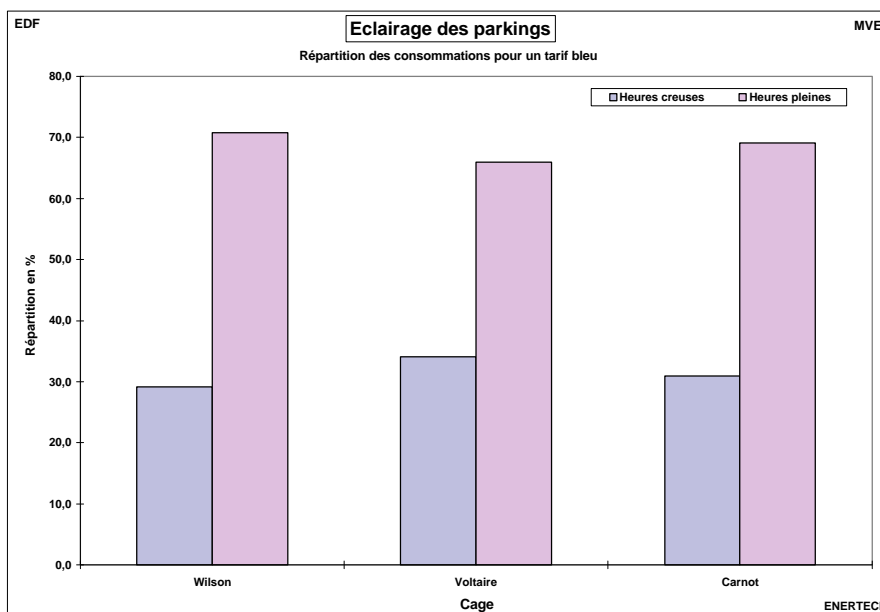


Figure AT7.7 : répartition des consommations en utilisant le tarif bleu

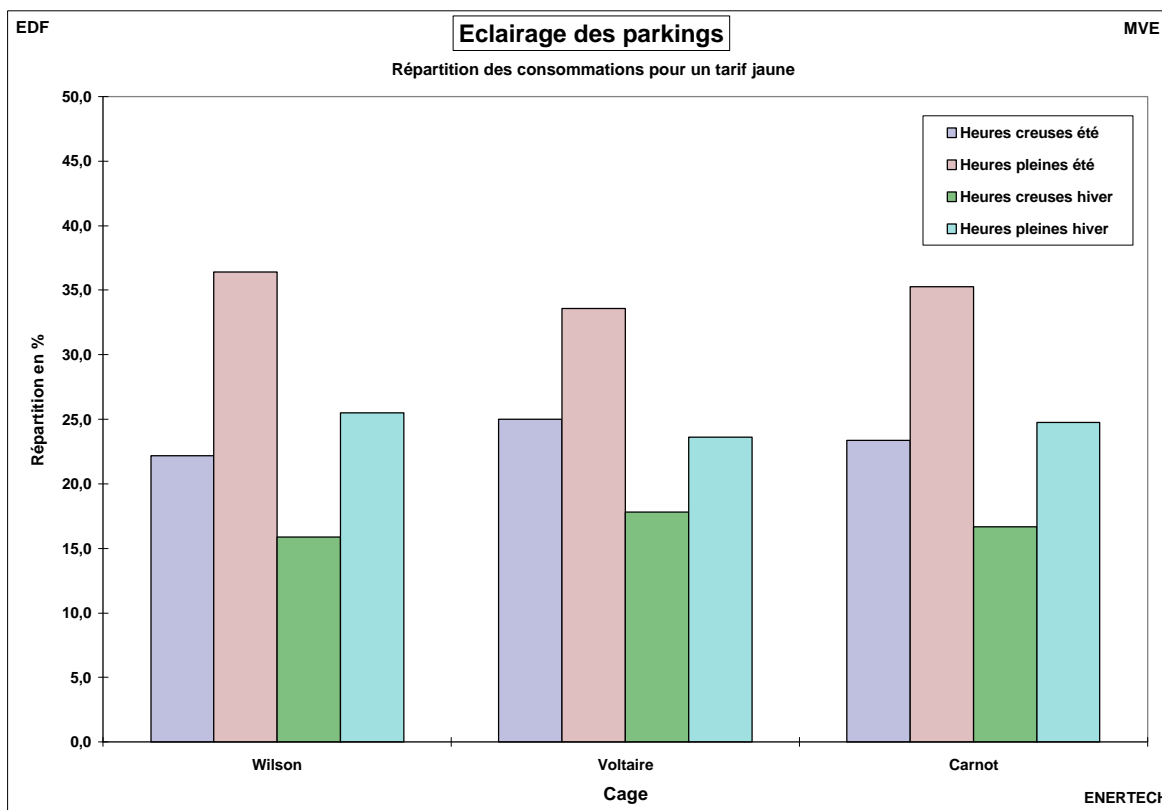


Figure AT7.8 : répartition des consommations en utilisant le tarif jaune

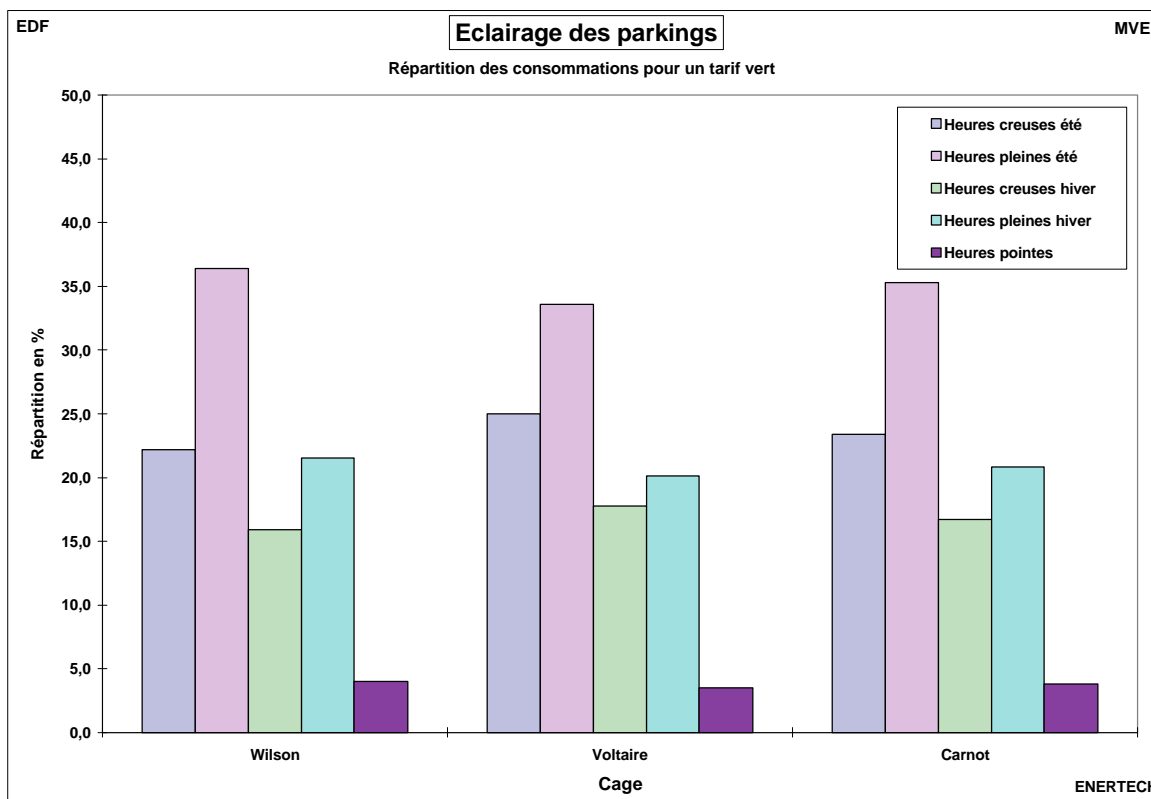


Figure AT7.9 : répartition des consommations en utilisant le tarif vert

ANNEXE TECHNIQUE 8 : LES ASCENSEURS

Observation préliminaire : toutes les opérations instrumentées comportaient, à l'exception de trois cages de l'opération Carnot, un ascenseur. Les ascenseurs étaient des cabines de charge utile 630 kg à Voltaire et Carnot, et des cabines de charge 1.000 kg à Wilson.

Seuls les ascenseurs de Wilson accèdent aux deux niveaux de parking. Dans les autres opérations, l'accès au parking s'effectue exclusivement par l'escalier.

Enfin, la cage 70 de Wilson est un R+10 et dispose de deux cabines desservant toutes les deux le rez-de-chaussée et les niveaux de parking, mais desservant pour l'une les étages paires et pour l'autre les étages impairs.

AT8-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE

AT8.1.1 Consommation annuelle par ascenseur

L'une des grandes particularités des ascenseurs est de consommer une part importante de leur énergie...à l'arrêt. En effet, on le sait peu, mais l'éclairage des cabines d'ascenseurs reste allumé 24h/24. Ceci répondait à une réglementation aujourd'hui caduque et qui exigeait un niveau minimum d'éclairage fixé à 50 lux en cas de panne. Pour se simplifier la tâche les constructeurs laissèrent la totalité de l'éclairage en fonctionnement permanent. Depuis le mois de juillet 1999, il existe une directive européenne autorisant l'arrêt total de l'éclairage lorsque la cabine est vide. Les constructeurs n'ont pas encore saisi tout l'intérêt de cette nouvelle disposition qui devrait pourtant permettre, comme on le verra, de réaliser des économies importantes pour un surcoût qui à court terme ne devrait même plus exister.

Mais à cette première consommation permanente s'en ajoute une seconde : comme dans beaucoup d'équipement, les ascenseurs sont pilotés par une armoire électrique de puissance comprenant de plus en plus souvent de l'électronique. Cet ensemble absorbe également une part importante d'énergie. La totalité de cette consommation de « veille » a généralement pu être mesurée sur chaque cabine.

Afin de mettre en évidence le poids de cette consommation, tous les graphiques ont été réalisés en faisant apparaître distinctement la part de la consommation permanente, et la part de la consommation liée au trafic et au moteur.

La figure AT8.1 représente la consommation annualisée des ascenseurs.

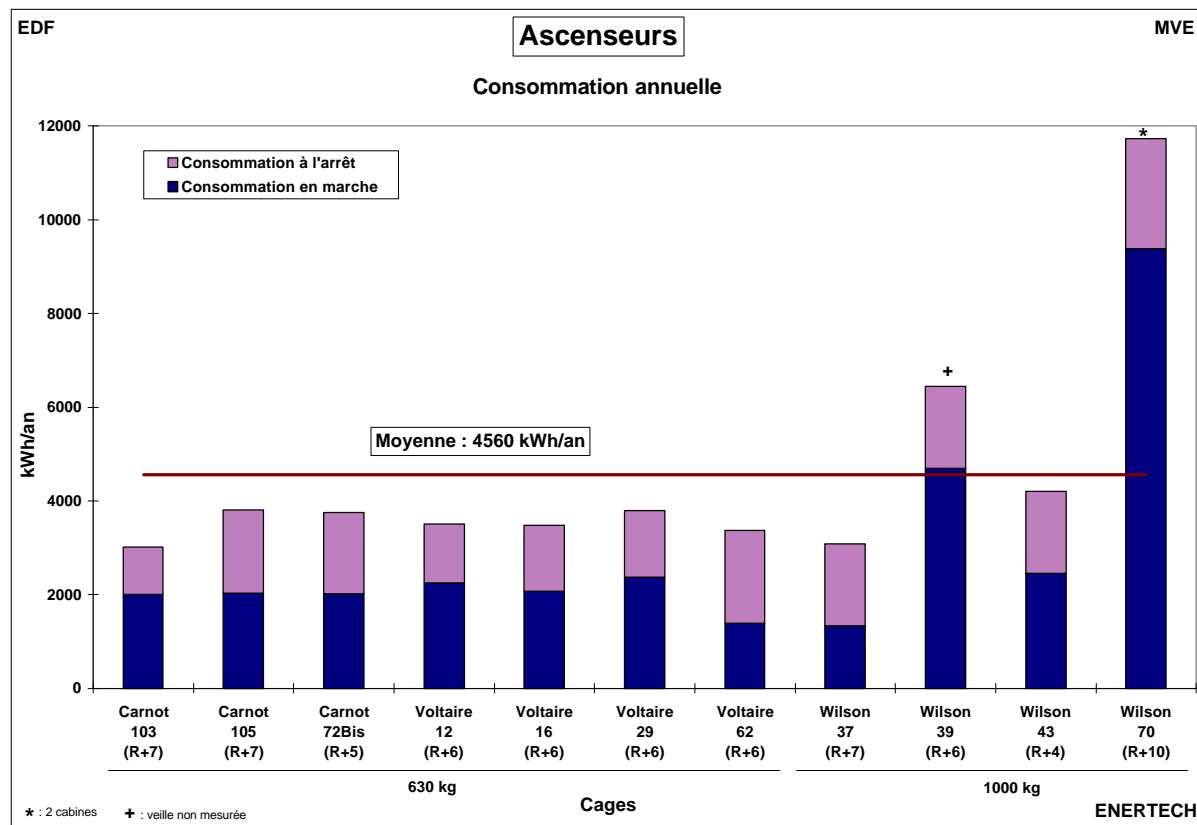


Figure AT8.1 : consommation annuelle totale par couloir

L'examen de la figure AT8.1 fait apparaître que :

- en moyenne la consommation annuelle d'un ascenseur est de **4.560 kWh/an**. Mais attention : cette valeur ne doit pas être prise comme un ratio général à utiliser sur toutes les opérations. Comme on le verra il dépend de nombreux paramètres, et notamment de la hauteur de l'immeuble et du nombre de logements par étage,

- la part des consommations fixes est, en moyenne, de **40,5 %**. Elle est en moyenne de **1.654 kWh/an**. Dans cette consommation, l'éclairage permanent de la cabine absorbe en moyenne **559 kWh/an**. La puissance lumineuse installée en cabine est très variable. Elle vaut en moyenne 64 W, mais peut être aussi bien de 18 ou de 100 W. Curieusement ces deux puissances extrêmes se trouvent sur deux ascenseurs identiques d'une même opération (Voltaire).

Le solde de la consommation de veille doit être absorbé par l'armoire et par le contrôle commande. Il vaut environ 1.100 kWh/an. Cette énergie paraît très importante pour la mission assurée par l'armoire électrique. Il est probable que l'attention des constructeurs n'a pour l'instant jamais été attirée sur cet aspect. Par expérience, nous savons aujourd'hui qu'en attachant un regard particulier aux consommations « de service » des équipements il existe de nombreux éléments d'optimisation qui permettent des réductions extrêmement conséquentes de consommation.

- la consommation de la cage Wilson 70 mérite un rappel : il s'agit de deux ascenseurs desservant pour l'un les étages pairs et pour l'autre les étages impairs mais desservant tous deux le rez-de-chaussée et les sous-sols. Le service rendu est assimilé à celui d'une seule cabine. C'est pourquoi nous avons mesuré la consommation des deux cabines ensemble et c'est cette consommation totale qui figure sur le graphique.

■ les consommations vont de 3.014 kWh/an à 11733 kWh/an. La consommation du moteur seul varie de 1333 kWh/an à 9372 kWh/an. Les facteurs explicatifs de ces différences sont connus et désormais bien identifiés :

- le nombre d'étages desservis, y compris les niveaux de sous-sol varie de 6 à 13,
- la charge totale admissible de la cabine, et donc sa propre masse, varie de 630 kg (Voltaire et Carnot) à 1000 kg (Wilson),
- le nombre d'habitants par étage
- la puissance lumineuse installée dans la cabine
- le surdimensionnement de la cabine est un élément très important de surconsommation, comme on le démontrera plus loin.

A ces facteurs propres aux opérations suivies on peut en ajouter d'autres qui n'ont pas été observés sur les machines étudiées :

- la vitesse ascensionnelle. Elle de 1,0 m/s sur les cabines étudiées, mais pourrait être de 0,63 m/s (ce qui serait favorable), et peut aussi dépasser 2 m/s,
- l'accélération de la cabine,
- la masse de la cabine,
- la nature de la manoeuvre (collective descente, etc.)
- la technologie utilisée : tous les ascenseurs sont ici du type « à contrepoids ».

Cette technologie consomme 2,5 à 3 fois moins que la technologie « hydraulique » aussi appelée « à vérin ». D'un encombrement plus faible, les machines à vérin ont souvent été recherchées par les architectes, mais elles sont redoutablement plus consommatrices et doivent être évitées à tout prix.

L'ensemble de ces facteurs explique que la consommation des ascenseurs puisse parfaitement évoluer dans des plages de 1 à 7. Il existe pourtant des dispositions qui permettent, à service rendu identique, de réduire de façon importante la consommation d'électricité.

AT8.1.2 Consommation annuelle par logement

La figure AT8.2 représente la consommation annuelle des ascenseurs ramenée au logement.

En moyenne la consommation annuelle des ascenseurs est de **224 kWh/an**, mais cette valeur peut varier de 99 à 435 kWh/an.

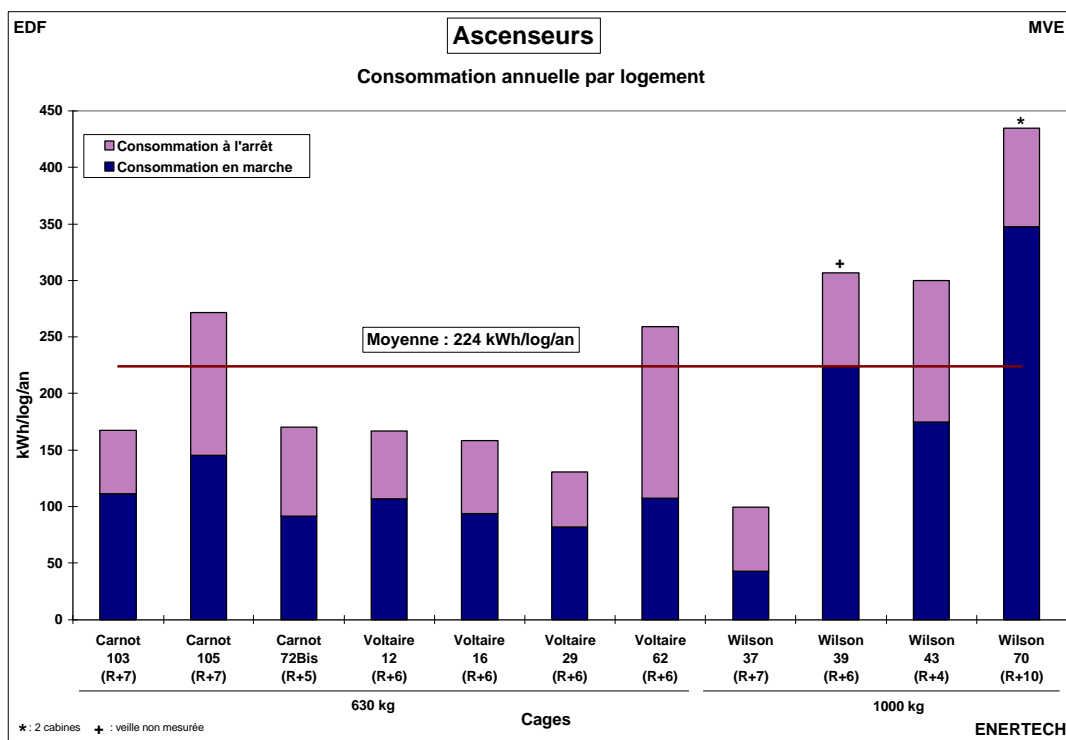


Figure AT8.2 : consommation annuelle par logement des ascenseurs

AT8.1.3 Consommation annuelle par habitant

La figure AT8.3 représente la consommation annuelle des ascenseurs par habitant.

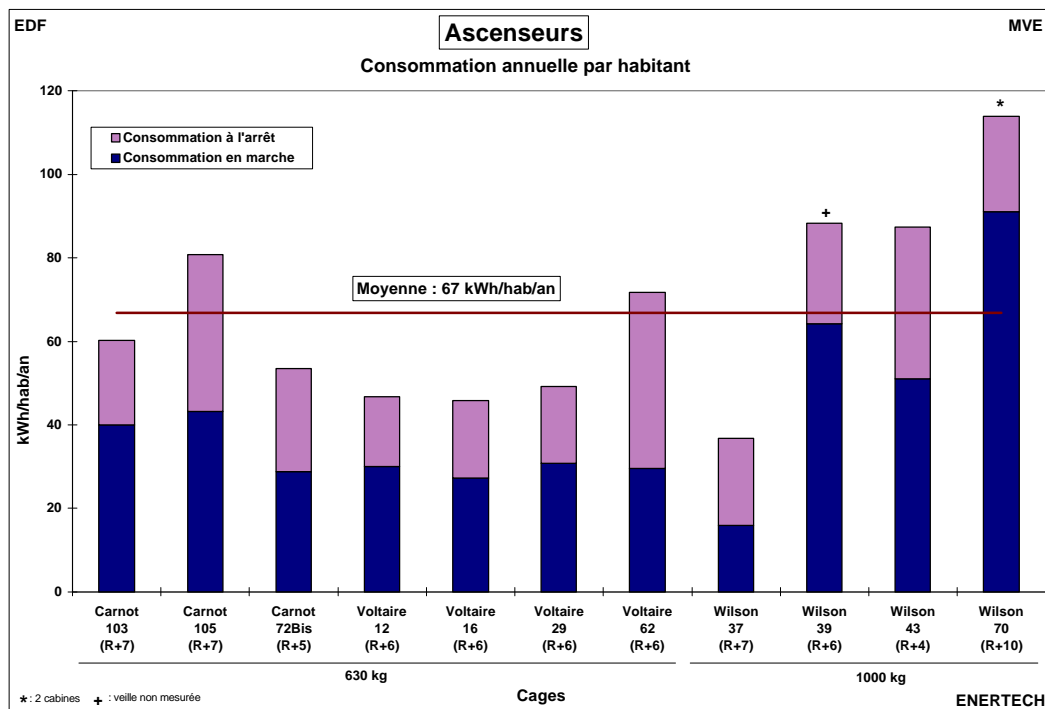


Figure AT8.3 : consommation annuelle par habitant des ascenseurs

La valeur moyenne est de **67 kWh/hab/an**. Les valeurs s'étendent de 37 à 114 kWh/an, soit une plage de 1 à 3,1. En effaçant la consommation permanente, la consommation moyenne par habitant serait alors ramenée à 41 kWh/hab/an.

AT8.1.4 Consommation annuelle par « étage.habitant »

Les dénominateurs communs examinés jusqu'à présent, à savoir la référence au nombre de logements ou d'habitants ne sont pas très satisfaisants car il leur manque une notion importante pour qualifier un ascenseur : le nombre d'étages. Il nous est venu l'idée d'introduire la notion « d'étage.habitant » qui semble être une assez bonne caractéristique d'une opération immobilière.

Le nombre d'étage.habitants d'un immeuble est la somme sur tous les niveaux habités des produits du rang de chaque étage par le nombre d'habitants qui résident à cet étage. Dix personnes vivant au 5^{ème} niveau compteront pour 10x5 = 50 étage.habitants. Rappelons l'hypothèse faite en début d'étude : il habite n personnes dans un logement de type Tn.

$$N_{eh} = \sum_{i=1}^n (N_{hi} * i)$$

où :

- N_{eh} = nombre d'étage.habitants de l'immeuble
- n = nombre total de niveaux habités de l'immeuble au-dessus du rez-de-chaussée (n=6 pour un bâtiment R+6)
- N_{hi} = nombre d'habitants de l'étage n° i

La figure AT8.4 représente la consommation annuelle des ascenseurs par étage.habitant.

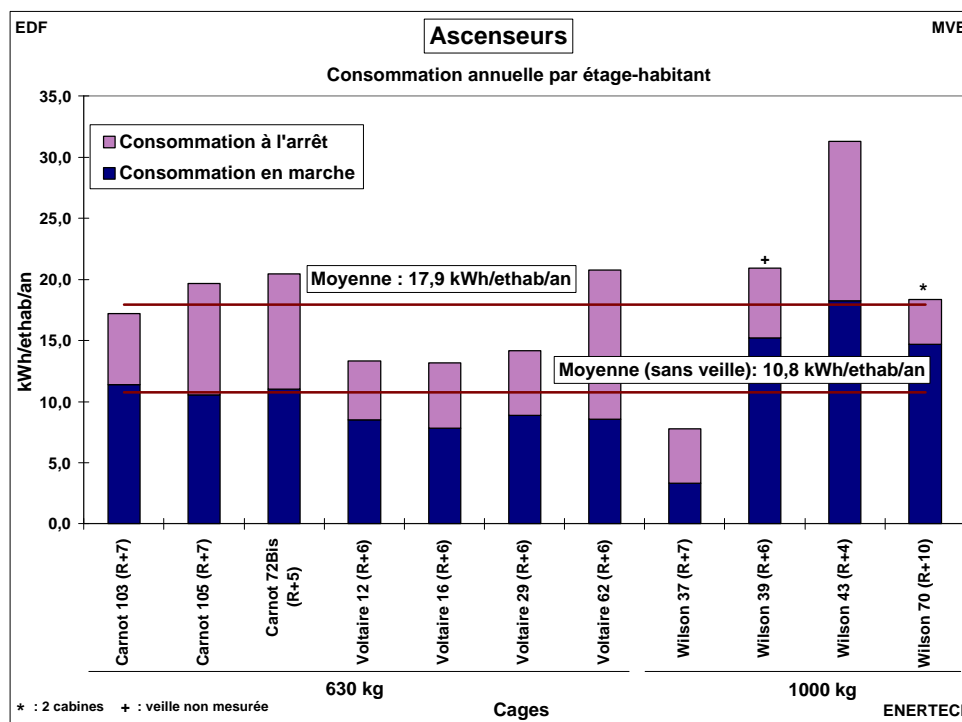


Figure AT8.4 : consommation annuelle par étage-habitant des ascenseurs

La valeur moyenne est une consommation de 17,9 kWh/étage.habitant/an. Les valeurs extrêmes sont de 7,8 et de 31,3.

Cette représentation est celle qui fait apparaître la plus faible dispersion des résultats autour de la valeur moyenne. C'est probablement aussi la plus cohérente. Malgré cela elle ne peut totalement éliminer les plages de variation entre les différentes cages, ceci pour plusieurs raisons :

- le trafic, qui est directement lié aux habitudes des usagers, varie d'une cage à l'autre. La présence de nombreux retraités ou au contraire de couples actifs conduit à des utilisations très contrastées des ascenseurs,
- le surdimensionnement des cabines peut conduire à de très importantes différences de consommations, comme on le verra plus loin.

En écartant les deux valeurs extrêmes, la valeur moyenne ne varie pratiquement pas (elle passe de 17,9 à 17,6 kWh/étage.habitant/an) mais la plage de variation sur les neuf cages restantes n'est que de 1 à 1,6. Ceci crédibilise la notion « d'étage.habitant » et semble en faire l'indicateur pertinent de la consommation des ascenseurs. Cette notion devra être validée par d'autres campagnes de mesures.

AT8-2 COURBES DE CHARGE DE L'USAGE

Les figures AT8.5 à 7 représentent la répartition horaire de la consommation journalière moyenne des ascenseurs pour les trois opérations suivies.

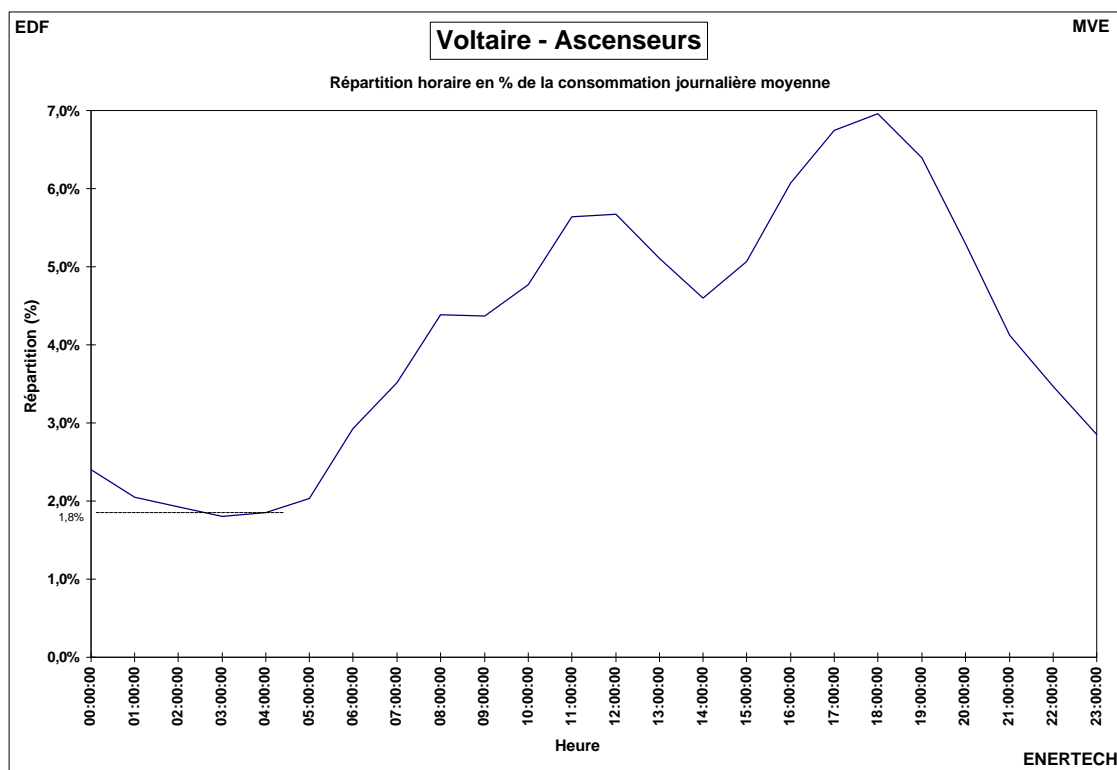


Figure AT8.5 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour l'ensemble des ascenseurs de l'opération Voltaire

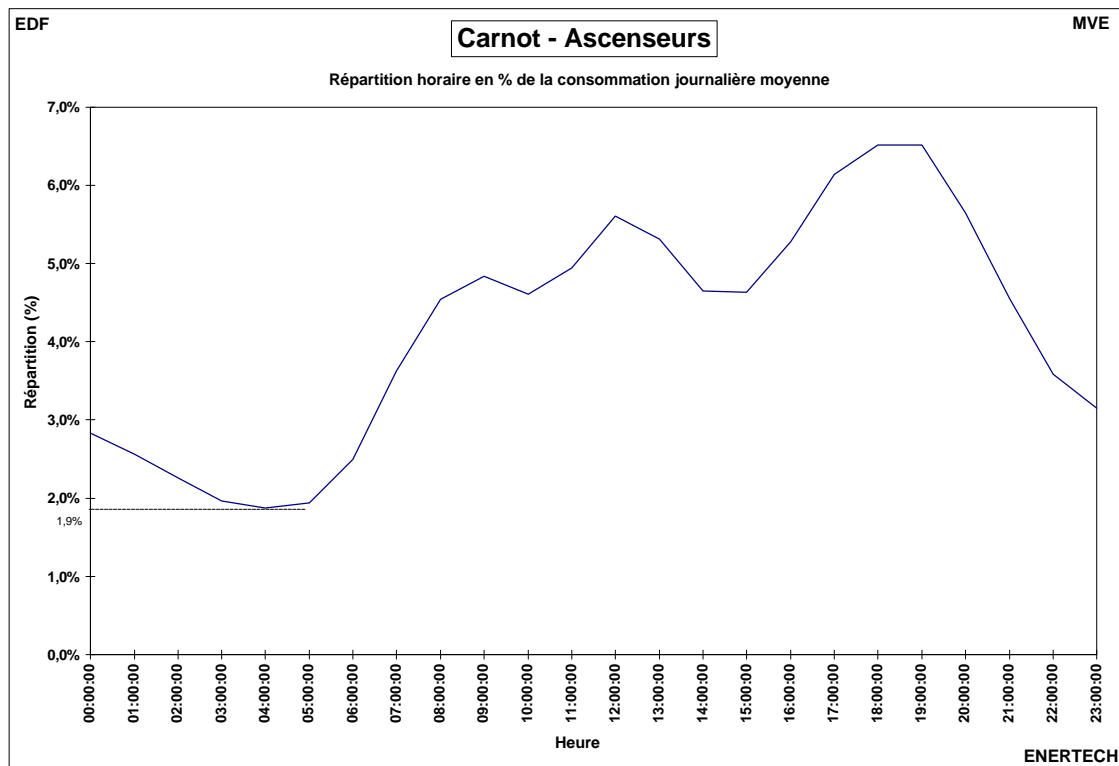


Figure AT8.6 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour les ascenseurs de l'opération Carnot

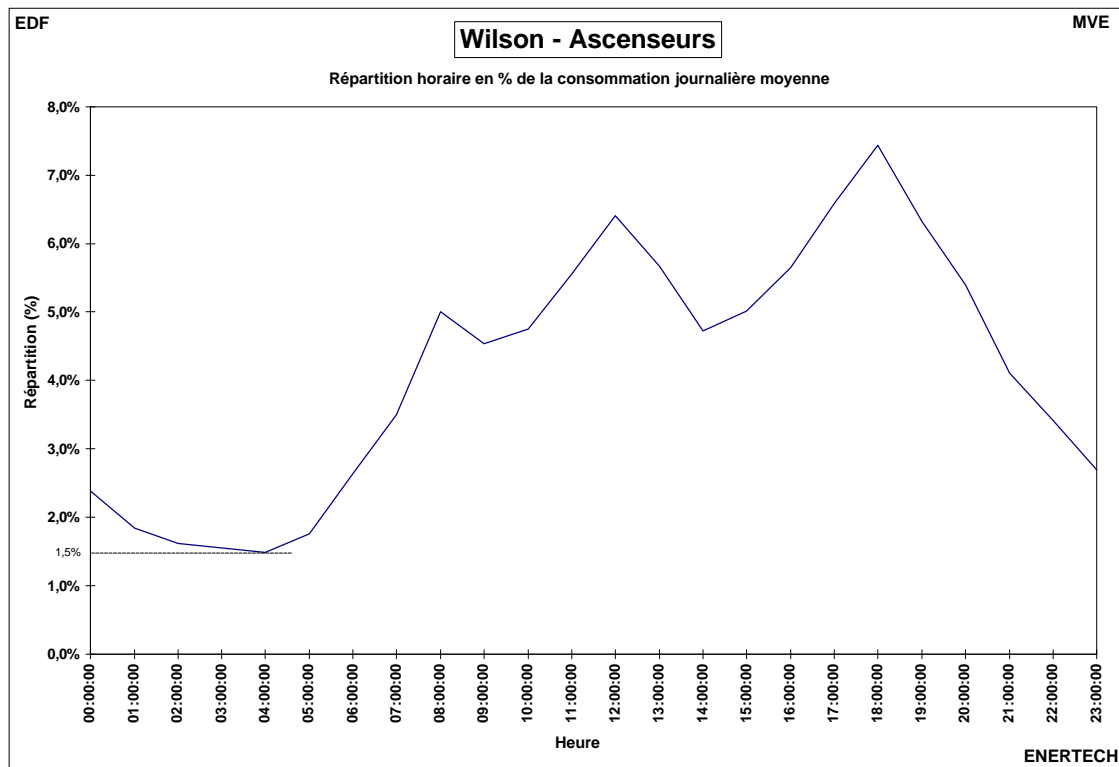


Figure AT8.7 : répartition horaire (en %) de la consommation journalière moyenne pour les ascenseurs de l'opération Wilson

On observe que :

■ la part de la consommation de veille est très importante et se repère facilement en période de nuit où elle est parfaitement identifiable vers 3 ou 4 h du matin,

■ l'évolution de la consommation au cours de la journée a la même allure pour tous les ascenseurs : après le creux de la nuit on assiste à une croissance lente et continue du matin au soir qui ne subit un ralenti que vers 14 h. Pourquoi la part de la consommation horaire est-elle beaucoup plus importante en soirée que le matin? Plusieurs explications sont possibles :

- les usagers sont sortis de chez eux de 7h à midi, et reviennent tous entre 17 et 20 h. Le trafic est donc plus dense,

- contrairement à ce que l'on pourrait croire, ce n'est pas le soir, lorsqu'il faut « remonter » les habitants dans les logements que l'ascenseur consomme le plus, c'est au contraire le matin lorsqu'il faut les descendre. Sauf si la cabine est remplie à moitié (voir explication plus loin). Une explication au phénomène observé pourrait être que, le matin, les usagers utilisent l'ascenseur de façon collective (car l'essentiel des départs se fait entre 7 et 8 h), alors que le soir, les retours sont beaucoup plus étalés et l'ascenseur travaille à très faible taux de remplissage, donc consomme beaucoup plus. Seuls des contrôles sur le trafic auraient permis de trancher entre ces différentes hypothèses.

AT8-3 EVOLUTION DE LA PUISSANCE APPELEE PAR UN ASCENSEUR

La figure AT8.8 représente l'évolution des puissances active et apparente enregistrées au pas de temps de la seconde sur plusieurs courses d'ascenseur. La cabine ne comprenait à chaque course qu'une personne maximum.

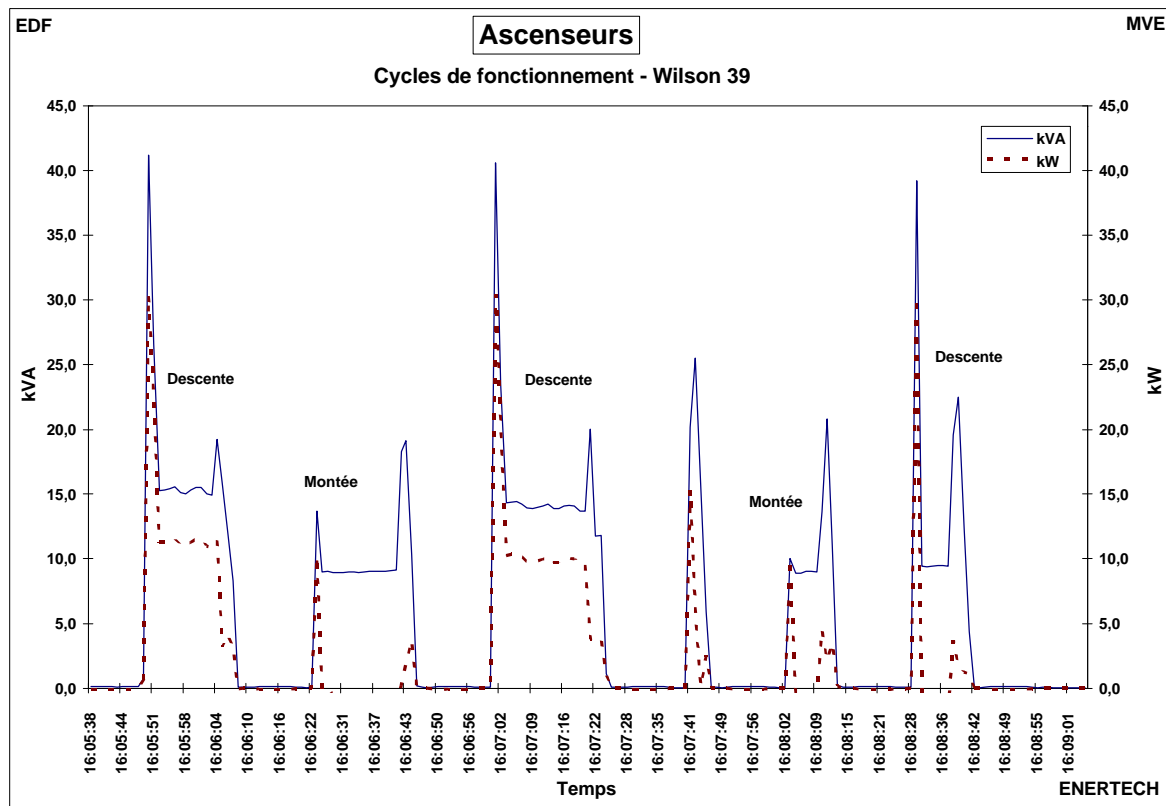


Figure AT8.8 : évolution des puissances active et apparente appelée par un ascenseur au cours d'un trajet (montée et descente)

L'examen de cet enregistrement fait apparaître nettement que :

- à vide, ou avec une seule personne, c'est la descente qui consomme le plus d'énergie active pour une cabine d'ascenseur. La montée présente même une consommation légèrement négative (s'il n'y avait pas les frottements pour absorber de l'énergie, la montée présenterait une valeur de consommation aussi importante, en valeur absolue, que la descente),

- la puissance apparente et le courant d'appel, sont très importants au moment du démarrage de la descente : le courant d'appel vaut 3,5 à 3,7 fois le courant nominal. C'est cette phase qui conditionne le dimensionnement des abonnements. On imagine facilement que toute solution, comme la variation de vitesse, qui permettrait de réduire l'importance de ce courant de démarrage permettrait de réduire l'abonnement à souscrire,

- au moment de l'arrêt lors de la descente, on observe bien évidemment un second pic de puissance, mais moins important que le premier,

- les profils des puissances appelées à la montée (toujours avec une cabine vide) sont inverses : le pic de puissance le plus important est à l'arrêt et non au démarrage. La puissance active est négative, et la puissance apparente, en régime de croisière, est environ 40 % plus faible en montée qu'en descente. Le pic de démarrage est environ 3 fois plus faible à la montée qu'à la descente, et curieusement, le pic de la puissance apparente lors de la phase d'arrêt a sensiblement toujours la même valeur, qu'on soit à la montée ou à la descente,

- à l'arrêt le pic de puissance active est très faible,

- enfin, il est important de remarquer que, pour les trajets suivis dans cet essai (c'est à dire sur 5 ou 6 niveaux), la consommation (en énergie active) absorbée par le démarrage vaut 35 % de la consommation totale absorbée par la phase de descente. Si le trajet avait été plus court, la part du démarrage dans la consommation totale de la descente aurait été encore plus important. Sans trop caricaturer, on peut presque affirmer que, pour des bâtiments de hauteur moyenne (jusqu'à R+5), l'essentiel de la consommation d'un ascenseur (hormis la consommation de veille bien sûr), s'effectue lors des démarrages (le maximum étant observé en descente et cabine vide).

Attention : tous ces enregistrements ont été faits sur une cabine de 1.000 kg à vide. Comme nous allons le voir les résultats auraient été assez différents si la cabine avait été chargée.

De tout ce qui précède, il ressort qu'un ascenseur performant sera un ascenseur :

- disposant d'un mécanisme capable de réduire la consommation au démarrage. L'une des principales sources d'économie est évidemment la réduction de l'accélération, et l'usage du moteur à vitesse variable,

- dont l'éclairage sera systématiquement éteint dès que la cabine est vide (et peu importe dans ce cas que la lampe soit à incandescence ou à basse consommation),

- dont l'armoire de contrôle et de commande aura été optimisée pour ne plus consommer trop à l'arrêt de la cabine (la puissance continue absorbée aujourd'hui par les armoires est d'environ 125 W).

AT8-4 EVOLUTION DE LA CONSOMMATION EN FONCTION DE LA CHARGE

L'objectif de ce qui suit était d'analyser comment variait la consommation d'une cabine d'ascenseur, pour un trajet donné, en fonction de sa charge.

Ce qui suit est donc basé sur une analyse purement théorique, en négligeant tous les phénomènes de frottement et de pertes diverses. Les consommations de veille n'ont pas non plus été prises en compte. Il s'agit d'une analyse purement mécanique du problème, mais dont

les conclusions sont intéressantes. Cette analyse n'est valable que pour des ascenseurs à contrepoids.

L'énergie nécessaire pour déplacer un ascenseur d'un point à un autre de sa gaine comprend deux termes : l'énergie cinétique nécessaire pour mettre en mouvement la cabine et l'énergie gravitationnelle nécessaire pour élever une masse quelconque.

Pour simplifier, un ascenseur à contrepoids comporte en partie haute une poulie de renvoi. D'un côté du câble se trouve la cabine, et de l'autre le contrepoids. La masse de celui-ci est égal à la masse de la cabine + la moitié de la masse de la charge utile.

La masse mise en jeu dans le calcul de l'énergie cinétique est la masse de la cabine et du contrepoids (ainsi accessoirement que celle du câble et de la poulie), alors que celle mise en jeu dans le calcul de l'énergie gravitationnelle est la différence entre la masse de la cabine + de sa charge et le contrepoids.

La figure AT8.9 a été établie pour une cabine de charge utile de 630 kg et de masse propre 600 kg. Elle représente, en fonction du nombre d'occupants dans la cabine quelle est la l'énergie nécessaire pour accomplir un trajet exprimé en nombre d'étages.

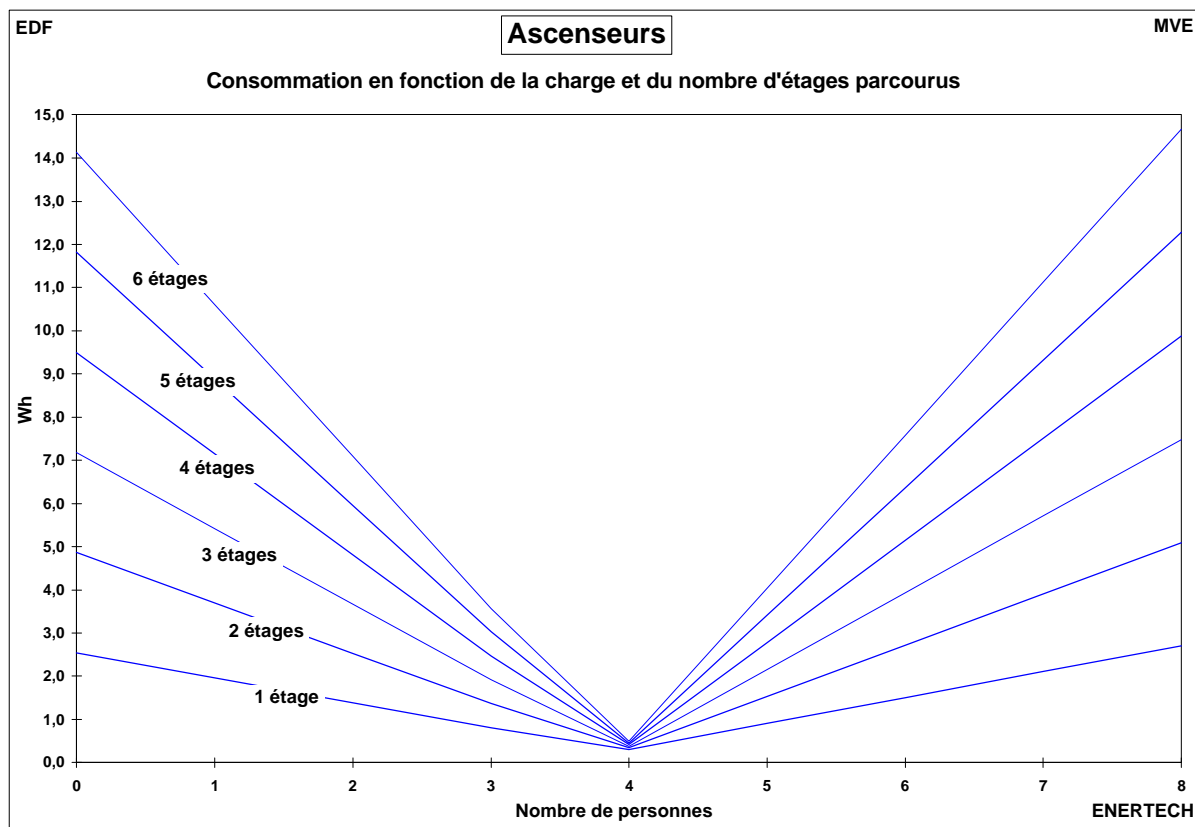


Figure AT8.9 : consommation théorique d'un ascenseur à contrepoids (charge utile de 630 kg) en fonction du nombre d'étages parcourus et du nombre de personnes dans la cabine

Ce graphique met en évidence que :

■ c'est à vide, et à la descente, qu'une cabine d'ascenseur consomme le plus d'énergie, ou alors à pleine charge, et à la montée. Il faut en effet noter que le graphique présente les résultats de la consommation en valeur absolue. Si on suppose que la représentation est faite pour un trajet de descente, alors l'énergie est positive jusqu'à la charge de 4 personnes (car le

contrepoids est plus lourd que la cabine et sa charge), puis si la charge augmente (plus de 4 personnes en cabine), le contrepoids devient moins lourd que la cabine+sa charge et le signe de l'énergie s'inverse, à moins de considérer que cette seconde partie du graphique ne traite plus de la descente, mais de la montée,

■ la consommation d'une cabine, pour un trajet donné, est minimale lorsque cette cabine transporte la moitié de sa charge maximale. Dans ce cas là le terme d'énergie gravitationnelle est nul et il ne reste plus que le terme cinétique qui est très faible,

■ au vu de cette analyse et des mesures de consommation faites avec un pas de temps très court au § précédent, on peut en déduire que le rendement d'une machinerie d'ascenseur est d'environ **25 à 30 %**. C'est objectivement peu, et là aussi des marges de progrès importantes doivent être attendues. Il faudra travailler sur tous les éléments possibles :

- réduire les pertes par friction et par frottement (guide, poulies, etc),
- réduire les pertes de transmission : supprimer (comme l'a déjà fait Koné avec le système Gearless) le réducteur à engrenages qui est une source importante de pertes,
- accroître le rendement du moteur.

L'une des conclusions les plus intéressantes de la figure AT8.9 est **qu'il ne faut jamais surdimensionner la taille d'une cabine d'ascenseur**. Car l'essentiel des trafics s'effectue à charge très partielle (le plus souvent à vide (appel de la cabine) ou avec une seule personne), et c'est en sous charge que la cabine consomme le plus. Mais elle consommera d'autant plus que sa charge maximale (donc sa taille) sera élevée. Une cabine de 1.000 kg circulant à vide consommera 60 % de plus qu'une cabine de 630 kg. L'augmentation de consommation est quasiment proportionnelle à la charge maximale admissible. Il est donc très important au moment du choix d'une cabine de ne pas opter « par sécurité » pour une cabine de taille trop importante, car ce choix aura des conséquences sur le niveau de consommation de l'équipement pendant toute la durée de vie de l'appareil.

Cette observation pose un problème important vis à vis de la réglementation handicapés. Il apparaît effectivement aujourd'hui que, pour respecter la réglementation handicapés on est, dans les faits, obligé de choisir des cabines de charge maximale 630 kg, là où objectivement une cabine de 425 kg ou moins aurait suffi. Interrogés à ce sujet les ascensoristes ont bien rappelé que la réglementation n'indiquait pas explicitement qu'il fallait adopter des cabines de 630 kg, mais précisaient que, compte tenu du cahier des charges de la réglementation (largeur de passage, profondeur, etc.) la cabine de 630 kg était la plus petite à répondre de façon satisfaisante.

Nous nous permettons ici de reposer le problème afin qu'une solution satisfaisante puisse être trouvée : il doit être possible, à notre avis, de trouver une géométrie de cabine qui satisfasse la réglementation mais qui ne conduisent pas à des cabines surdimensionnées. On peut aussi se demander s'il n'est pas possible d'admettre que, lorsqu'un handicapé se présente devant une cabine, il a la priorité d'utilisation sur les autres usagers qui attendront le retour de la cabine pour pouvoir se déplacer. Cette règle simple éviterait de prévoir des cabines trop importantes en taille dans le but de transporter tous les 500 trajets, un handicapé + une ou deux autres personnes. A situation exceptionnelle, réponse adaptée : on ne dimensionne pas un équipement pour une situation pénalisante pour laquelle il existe d'autres solutions, certes moins « pratiques », mais parfaitement acceptables par la collectivité. D'autant plus acceptables qu'elles sont génératrices d'économie d'énergie.

AT8-5 REPARTITION DES CONSOMMATIONS EN FONCTION DES DIFFERENTES TRANCHES HORO-SAISONNIERES DE TARIFICATION DE L'ELECTRICITE

Il est souvent difficile pour un maître d'ouvrage de sélectionner correctement ses abonnements car il ne connaît pas la répartition de consommation des différents usages en fonction des tranches horo-saisonniers de la tarification EDF.

La figure A8.10 représente, pour l'ensemble des cages étudiées, la répartition globale des consommations des cabines d'ascenseurs pour les différents abonnements existant. Rappelons que pour établir ce graphique, on se borne à répartir la consommation de l'ensemble des ascenseurs dans les tranches horo-saisonniers des différents abonnements EDF, sans se préoccuper bien sûr des abonnements effectivement souscrits pour chaque cage.

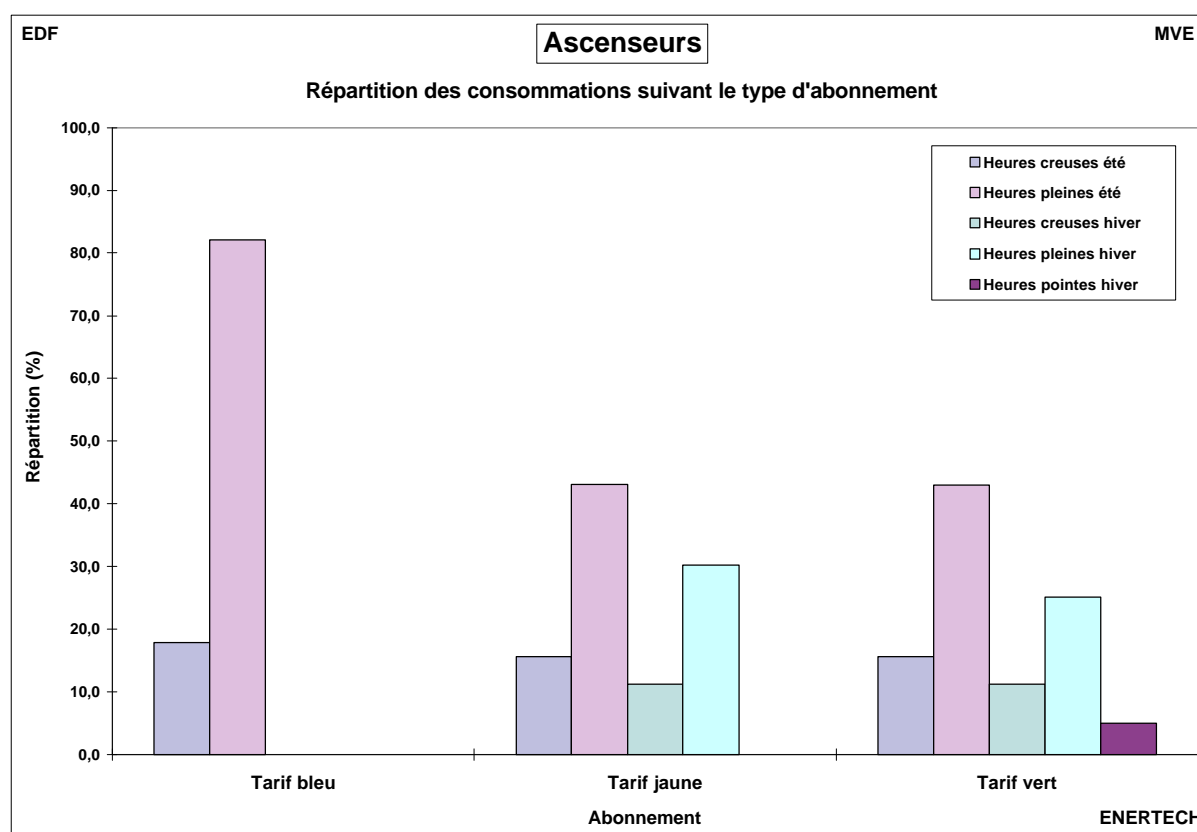


Figure AT8.10 : répartition des consommations suivant le type d'abonnement

Les figures AT8.11 à 13 fournissent cette répartition cage par cage pour chaque type de tarif. L'exercice est le même que précédemment, mais il est mené cage par cage au lieu de l'être de manière globale.

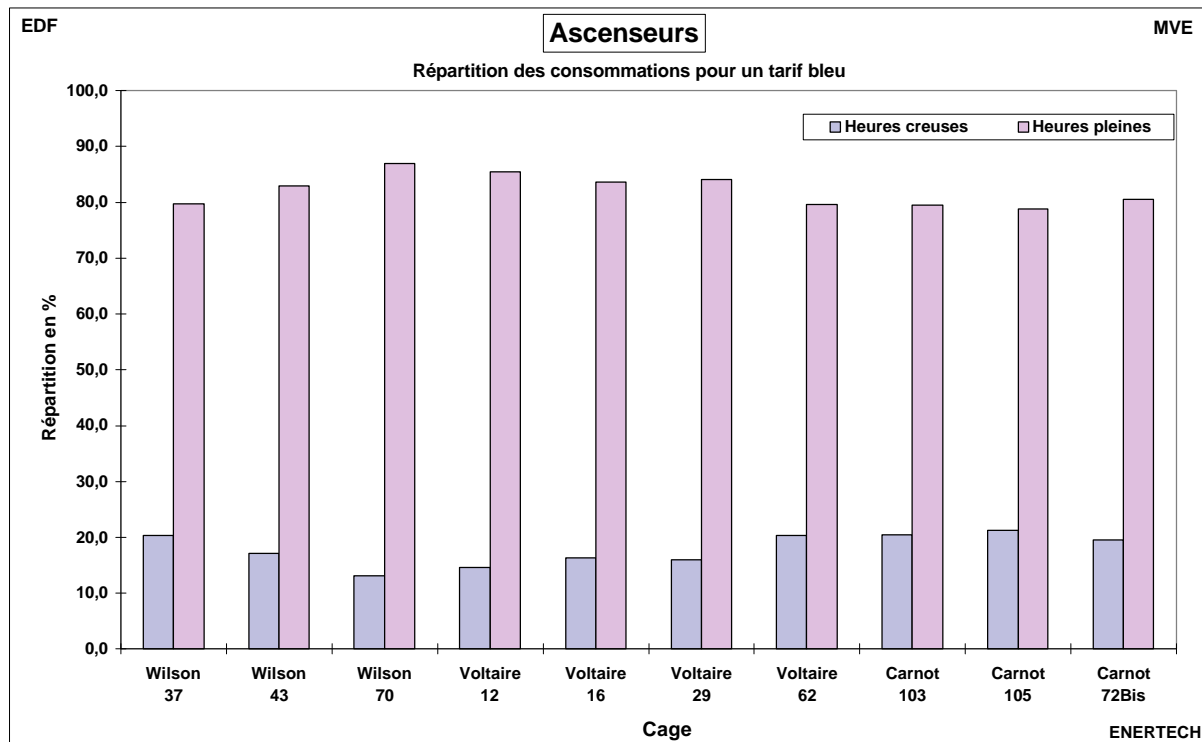


Figure AT8.11 : répartition des consommations des ascenseurs en tarif bleu

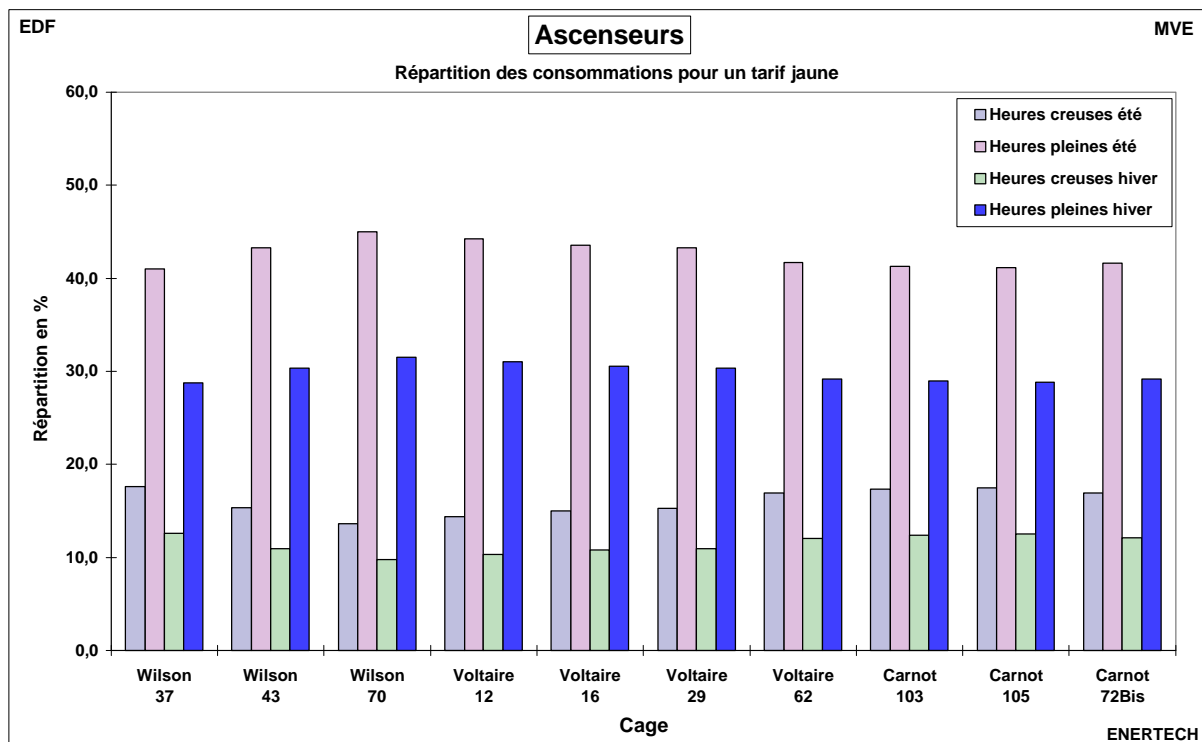


Figure AT8.12 : répartition des consommations des ascenseurs en tarif jaune

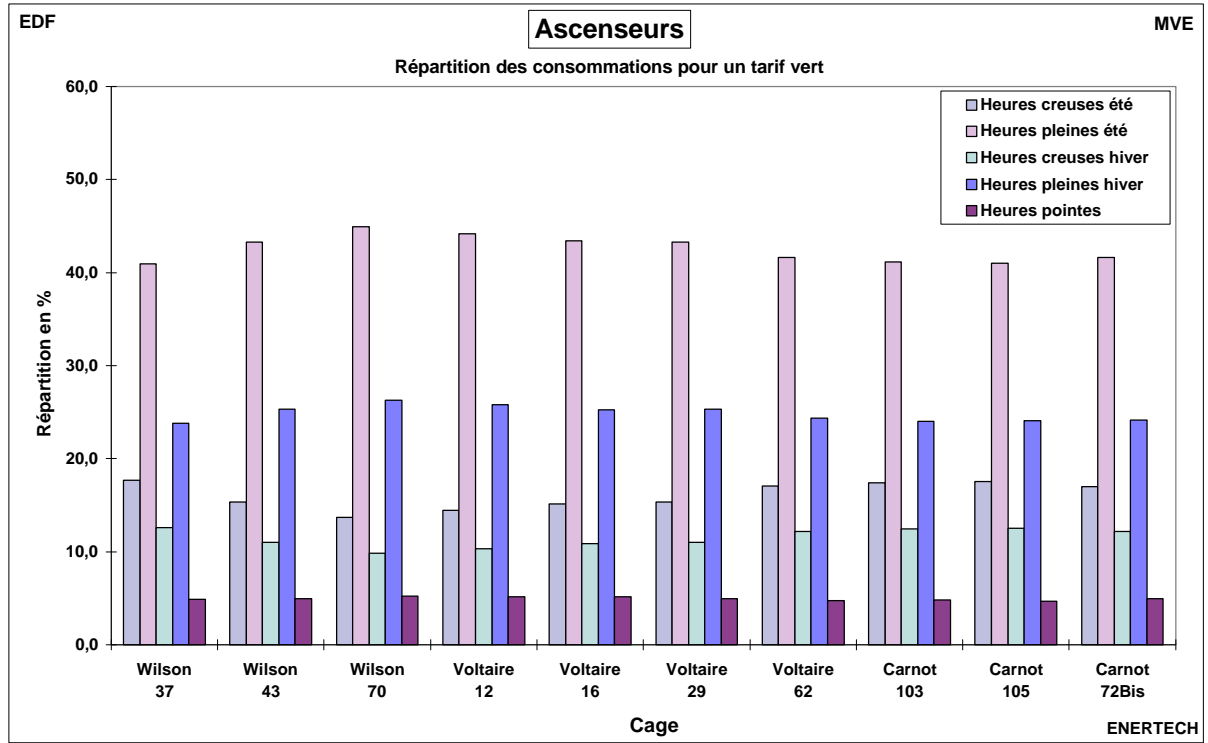


Figure AT8.13 : répartition des consommations des ascenseurs en tarif vert

ANNEXE TECHNIQUE 9 : LA VENTILATION MECANIQUE CONTRÔLÉE

Observation préliminaire : toutes les cages d'escalier suivies disposaient, sans exception, d'un caisson de ventilation mécanique contrôlée. Pour les opérations Wilson et Carnot il s'agit de ventilation simple flux ordinaire, alors que pour Voltaire il s'agit d'une ventilation gaz hygroréglable.

Comme il a été indiqué au §1.2, tous ces caissons n'ont pas été instrumentés en permanence. Seuls deux caissons, sur l'opération Voltaire, ont fait l'objet d'un comptage à dix minutes sur l'ensemble de la période de mesure, et quelques caissons sur Wilson et Carnot ont été instrumentés pendant 24 à 48 h afin de vérifier si la consommation d'énergie variait au cours de la journée.

La conclusion de ces essais (voir § 1.2) a été qu'on observait absolument aucune variation, ni sur les périodes de 48 h, ni sur l'ensemble de la campagne de mesure. Qu'il n'y ait pas de variation de la consommation sur les opérations Wilson et Carnot surprend peu. La seule cause potentielle de variation est la double vitesse disponible en cuisine, et dont on sait qu'elle est vraisemblablement assez peu utilisée par les usagers. Mais il est plus surprenant de constater que, pendant les seuls mois d'été il est vrai (de mai à octobre), nous n'ayons enregistré aucune variation perceptible de la consommation sur des caissons hygroréglables. Car on pourrait légitimement penser que, par suite des variations de débit imposées par les dispositifs hygro-régulants, il s'ensuive des variations de puissance (même en supposant le ΔP constant). Si la puissance ne varie pas, deux explications sont possibles :

- soit les dispositifs hygro ne fonctionnent pas bien et n'induisent aucune variation effective de débit. Ceci devra être analysé plus précisément par une campagne de mesures spécifiques,

- soit le rendement du moto-ventilateur se dégrade dans des proportions identiques à la diminution du débit extrait. Dans ce cas, la solution de hygroréglable n'aurait d'intérêt que pour la réduction des pertes thermiques, ce qui est déjà très intéressant, mais l'hygro ne pourrait être considéré comme une solution de maîtrise de la demande d'électricité.

Forts de ces observations nous avons donc limité la mesure de la consommation des groupes VMC à celle d'une mesure de la puissance au moyen d'une pince ampèremétrique, la consommation annuelle étant ensuite calculée.

AT9-1 CONSOMMATION ANNUELLE DE L'USAGE

AT9.1.1 Consommation annuelle par caisson (ou par cage)

La figure AT9.1 représente la consommation annualisée de la ventilation mécanique contrôlée pour chacune des cages suivies.

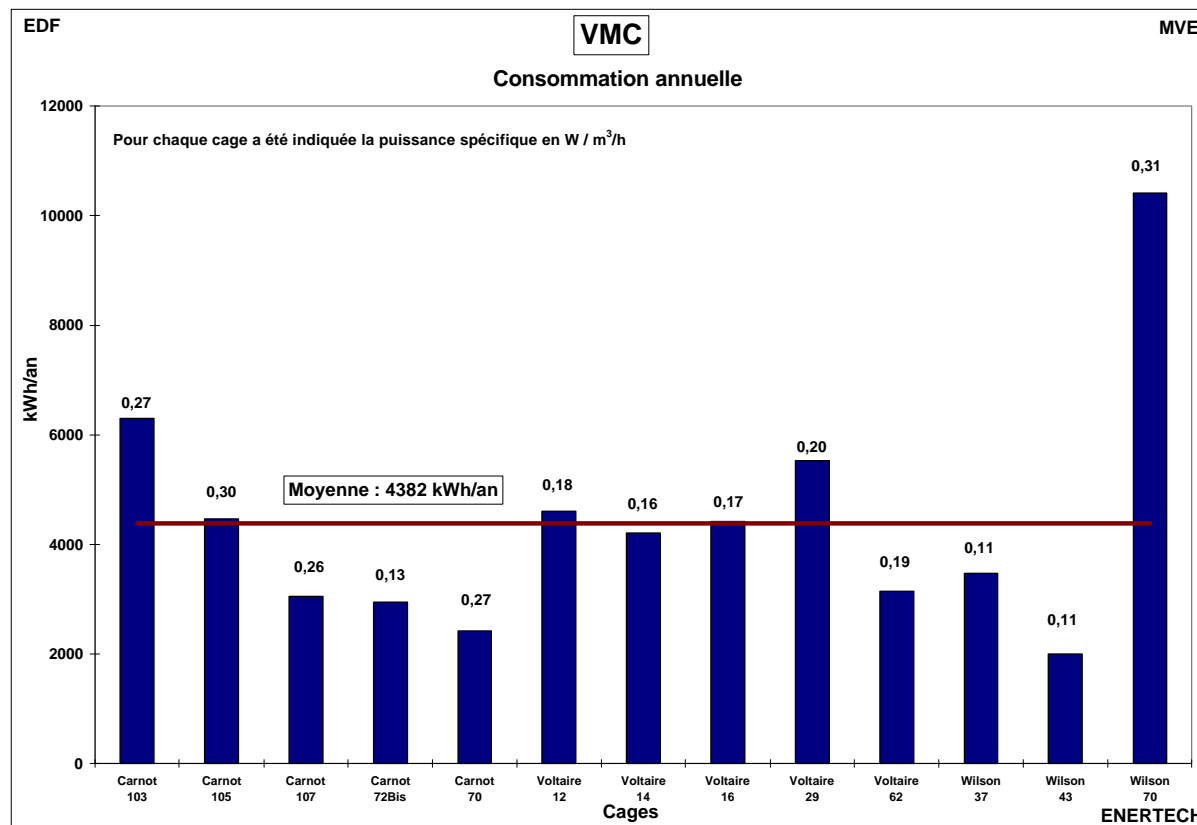


Figure AT9.1 : consommation annuelle de la VMC par cage

On observe que :

■ en moyenne la consommation annuelle d'une VMC est de **4.382 kWh/an**. La valeur minimum est de 2.417 kWh/an et la valeur maximum de 10.406 kWh/an, soit une plage de variation de 1 à 4,3,

■ il existe des écarts très importants entre les différents groupes VMC. De nombreuses raisons peuvent expliquer ces écarts :

- le nombre de logements desservis, et donc le débit assuré par chaque groupe est bien sûr le premier facteur de différenciation. Le nombre de logements par cage varie, dans notre cas de 8 à 31,

- la qualité du réseau est le second point important. Pour un débit donné, plus le niveau de pertes de charge est important, plus la consommation annuelle sera élevée (la consommation est proportionnelle à la perte de charge). Les réseaux dimensionnés avec soin pour présenter le moins de pertes de charge seront donc les plus intéressants. Mais on n'oubliera pas que la perte de charge imposée à un caisson de VMC est la perte de charge de l'antenne la plus défavorisée, et qu'en conséquence, celle-ci impose sa contrainte à la totalité du débit d'air, ce qui est très pénalisant. On veillera donc à concevoir des antennes auto-équilibrées, c'est à dire présentant des pertes de charges identiques, et si possible faibles,

- le rendement du moto-ventilateur est le troisième paramètre qui structure la consommation d'énergie. Ce rendement, qui est évidemment lié aux caractéristiques constructives du matériel (voir § AT9.2), n'est pas constant pour tous les points de la courbe débit/pression du ventilateur. Il chute même assez vite dès que l'on s'écarte de l'optimum.

La conséquence est importante : un ventilateur et son point de fonctionnement effectif doivent être déterminés avec beaucoup de soin. Il ne faut jamais surdimensionner un ventilateur car on est alors conduit à deux possibilités :

- ou bien on ne corrige pas le débit et alors on fonctionne en sur-ventilation. Les conséquences sont graves, car les déperditions thermiques induites sont proportionnelles au débit réellement extrait, mais la puissance électrique absorbée par le ventilateur croît avec le cube du débit. Si celui-ci est le double du débit nominal, la consommation sera huit fois plus importante...

- ou bien on étrangle le débit pour le ramener à la valeur nominale, et on obtient simultanément du bruit, un déplacement du point de fonctionnement du ventilateur vers des zones où le rendement se dégrade vite (donc où la consommation augmente), et une augmentation de la perte de charge de façon importante. Mais l'augmentation de la perte de charge s'accompagne d'une augmentation de la puissance qui croît avec la puissance 1,5 de la perte de charge. Si celle-ci est doublée, la puissance est multipliée par 2,8.

On le voit, l'optimisation d'un réseau VMC est chose délicate et généralement négligée, tout simplement par méconnaissance du comportement aérodynamique des composants de l'installation. Mais les conséquences en terme de consommation électrique peuvent être considérables.

■ enfin, sans que l'on puisse à proprement parler de phénomènes de dysfonctionnement au sens où ce terme a été utilisé dans ce qui précède (caractéristique d'un système intermittent qui se bloque en état de marche), la VMC est sujette à de très nombreux problèmes fonctionnels dans l'habitat. Les opérations suivies n'échappent pas à la règle. Parmi les problèmes relevés, et qui ne concernent que notre sujet, on relèvera :

- après mesure des caractéristiques débit/pression de l'un des groupes, il est apparu que le point de fonctionnement ainsi défini n'était pas du tout sur la courbe théorique débit/pression du ventilateur en place. Le rendement du groupe en question était de ...5 %. Sans que nous ayons pu le vérifier, il est extrêmement probable que l'explication de ce phénomène (relativement classique aux dires des constructeurs) est que le ventilateur tourne à l'envers. Il suffit en effet pour cela de permuter deux phases,

- comme le fait apparaître la figure AT9.1, il est vraisemblable que le débit extrait des logements est en moyenne assez inférieur au débit nominal. Ceci se traduit sur le graphique par une valeur du rapport puissance/débit de chaque caisson particulièrement faible (c'est la valeur figurant sur chacun des barreaux de consommation du graphique). Ce rapport a été pour la première fois mis en avant par la RT 2000. Or cette nouvelle réglementation a fixé à 0,25 la valeur maximum de ce rapport, considérant que pour atteindre cette valeur il serait nécessaire de faire des efforts à la fois sur la bonne conception des réseaux et sur la qualité des équipements moto-ventilateurs. Comment expliquer dans ces conditions que la plupart des caissons de notre échantillon présentent un niveau de performance supérieur à ce que va exiger la RT 2000, et que la moyenne s'établisse à 0,20 W/m³/h ? Il n'y a qu'une seule explication possible : le débit réel est très inférieur au débit nominal. C'est là le principal dysfonctionnement des installations de ventilation. Ceci demanderait à être confirmé par une mesure directe du débit, mais selon toute vraisemblance, les débits réels sont inférieurs aux débits nominaux.

AT9.1.2 Consommation annuelle par logement

La figure AT9.2 représente la consommation annuelle de la ventilation mécanique contrôlée ramenée au logement.

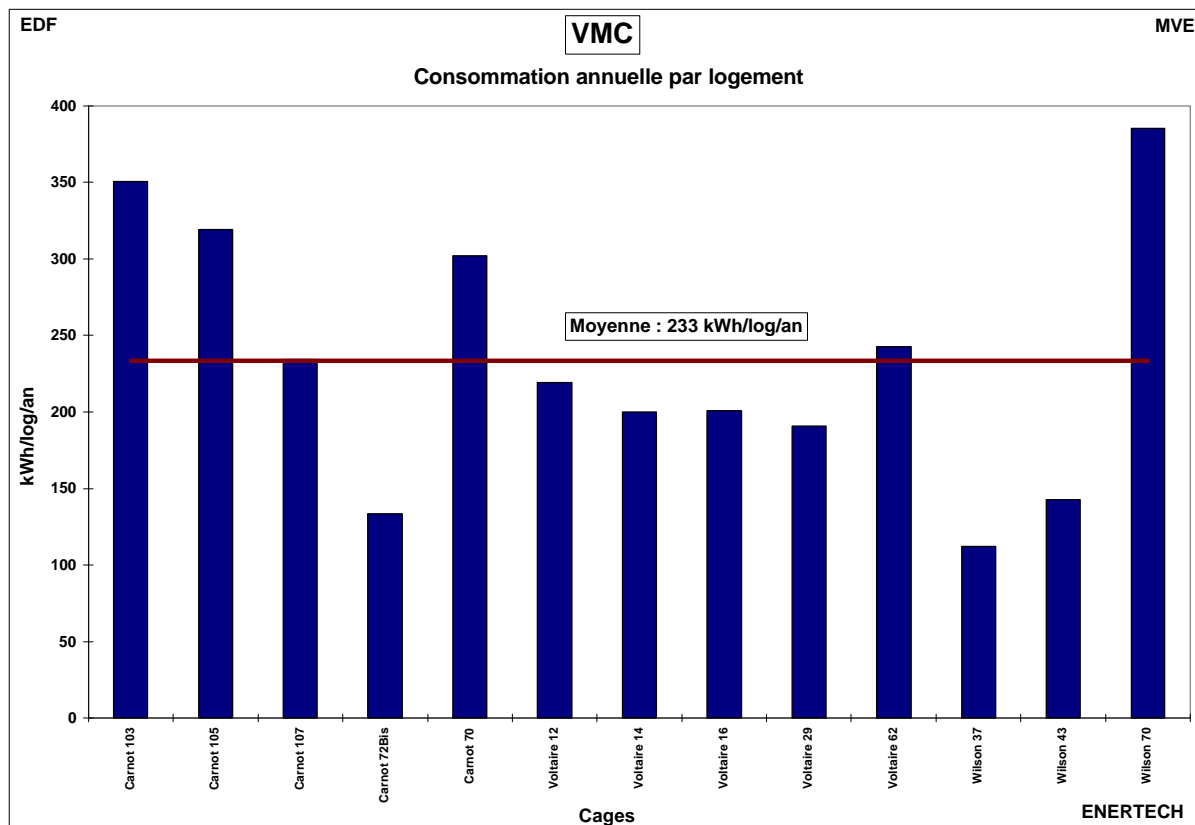


Figure AT9.2 : consommation annuelle par logement de la ventilation mécanique

En moyenne la consommation annuelle de la ventilation mécanique contrôlée est de **233 kWh/an**, mais cette valeur peut varier de 112 à 385 kWh/an, soit une plage de 1 à 3,4. Ces valeurs sont anormalement faibles, ce qui confirme l'analyse conduite à la fin du § précédent. Le même raisonnement peut être tenu pour l'ensemble des trois opérations réunies. On voit alors que le rapport puissance totale/débit total vaut 0,20. C'est bien mieux que ce qu'exige la RT 2001. Comme on ne peut penser que celle-ci ait adopté, malgré la pression des constructeurs, des valeurs trop conservatrices, cela confirme que, dans l'ensemble les débits des différentes opérations sont inférieurs aux débits nominaux.

AT9.1.3 Consommation annuelle par habitant

La figure AT9.3 représente la consommation annuelle de la ventilation mécanique contrôlée par habitant.

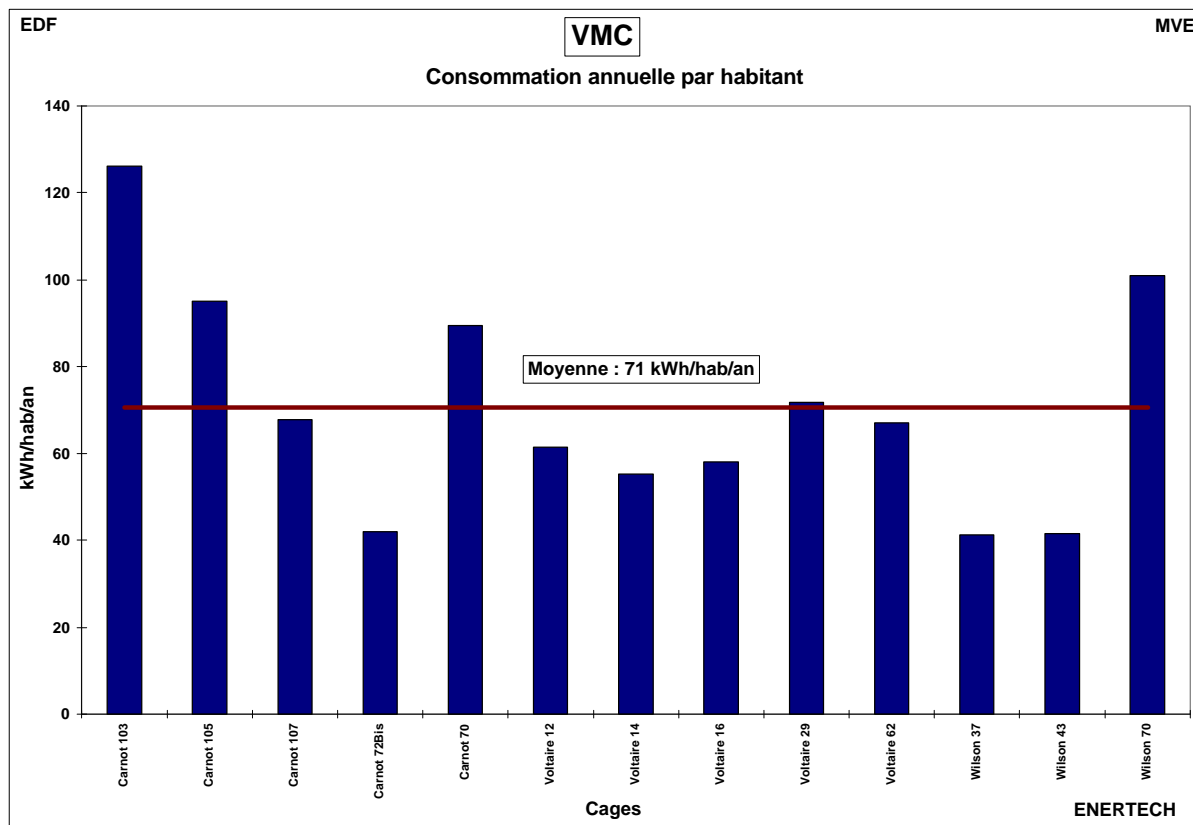


Figure AT9.3 : consommation annuelle par habitant de la ventilation mécanique

La consommation moyenne par habitant est de 71 kWh/an. Les valeurs s'étendent de 41 à 126 kWh/an, soit une plage de 1 à 3,1.

AT9-2 RENDEMENT DES MOTO-VENTILATEURS

Comme on l'a vu la réduction de la consommation électrique d'une installation de ventilation mécanique repose sur deux éléments principaux :

- concevoir et exécuter un réseau de VMC de qualité basé sur une faible perte de charge globale obtenue par le recours à des sections de passage induisant de faibles vitesses donc de faibles pertes de charge, ainsi qu'un auto-équilibrage des différentes antennes,
- disposer d'un groupe moto-ventilateur performant fonctionnant impérativement à son point de rendement maximum.

Traiter de la qualité de mise en oeuvre des réseaux n'entre pas directement dans le cadre de cette étude. Mais en revanche, analyser comment améliorer le rendement des groupes VMC nous paraît intéressant.

Le rendement d'un motoventilateur est le produit :

- du rendement du moteur électrique η_e ,
- du rendement de la transmission η_t ,
- du rendement d'aubage η_a ,

Le rendement d'un moteur dépend d'abord de sa technologie. Ainsi, les moteurs généralement utilisés pour la VMC jusqu'à présent étaient des moteurs électriques à induction alimentés en courant alternatif monophasé. Le rendement maximum de ces moteurs, pour des niveaux de puissance inférieurs à 1 kW, est de 55 à 65 %, mais ces valeurs décroissent très rapidement à charge ou à vitesse réduite. Cela signifie que, même dotés d'un dispositif permettant la variation de vitesse, ces moteurs ne présenteront jamais de très bons rendements.

En revanche, la technologie aujourd'hui disponible des moteurs à courant continu sans balai et avec redresseur incorporé présente de nombreux avantages en terme de performance, de confort et de durée de vie des matériels. Dans cette gamme de puissance, le rendement de ces moteurs est de l'ordre de 75 à 80 % à pleine charge, mais surtout, ce rendement est maintenu, voire augmenté, à charge réduite. Enfin, la variation de vitesse est extrêmement simple avec les moteurs à courant continu. Ce type de moteur commence à être utilisé par les constructeurs de ventilation mécanique.

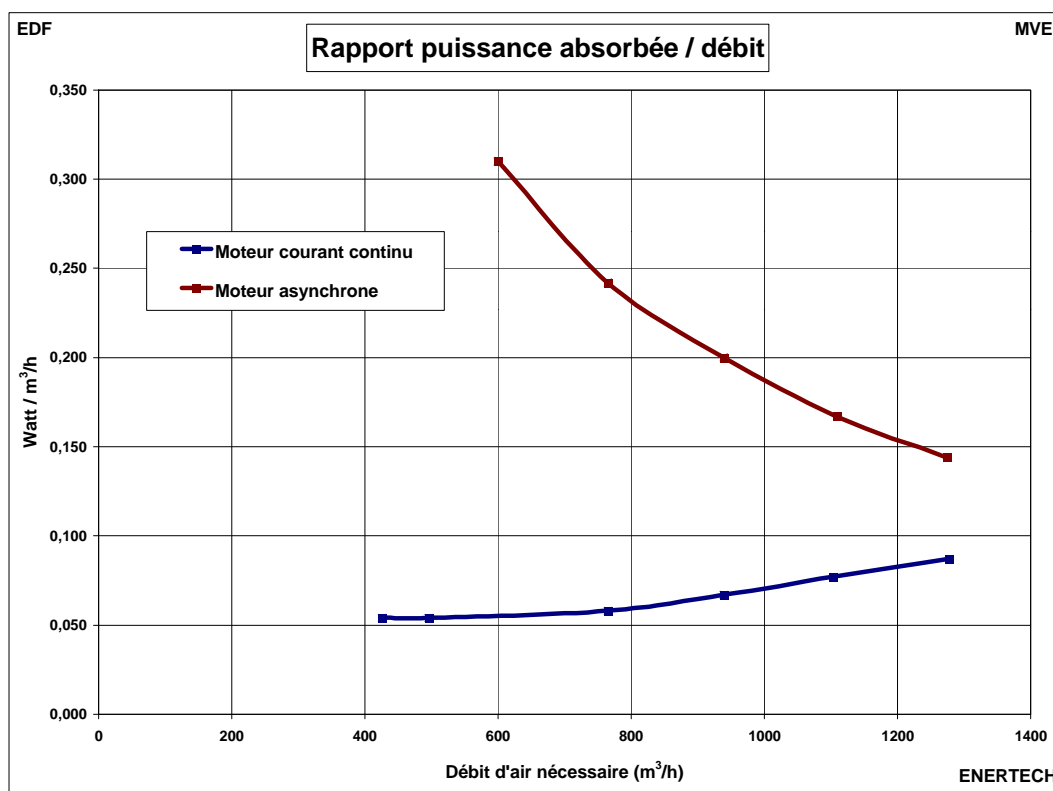


Figure AT9.4 : comparaison des performances des deux types de moteurs principaux

Le rendement de transmission dépend du type de transmission de puissance entre le moteur et la turbine. La plupart du temps cette transmission est assurée par des poulies et une courroie. Ce dispositif a de nombreux inconvénients : il rend délicat le réglage de la vitesse du ventilateur, il est soumis aux aléas de la résistance mécanique de la courroie (qui se rompt assez fréquemment), il a un rendement d'environ 90 à 95 % selon le type de couple courroie/poulie. L'innovation est ici l'utilisation de la transmission directe : la turbine est directement montée sur l'arbre du moteur. Le rendement de transmission est ainsi de 100 %.

Le rendement d'aubage est le rendement de transformation des aubes de la turbine : celle-ci reçoit de l'énergie du moteur qu'elle transfère à l'air à qui elle ne cède qu'une partie de

son énergie mécanique, le reste étant perdu. Les turbines généralement utilisées dans les installations de ventilation mécanique des logements sont des turbines à action dont les caractéristiques débit/pression se prêtent assez bien aux contraintes des logements. Mais leur rendement n'est pas très élevé, de l'ordre de 50 %, si bien que le rendement global des moto-ventilateurs utilisés actuellement est de l'ordre de 25 %.

Il existe un autre type de turbines, les turbines dites « à réaction » dont les rendements sont beaucoup plus élevés, de l'ordre de 75 à 80 %, mais dont les caractéristiques intrinsèques ne sont pas très adaptées aux contraintes de la VMC dans les logements. Néanmoins des travaux doivent être conduits pour trouver des solutions permettant de disposer rapidement dans le domaine de la ventilation basse pression de turbines disposant d'un rendement beaucoup plus élevé que les turbines à action actuelle. L'enjeu énergétique est considérable, tant le nombre de ventilateurs de ce type déjà en place est important. Dans le cadre de cette étude nous avons pris contact avec la plupart des constructeurs européens. Certains ont semblé très intéressés et se sont engagés à travailler dans ce sens.

Le marché actuel propose des moteurs performants avec transmission directe entraînant (malheureusement) des turbines à action et incluant de la variation de vitesse. Le rendement de ces solutions est d'environ 40 à 45 %. Le grand enjeu est désormais la construction d'un moto-ventilateur incluant une turbine (à réaction ou d'un autre type) possédant un rendement d'au moins 80 %. On disposerait alors d'ensembles moto-ventilateurs dont le rendement approcherait celui des compresseurs centrifuges, c'est à dire environ 80 %. Les constructeurs, notamment de turbines, doivent prendre conscience des enjeux et de l'intérêt que présenterait une technologie de ce type pour le marché européen ■

ANNEXE ECONOMIQUE 1 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES COULOIRS

AE1-1 DETAIL DES COÛTS ET DES ECONOMIES REALISABLES PAR COULOIR

Cage	Décomposition des commandes des éclairages	Situation actuelle	Séparation+minuteries (durée de la minuterie = 1mn)		Séparation+détecteurs (temps moyen d'allumage = 30s)	
		Consommation annuelle normalisée (kWh/an)	Consommation annuelle normalisée (kWh/an)	Coût de l'installation (F.T.T.C.)	Consommation annuelle normalisée (kWh/an)	Coût de l'installation (F.T.T.C.)
Carnot 103	1 à 3	235,5	39,6	1255,8	19,8	3229,2
	4 à 7	208,8	29,2	1674,4	14,6	4305,6
Carnot 105	1 à 4	170,5	20,2	1674,4	10,1	4305,6
	5 à 7	138,7	17,7	1255,8	8,9	3229,2
Carnot 107	1	105,4	49,8	418,6	24,9	1076,4
	2 à 3	79,8	23,3	837,2	11,7	2152,8
Carnot 72 Bis	1 à 5	684,4	57,4	2093,0	28,7	5382,0
Total		1623.1	237.3	9209.2	118.6	23680.0
Voltaire 29	1 à 2	466	115,9	837,2	57,9	2152,8
	3 à 4	444	115,9	837,2	57,9	2152,8
	5 à 6	163	72,5	837,2	36,2	2152,8
Voltaire 12	1 à 3	855	93,1	1255,8	46,6	3229,2
	4 à 6	975	116,5	1255,8	58,2	3229,2
Voltaire 14	1 à 3	758,1	93,6	1255,8	46,8	3229,2
	4 à 6	767	94,7	1255,8	47,3	3229,2
Voltaire 16	1 à 3	800	127,0	1255,8	63,5	3229,2
	4 à 6	346	54,9	1255,8	27,5	3229,2
Voltaire 62	1 à 3	156	27,5	1255,8	13,8	3229,2
	4 à 6	66	12,2	1255,8	6,1	3229,2
Total		5796,1	923,8	12558,0	461,9	32292,0
Wilson 37	1 à 2	490,7	65,4	837,2	32,7	2152,8
	3 à 4	256,3	51,9	837,2	25,9	2152,8
	5 à 7	479,4	85,1	837,2	42,5	2152,8
Wilson 39	1 à 2	284	59,4	837,2	29,7	2152,8
	3 à 4	321,9	68,2	837,2	34,1	2152,8
	5 à 6	146,7	63,5	837,2	31,7	2152,8
Wilson 43	1 à 4	962	89,3	1674,4	44,7	4305,6
Wilson 68	1 à 4	1444,2	131,4	1674,4	65,7	4305,6
	5 à 7	906,3	126,7	1255,8	63,3	3229,2
	8	302,1	114,0	418,6	57,0	1076,4
Wilson 70	1 à 5	1063,7	270,4	2093,0	135,2	5382,0
	6 à 10	1000	254,2	2093,0	127,1	5382,0
Total		7657,3	1379,4	14232,4	689,7	36597,6

Figure AE1.1 : détail des économies et des coûts d'investissement pour l'amélioration de l'éclairage des couloirs

AE1-2 DETAIL PAR ABONNEMENT SOUSCRIT DES REDUCTIONS DE PUISSANCE INDUITES PAR LES ECONOMIES PROPOSEES

N.B. : les réductions de puissance induites par les solutions techniques mises en oeuvre ne tiennent compte que de l'individualisation des commandes d'éclairage. La réduction de puissance induite par la réduction de la durée de minuterie (qui réduit la probabilité que plusieurs couloirs d'une même cage soient allumés simultanément) ou par l'adoption des détecteurs de présence (même effet) n'a pas été prise en compte.

Cage	Décomposition des commandes des éclairages	Puissance installée (W)	Gain au niveau de la puissance appelée (W)
Carnot 103	1 à 3	360	227
	4 à 7	480	339
Carnot 105	1 à 4	240	169
	5 à 7	180	113
Carnot 107	1	420	0
	2 à 3	120	57
Carnot 72 Bis	1 à 5	600	450
	Total	2400	1355

Carnot 10 CL	0 à 3	240	169
Carnot 12 CL	0 à 3	240	169
	Total	480	339

Carnot 8 CL	0 à 3	240	169
Carnot 4 CL	0 à 3	480	339
	Total	720	508

Voltaire 29	1 à 2	480	253
	3 à 4	480	253
	5 à 6	480	253
	Total	1440	758

Voltaire 12	1 à 3	540	200
	4 à 6	540	200
	Total	1080	400

Voltaire 14	1 à 3	540	200
	4 à 6	540	200
	Total	1080	400

Voltaire 16	1 à 3	540	200
	4 à 6	540	200
	Total	1080	400

Voltaire 62	1 à 3	180	67
	4 à 6	180	67
	Total	360	133

Cage	Décomposition des commandes des éclairages	Puissance installée (W)	Gain au niveau de la puissance appelée (W)
Wilson 37	1 à 2	240	126
	3 à 4	240	126
	5 à 7	240	126
Wilson 39	1 à 2	240	126
	3 à 4	240	126
	5 à 6	240	126
Wilson 43	1 à 4	480	141
Wilson 68	1 à 4	720	212
	5 à 7	540	200
	8	180	180
Wilson 70	1 à 5	900	225
	6 à 10	900	225
	Total	5160	1941

Figure AE1.2 : détail (par abonnement souscrit) des réductions de puissance induites par l'individualisation des commandes d'éclairage des couloirs

ANNEXE ECONOMIQUE 2 - ECLAIRAGE DES PARTIES COMMUNES : LES ESCALIERS ENCLOISONNES

AE2-1 DETAIL DES COÛTS ET DES ECONOMIES REALISABLES PAR COULOIR

		Situation actuelle	Situation après réglage et vérification (minuterie à 60 s)	Situation après remplacement des ampoules par des L.B.C. 15W
Cage	Décomposition des commandes des éclairage	Consommation annuelle (kWh/an)	Consommation annuelle résiduelle (kWh/an)	Consommation annuelle résiduelle (kWh/an)
Carnot 103	0 à 7	21,7	11,0	5,4
Carnot 105	0 à 7	29,9	24,6	7,5
Carnot 107	0 à 3	42,3	22,1	10,6
Carnot 72Bis	1 à 4	190	62,0	47,5
Total en kWh/an (Gain en %)		283,9	119,6 (58%)	71,0 (75%)
Voltaire 29	0 à 3 4 à 6	195,1 11,1	100,1 5,6	48,8 2,8
Voltaire 12	0 à 3 4 à 6	277 45	91,8 15,4	69,3 11,3
Voltaire 14	0 à 3 4 à 6	185,1	61,7	46,3
Voltaire 16	0 à 3 4 à 6	1483,2 (133,3) *	1438,1 (87,1) *	370,8 (33,3)
Voltaire 62	0 à 6	8,1 247,3	4,1 122,6	2,0 61,8
Total en kWh/an (Gain en %)		2451,9	1839,4 (25%)	612,9 (75%)
Wilson 37	1 à 3 4 à 7	183,5 171,6	114,7 82,4	45,9 42,9
Wilson 39	1 à 3 4 à 6	758 (180,0) *	745,8 (168,8) *	189,5 (45,0)
Wilson 43	1 à 4	177,1	24,0	44,3
Wilson 68	1 à 4 5 à 8	28,7 198,6	9,6 63,0	7,2 49,7
Wilson 70	1 à 10	837,8 (378,3) *	629,0 (172,0) *	209,4 (94,6)
Total en kWh/an (Gain en %)		2355,3	1668,6 (29%)	588,9 (75%)

Figure AE2.1 : détail des économies et des coûts d'investissement pour l'amélioration de l'éclairage des escaliers encloisonnés

AE2-2 DETAIL PAR ABONNEMENT SOUSCRIT DES REDUCTIONS DE PUISSANCE INDUITES PAR LES ECONOMIES PROPOSEES

N.B. : les réductions de puissance induites par les solutions techniques mises en oeuvre ne tiennent compte que de l'individualisation des commandes d'éclairage. La réduction de puissance induite par l'adoption de lampes basse consommation figure dans le tableau suivant.

Cage	Décomposition des commandes des éclairages	Puissance installée (W)	Gain au niveau de la puissance appelée (W)
Carnot 103	0 à 7	480	360
Carnot 105	0 à 7	480	360
Carnot 107	0 à 3	240	180
Carnot 72 Bis	1 à 4	240	180
	Total	1440	1080

Voltaire 29	0 à 3	240	180
	4 à 6	180	135
	Total	420	315

Voltaire 12	0 à 3	240	180
	4 à 6	180	135
	Total	420	315

Voltaire 14	0 à 3	240	180
	4 à 6	180	135
	Total	420	315

Voltaire 16	0 à 3	240	180
	4 à 6	180	135
	Total	420	315

Voltaire 62	0 à 6	660	495
	Total	660	495

Wilson 37	1 à 3	180	135
	4 à 7	240	180
	Total	420	315

Wilson 39	1 à 3	180	135
	4 à 6	180	135
	Total	360	270

Wilson 43	1 à 4	240	180
	Total	240	180

Wilson 68	1 à 3	180	67
	4 à 6	180	67
	Total	360	133

Wilson 70	1 à 10	600	450
	Total	600	450

**ANNEXE ECONOMIQUE 3 - ECLAIRAGE DES PARTIES
COMMUNES : LES HALLS D'ENTREE**

AE3-1 DETAIL DES COÛTS ET DES ECONOMIES REALISABLES PAR HALL

Cage	Situation actuelle	Détecteurs de présence	Usage de LBF	Bilan global	Investissement (F TTC)
	Consommation annuelle (kWh/an)	Economie annuelle (kWh/an)	Economie annuelle (kWh/an)	Economie annuelle totale (kWh/an)	
Wilson 37	1.067	518	283	801	960
Wilson 39	1167	602	283	885	960
Wilson 43	775	289	283	572	960
Wilson 70	1.360	757	283	1.040	960
Total	4.369	2.166	1.132	3.298 (- 75%)	3.840
Voltaire 12	1121	1.010	-	1.010	900
Voltaire 29	67	51	-	51	900
Voltaire 62	374	237	-	237	900
Total	1.562	1.298 (-83%)	-	1.298 (-83%)	2.700
Carnot 103	336	293	-	293	900
Carnot 105	72	39	-	39	900
Carnot 107	6	5	-	5	900
Carnot 72Bis	186	149	-	149	900
Total	600	486 (-81%)	-	486 (-81%)	3.600

Figure AE3.1: bilan des économies d'électricité pour l'éclairage des halls d'entrée

ANNEXE ECONOMIQUE 4 - ECLAIRAGE DES PARCS DE STATIONNEMENT

AE4-1 DETAIL DES ECONOMIES REALISABLES PAR ZONE ET PAR PARC

Opérations	Situation actuelle		Détecteurs, ballasts électroniques et tubes T5		
	Consommation Détecteur (kWh/an)	Consommation Permanent (kWh/an)	Economie réalisée (kWh/an)	Puissance effacer (W)	Coût (FTTC)
Wilson					
P1 Z1	363,1	1243,9	1337,6	263,4	2715
P1 Z2	699,8	3731,8	3813,4	564,5	4675
P1 Z3	1814,4	2487,8	2956,0	482,3	3100
P2 Z1	721,0	3109,8	3130,2	413,9	3695
P2 Z2	731,2	3731,8	3864,0	639,7	5165
P2 Z3	163,0	622,0	655,4	112,9	1735
Total		19419,5	15756,6	2476,7	21085
Carnot 1					
P1 Z1	860,0	4975,7	5076,0	689,0	4000
P1 Z2	857,0	2487,8	2739,2	551,2	3400
P2 Z1	380,0	1243,9	1389,0	482,3	3100
P2 Z2	657,0	4975,7	5110,4	826,8	4600
P2 Z3	39,0	1243,9	1251,9	206,7	1900
Total		17720,0	15566,5	2756,0	17000
Carnot 2					
R-1 Z1	792,1	3109,8	3307,2	639,7	5165
R-2 Z1	244,2	3109,8	3170,7	639,7	5165
Total		7255,9	6477,8	1279,4	10330
Voltaire					
R-1 + R-2		31098,0	27988,0	1881,5	21250,0

Figure AE4.1: bilan des économies d'électricité pour l'éclairage des parcs de stationnement