



*Direction de l'agriculture et des ressources naturelles
de l'environnement et de l'énergie.*

Service : environnement et énergie

TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION
ET ECLAIRAGE
ENQUÊTES DE TERRAIN DANS 50 BATIMENTS DE
BUREAUX

Rapport final

Janvier 2004

N° de marché : 2003-250

E N E R T E C H

Ingénierie énergétique et fluides

F - 26160 FELINES S/RIMANDOULE

Tel. & Fax : + (33) 04.75.90.18.54

E mail : sidler@club-internet.fr

http ://perso.club-internet.fr/sidler

SOMMAIRE

SOMMAIRE.....	1
INTRODUCTION & METHODOLOGIE.....	3
INTRODUCTION.....	4
CHAPITRE 1 : METHODOLOGIE DE L'ENQUETE.....	5
1.1 - Définitions.....	5
1.2 - Sélection de l'échantillon.....	5
1.3 - Caractéristiques de l'échantillon.....	6
1.4 - Méthodologie pour l'inventaire.....	9
1.5 - Description de l'enquête.....	11
PARTIE A L'ÉCLAIRAGE DES BUREAUX.....	13
CHAPITRE 2 : INVENTAIRE - ECLAIRAGE.....	14
2.1 - Les puissances surfaciques.....	14
2.2 - Le nombre et le type des luminaires installés.....	23
2.3 - L'âge moyen des luminaires.....	32
2.4 - Les commandes des pièces.....	34
CHAPITRE 3 : ENTRETIENS - ECLAIRAGE.....	37
3.1 - Quantité/Qualité de l'éclairage.....	37
3.2 - Utilisation de l'éclairage.....	38
3.3 - Commandes d'éclairage.....	40
3.4 - Maintenance.....	41
3.5 - Coût de la consommation d'éclairage.....	43
3.6 - Solutions alternatives.....	43
CHAPITRE 4 : DISCUSSION - ECLAIRAGE.....	46
4.1 - Profiter au mieux de l'éclairage naturel.....	46
4.2 - Éclairer uniquement les zones nécessaires.....	46
4.3 - Se contenter d'un niveau d'éclairement minimal.....	46
4.4 - Minimiser les durées de fonctionnement.....	47
4.5 - Installer des luminaires efficaces.....	49
PARTIE B LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION DANS LES BUREAUX.....	51
CHAPITRE 5 : INVENTAIRE - TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION.....	52
5.1 - L'inventaire informatique.....	52
5.2 - L'inventaire bureautique.....	56
CHAPITRE 6 : ENTRETIENS - TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION.....	62
6.1 - Age et stratégies de remplacement du matériel.....	62
6.2 - Durées d'utilisation des ordinateurs.....	63
6.3 - Gestion de l'alimentation sur des ordinateurs.....	63
6.4 - Extinction manuelle des appareils.....	69
6.5 - Solutions alternatives.....	75
CHAPITRE 7 : DISCUSSION - TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION.....	77
7.1 - Diminuer le nombre d'appareils par personne.....	77
7.2 - Réduire le nombre ou la durée des tâches effectuées.....	77
7.3 - Eteindre ou mettre en veille les appareils inutilisés.....	78
7.4 - Diminuer le temps de fonctionnement en veille.....	78
7.5 - Choisir du matériel efficace.....	79

ENTRETIENS GENERAUX & CONCLUSION.....	81
CHAPITRE 8 : ENTRETIENS GENERAUX	82
8.1 - <i>L'intérêt des dirigeants pour la M.D.E.</i>	82
8.2 - <i>La sensibilisation du personnel.</i>	83
8.3 - <i>La mise en place de solutions économes</i>	84
CONCLUSION.....	86
ANNEXES	89
ANNEXE 1 : METHODOLOGIE DE CALCUL	90
A1.1 - <i>Utilité d'une correction</i>	90
A1.2 - <i>Détermination des coefficients de pondération</i>	91
A1.3 - <i>Eclairage</i>	92
A1.4 - <i>Bureautique / informatique</i>	96
ANNEXE 2 : LES QUESTIONNAIRES UTILISES	100
A2.1 - <i>Le questionnaire usager</i>	100
A2.2 - <i>Le questionnaire général</i>	101
A2.3 - <i>Le questionnaire éclairage</i>	102
A2.4 - <i>Le questionnaire bureautique</i>	103
ANNEXE 3 : LES LAMPES DE BUREAU	104
ANNEXE 4 : L'ECLAIRAGE INDIRECT DANS LES PIECES DE BUREAUX.....	106
ANNEXE 5 : LES SURFACES VITREES DANS LES BUREAUX	109

INTRODUCTION & METHODOLOGIE

INTRODUCTION

Le secteur tertiaire, et plus particulièrement le secteur des bureaux, est un très gros contributeur à la consommation nationale et régionale d'électricité. C'est aussi le secteur dans lequel l'augmentation de la demande a été la plus marquée ces dernières années, notamment du fait d'un développement très prononcé de la bureautique, et plus particulièrement des ordinateurs.

Cette pression du secteur tertiaire sur la consommation d'électricité est très sensible en Région PACA, notamment à cause des zones d'activité nouvelles à très fort développement comme Sophia-Antipolis. Elle contribue de manière significative à augmenter la demande et à cristalliser les problèmes d'approvisionnement que pose la liaison électrique Boute-Carros.

En 2000, l'Etat a confirmé que le renforcement des lignes de transport d'électricité entre Boute et Carros ne devait pas être la seule solution envisagée. Le lancement d'une série d'études visant à déterminer les possibilités de Maîtrise de la Demande d'Electricité dans la région, a donc également été décidé. C'est le plan Eco-Energie dans lequel s'intègre la présente étude.

A ce jour, peu de travaux ont été conduits dans le secteur des bureaux. On ne dispose d'aucune information récente concernant l'éclairage et les technologies de l'information (informatique/bureautique). Très peu de données sont disponibles concernant le nombre et le type des luminaires ou des appareils de bureautique utilisés actuellement dans les établissements tertiaires. Les estimations des gisements réalisables sont dès lors inévitablement très approximatives.

L'étude qui suit est une enquête de terrain visant à définir la nature et les modes d'utilisation des équipements d'éclairage et de bureautique de 50 bâtiments de bureaux situés dans les Alpes-Maritimes et dans le Var.

Cette étude a pour objectif de dresser un inventaire du matériel installé, et de comprendre, grâce à des entretiens avec les responsables et les usagers, comment ces équipements sont utilisés et gérés. Il s'agit de déterminer la composition des parcs informatique et d'éclairage, les modes d'utilisation de ces matériels ainsi que le degré de connaissance et d'intérêt du personnel pour la maîtrise des consommations électriques.

Nous traiterons successivement de l'éclairage et des technologies de l'information. Trois chapitres seront développés à l'intérieur de chacune de ces deux grandes parties :

- le premier concernera les résultats objectifs et quantitatifs de l'inventaire réalisé dans les 50 établissements. On se basera pour cette analyse sur le nombre et les caractéristiques des appareils inventoriés, sur les surfaces mesurées, et sur le nombre de personnes présentes dans les bureaux,
- le second chapitre présentera les entretiens semi-directifs réalisés auprès de responsables techniques et d'usagers des bureaux,
- en dernier lieu, on évoquera les solutions envisageables pour diminuer ces consommations électriques. Une part importante est réservée aux solutions visant à sensibiliser le personnel.

Avant de conclure, nous analyserons les entretiens réalisés avec les dirigeants d'établissements concernant la manière la plus efficace de réduire les consommations électriques liées à l'éclairage et aux technologies de l'information dans leurs établissements.

CHAPITRE 1 : METHODOLOGIE DE L'ENQUETE

1.1 - DEFINITIONS

Voici la définition de quelques termes utilisés dans ce rapport :

L'échantillon réuni pour cette étude est constitué de 50 établissements (entreprises, administrations, privés ou publics...) choisis dans la région PACA.

Les bureaux d'un établissement sont constitués de quatre types de salles : des *pièces de bureaux*, des *circulations*, des *pièces communes* et des *toilettes*. Ils n'incluent en revanche pas les salles blanches ou grises, les halls d'exposition, les ateliers, les salles de stockage...

Une pièce de bureaux : c'est une pièce contenant un ou plusieurs postes de travail.

Une pièce commune de bureaux : c'est une pièce d'un établissement qui fait partie des bureaux mais qui n'est ni une pièce de bureaux, ni une circulation ni des toilettes. Les salles de réunion, de reprographie, les archives, les salles de formation et les salles serveur... sont considérées comme des salles communes.

Les circulations sont soit des couloirs, soit des escaliers.

Zone inventoriée : c'est la partie de l'établissement dans laquelle l'inventaire a été réalisé. Il s'agit de l'intégralité de l'établissement dans les petits établissements, mais d'une petite part de la surface totale pour les établissements les plus grands de l'échantillon.

Classe d'effectif : nous avons distingué 7 tailles d'établissement en fonction du nombre d'employés dans ses bureaux :

- moins de 6 personnes ; 6-10 personnes ; 10-19 personnes ; 20-49 personnes ;
50-99 personnes ; 100-199 personnes ; plus de 200 personnes.

1.2 - SELECTION DE L'ECHANTILLON

Pour réunir l'échantillon de 50 établissements nécessaire à cette étude, plus de 300 établissements ont du être contactés. Les 50 bâtiments de bureaux de l'échantillon qui ont accepté de participer aux deux phases de cette étude, répondaient tous aux critères suivants :

1.2.1 - SECTEUR D'ACTIVITE

Nous avons choisi des *établissements du secteur tertiaire*, ou des bâtiments de bureaux de grands établissements industriels dans quelques cas.

1.2.2 - EMLACEMENT GEOGRAPHIQUE

Les bureaux sélectionnés sont tous situés dans le parc d'activité de Sophia-Antipolis (Alpes Maritimes - 06) ou à Draguignan (Var - 83). Ces villes ont été sélectionnées pour des raisons d'organisation car elles sont relativement grandes, et situées à proximité de la ligne électrique Très Haute Tension (THT) entre les postes de transformation de Boutre et de Broc-Carros. Cette ligne qui circule de Cadarache à Nice passe par le Parc Régional du verdon.

1.2.3 - TAILLE DE L'ORGANISME

Nous avons choisi de sélectionner uniquement des établissements de plus de 3 salariés.

En PACA, $\frac{3}{4}$ des entreprises privées dans le secteur des services ont moins de 6 salariés. Mais elles emploient moins de 20% de l'effectif total des bureaux de la région. Comme le confirmera la dernière partie de ce rapport, le ratio du gisement d'économie réalisable sur le nombre d'établissement est donc très faible pour ces petits établissements par rapport à celui des grands établissements. Une politique de Maîtrise de la Demande d'Electricité efficace ciblera donc principalement les grands établissements. Nous avons donc choisi de privilégier ces derniers.

Le choix de ce critère, et les difficultés que nous avons eues pour trouver des établissements qui acceptent de participer à cette étude, font que la répartition finale des effectifs des établissements de l'échantillon est très différente de celle de la région PACA. Il a donc été nécessaire de corriger les moyennes trouvées pour l'échantillon, afin qu'il soit réellement représentatif de la situation régionale. Cette correction est expliquée en détail en Annexe 1.

Remarque:

Nous distinguerons clairement dans ce rapport, pour chaque valeur calculée:

➤ les *moyennes sur l'échantillon* obtenues en attribuant le même poids à chaque établissement de l'échantillon;

➤ les *moyennes régionales*, obtenues en corrigeant les moyennes sur l'échantillon pour donner une représentation plus juste des caractéristiques régionales.

1.3 - CARACTERISTIQUES DE L'ECHANTILLON

1.3.1 SECTEUR D'ACTIVITE

Les activités des organismes sélectionnés sont très variées. La figure 1.1 donne la structure de l'échantillon en fonction du type d'activité. Les catégories ont été choisies afin d'étudier l'influence du secteur d'activité sur le nombre et l'utilisation des appareils de bureautique. Nous avons cherché à caractériser l'activité principale de la zone inventoriée dans chaque établissement. Nous avons en particulier distingué les établissements de recherche et le développement (R&D) qui travaillent dans des domaines de pointe en Informatique-Électronique-Automatismes, de ceux qui travaillent dans d'autres domaines de R&D (bâtiment, pharmacie, matériaux, environnement, agriculture...). Nous avons groupé dans la catégorie "administration" tous les établissements qui effectuent des tâches purement administratives comme une caisse de retraite, un centre des impôts, un centre de paiements...

SECTEUR	% Draguignan	% Sophia-Antipolis	TOTAL
R&D-traditionnel	8%	26%	34%
Administration	16%	12%	28%
R&D-Informatique-Électronique-Automatismes	0%	16%	16%
Commerce / Banque	10%	4%	14%
Formation	2%	6%	8%
TOTAL	36%	64%	100%

Figure 1.1 : secteur d'activité des établissements de l'échantillon

On remarque que les établissements dont l'activité principale est la R&D représentent plus de la moitié des établissements de l'échantillon. La part des établissements travaillant dans les technologies de l'information, l'électronique ou les automatismes est sur-représentée par rapport à l'activité régionale : 16% (uniquement à Sophia-Antipolis) du fait même de la nature de ce parc de haute technologie.

1.3.2 EMPLACEMENT GEOGRAPHIQUE

- 32 établissements de notre échantillon sont situés à Sophia Antipolis. La plupart d'entre eux sont des entreprises privées. Le parc scientifique européen de *Sophia-Antipolis* (Valbonne) accueille près de 1.200 entreprises, principalement dans les domaines des sciences de l'information, des sciences du vivant et de la chimie fine... Leur personnel est constitué principalement de cadres, de chercheurs, d'ingénieurs et de techniciens. Les locaux sont relativement récents (moins de 25 ans).
- les 18 autres établissements sont situés à Draguignan, la sous-préfecture du Var. Les secteurs d'activité à Draguignan sont plus diversifiés. La majeure partie des organismes tertiaires qui y ont été sélectionnés sont des associations, des administrations ou des organismes publics.

1.3.3 TAILLE DE L'ORGANISME

La figure 1.2 donne la répartition **du nombre des établissements** tertiaires pour la région PACA (source : France Télécom, *Pages pro*), et pour l'échantillon, en fonction des classes d'effectif.

La figure 1.3 donne une estimation de la répartition **des effectifs** des établissements de service en PACA et pour les établissements de l'échantillon.

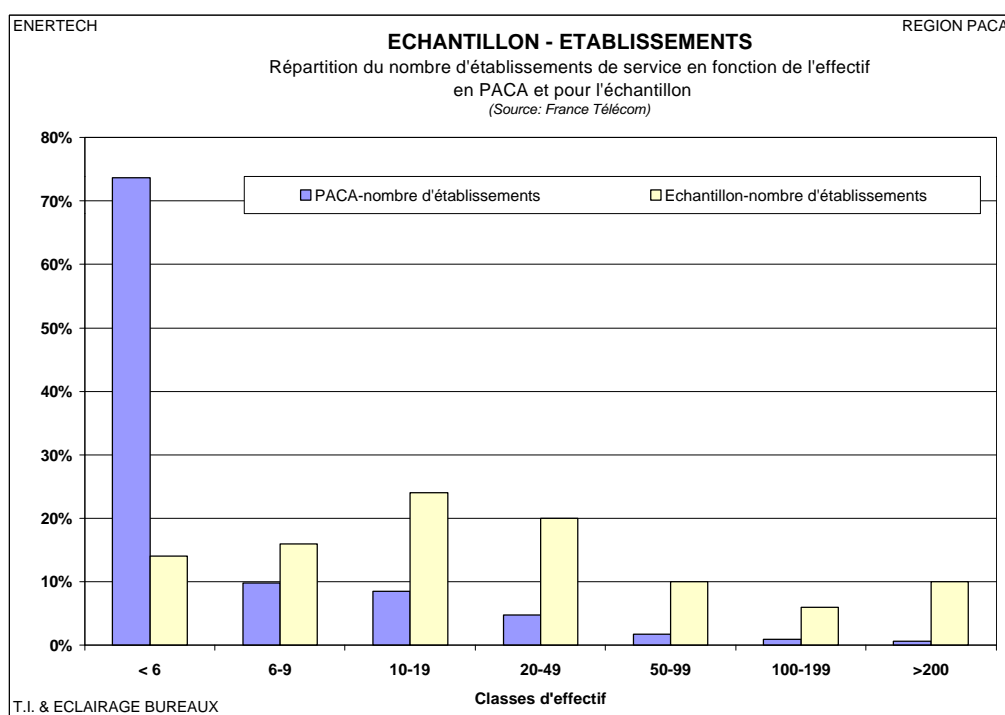


Figure 1.2 : répartition des établissements par classe d'effectif

Nous n'avons suivi volontairement que relativement peu d'établissements de moins de 6 personnes : seuls 14% des établissements de l'échantillon ont moins de 6 personnes travaillant dans leurs bureaux, contre 74% pour les établissements de PACA. Comme le montre la dernière figure pour les établissements de plus de 6 personnes, on peut sensibiliser 81% de l'effectif total des bureaux de la région, en ne contactant que 26% des établissements. Nous aurions de plus perdu beaucoup de précieuses

informations sur les établissements les plus grands (et les plus intéressants d'un point de vue MDE) si 37 des établissements de notre échantillon (au lieu de 7) avaient eu un effectif inférieur à 6 personnes.

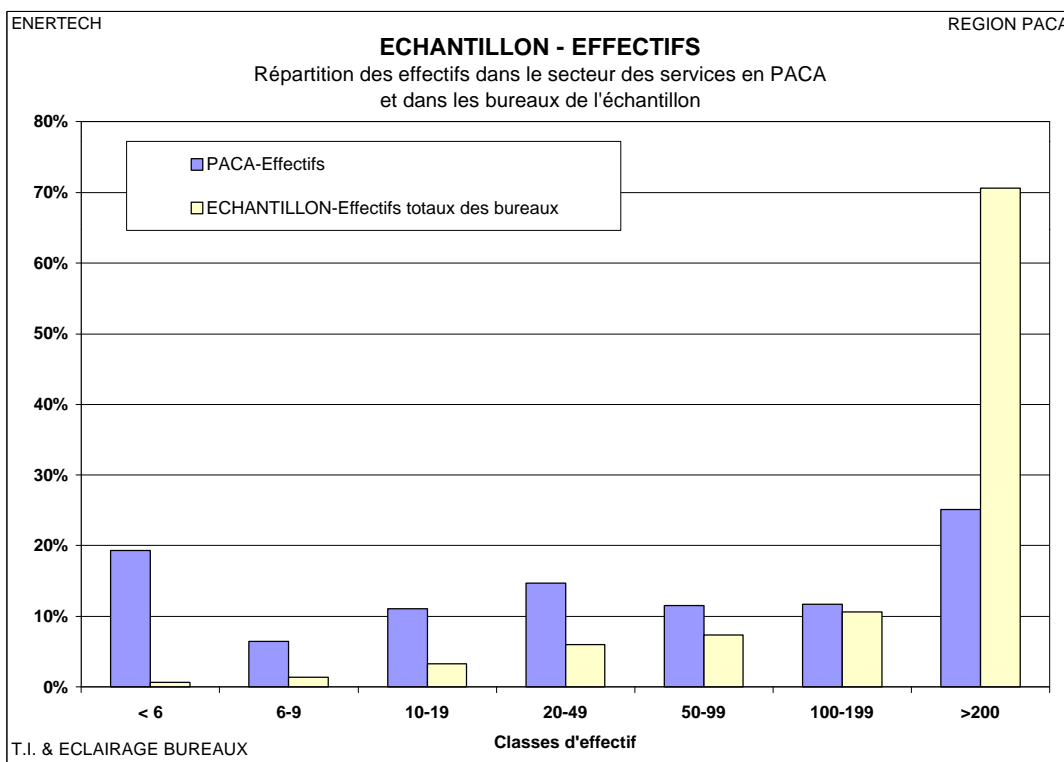


Figure 1.3 : répartition des effectifs par classe d'effectif

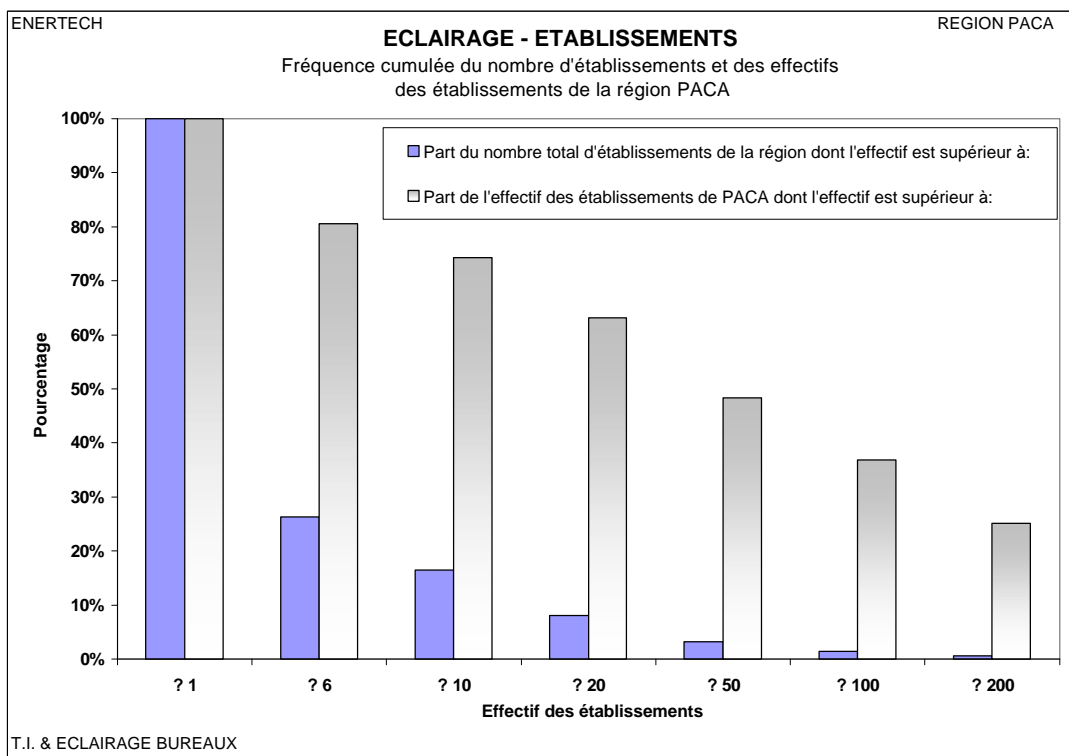


Figure 1.4 : fréquence cumulée du nombre d'établissements et de leur surface en PACA

On remarque également qu'en PACA sur les figures 1.3 et 1.4 que moins de 20% des effectifs du secteur tertiaire travaillent dans des établissements de moins de 6 salariés, et plus de 25% dans des établissements de plus de 200 salariés. Les 4 établissements de plus de 200 personnes de l'échantillon

représentent plus de 70% de l'effectif total des bureaux suivis. Cette sur-représentation des grands établissements est en partie due à la présence d'un établissement de 1800 personnes dans l'échantillon, et également à la sous-représentation des établissements de moins de 6 personnes déjà évoquée.

1.3.4 PUBLIC / PRIVE

La répartition des établissements publics et privés est donnée par la figure 1.5.

	% Draguignan	% Sophia-Antipolis	Total
Privé	14%	44%	58%
Public	16%	16%	32%
Associatif	6%	4%	10%
Total	36%	64%	100%

Figure 1.5 : statut des établissements de l'échantillon

Il nous a été difficile particulièrement de trouver des établissements privés dans le tertiaire à Draguignan. Principalement parce qu'il y a très peu d'entreprises de ce type à Draguignan. Seule une banque a accepté de participer à cette étude. Les autres ont refusé à cause de problèmes relatifs à la sécurité de leur établissement.

1.3.5 PROPRIETAIRE / LOCATAIRE

On verra qu'il est important de savoir si les établissements du tertiaire sont ou non, propriétaires de leurs locaux. En effet, les locataires hésitent beaucoup plus que les propriétaires à investir dans des modifications de leurs installations d'éclairage, même si elles sont rentables à court terme.

	% Draguignan	% Sophia-Antipolis	Total
Locataire	16%	34%	50%
Propriétaire	20%	30%	50%
TOTAL	36%	64%	100%

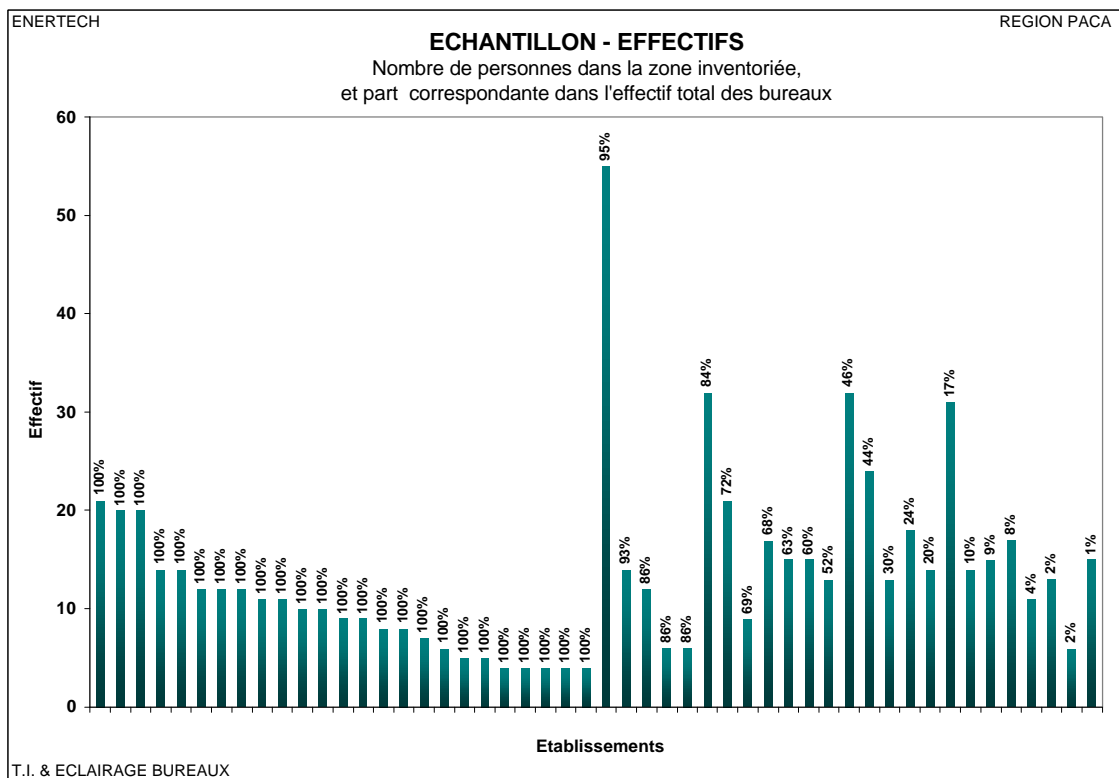
Figure 1.6 : part des établissements de l'échantillon propriétaires de leurs locaux

Dans l'échantillon, il y a autant d'établissements qui louent leurs locaux que d'établissements qui en sont propriétaires. On remarque également qu'il y a plus de propriétaires à Draguignan qu'à Sophia-Antipolis. A titre indicatif, sur 628 établissements du tertiaire recensés à Sophia-Antipolis, seuls 13% sont propriétaires de leurs locaux (*source* : SAEM SACA (aménagement du territoire à Sophia Antipolis)). La différence avec notre échantillon peut s'expliquer par le nombre important d'établissements de moins de 6 personnes qui louent leurs locaux à Sophia, et qui sont sous-représentés dans l'échantillon.

1.4 - METHODOLOGIE POUR L'INVENTAIRE

1.4.1 CHOIX DES ZONES INVENTORIEES

Dans chaque établissement, nous avons inventorié tout ou partie des bureaux. Nous avons passé entre 1 heure et 5 heures dans chaque établissement de l'échantillon, en fonction principalement de la surface des locaux inventoriés. Cette surface varie suivant l'établissement de 46 m² à 600 m². Le nombre de personnes qui travaillent dans les zones inventoriées est compris entre 4 et 55 personnes, comme le montre la figure 1.7.



- le type de commande de chaque type de luminaire (inter/télérupteur; commande locale ou centralisée, sur horloge ou non, détecteur de présence ou minuterie...).

Au total, **2150 luminaires** ont été ainsi inventoriés.

1.4.3 CARACTERISATION DES APPAREILS DE BUREAUTIQUE

Pour réaliser l'inventaire sur les technologies de l'information, nous avons en plus relevé dans chaque pièce de bureaux, couloir ou salle de reprographie inventoriée :

- le nombre de postes individuels (bureaux) dans chaque pièce
- le nombre de postes partagés entre plusieurs personnes (quand il y en a)
- le nombre de personnes fixes qui travaillent dans la pièce

Nous avons également relevé dans chaque pièce :

- la quantité et les principales caractéristiques des ordinateurs présents :
 - modèle de marque ou assemblé par un revendeur local,
 - poste fixe ou portable
 - utilisation individuelle, partagée ou dédiée
 - nombre d'utilisateurs par appareil
 - système d'exploitation
 - paramètres d'activation du gestionnaire de veille
- la quantité et les principales caractéristiques des écrans utilisés :
 - cathodique ou plat
 - taille
 - nombre de postes fixes associés
 - présence du logo *Energy Star*
- la quantité et les principales caractéristiques des imprimantes :
 - laser / jet d'encre / matricielle
 - couleur ou noir et blanc
 - locale ou réseau
 - nombre d'utilisateurs par appareil
- la quantité et les principales caractéristiques de tout autre appareil de bureautique présent dans la pièce : fax, photocopieur, minitel, onduleur...

Au total, plus de **750 ordinateurs, près de 250 imprimantes et 247 autres appareils de bureautique** (photocopieurs, scanners, fax...) ont été inventoriés.

1.5 - DESCRIPTION DE L'ENQUETE

Nous avons réalisé une série d'entretiens auprès de responsables et auprès de certains usagers dans chaque établissement de l'échantillon. Ces entretiens semi-directifs ont été réalisés à partir de questionnaires présentés dans l'annexe n°2 de ce rapport.

1.5.1 LES ENTRETIENS AVEC LES DIRIGEANTS

Nous avons dans chaque établissement rencontré un ou plusieurs dirigeants qui ont accepté de répondre à un ou plusieurs des 3 questionnaires décrits ci-dessous :

- Le premier questionnaire concerne **l'établissement en général**, son activité, sa stratégie en matière d'environnement et les possibilités envisagées par les responsables pour réduire les consommations d'électricité dans leurs locaux.
- Le second questionnaire traite de **l'éclairage**. Les questions concernent principalement les caractéristiques de l'installation électrique d'éclairage, la maintenance, ainsi que les solutions envisagées pour réduire les consommations d'éclairage;
- Le troisième questionnaire traite **de l'informatique et de la bureautique**. L'entretien a permis de déterminer les caractéristiques de l'installation informatique, du réseau et des serveurs. Les responsables informatiques ont aussi répondu aux questions concernant la gestion des allumages et des extinctions des appareils d'informatique et de bureautique. L'utilisation d'un gestionnaire de veille sur les postes fixes a été également longuement abordée.

Les personnes interrogées pour les 2 premiers questionnaires étaient généralement des cadres de l'établissement : directeurs ou gérants dans les petits établissements, responsables des services techniques dans les plus grands. Dans certains établissements, malheureusement, nous n'avons pas pu rencontrer le responsable qui aurait pu répondre à l'intégralité des questions abordées dans ces questionnaires, en particulier en ce qui concerne la stratégie de l'établissement en matière de MDE et d'investissements.

Pour le questionnaire informatique, c'est généralement une personne différente qui a participé à l'entretien : la personne en charge de l'informatique dans les petits établissements, ou l'un des responsables du service informatique dans les plus grands.

1.5.2 LES ENTRETIENS AVEC LES USAGERS

Nous avons également interrogé 374 usagers, choisis au "hasard" des bureaux de ces 50 établissements. Ils ont répondu généralement volontiers et franchement au bref questionnaire présenté en annexe n°2. Ce questionnaire traitait surtout :

- **au niveau de l'éclairage** : de l'impression générale que les usagers ont de l'éclairage dans leur bureau, et de la manière dont ils l'utilisent;
- **au niveau des technologies de l'information** : de la manière dont les usagers utilisent les appareils, et en particulier gèrent les allumages et extinction de leur poste informatique et des appareils de bureautique qui les entourent.

Nous avons en outre mesuré à titre indicatif les niveaux d'éclairement (en lux) sur 98 postes de travail dans 24 établissements, sans tenir compte de l'heure ni de l'emplacement du poste de travail dans la pièce. Nous avons demandé à l'utilisateur son appréciation du niveau d'éclairement sur son poste au moment de la mesure (insuffisant, suffisant, excessif).

PARTIE A

L'ÉCLAIRAGE DES BUREAUX

CHAPITRE 2 : INVENTAIRE - ECLAIRAGE

Nous allons étudier dans cette partie l'éclairage des 50 établissements de l'échantillon. Les données relevées sur place sont le nombre et les caractéristiques des luminaires utilisés dans chacune des pièces inventoriées, ainsi que la surface au sol et la surface vitrée de ces pièces. On raisonnera donc ici uniquement en terme de puissance installée et pas en terme d'énergie. En effet les temps de fonctionnement des luminaires nous sont inconnus. Elles devront faire l'objet d'une campagne de mesure.

2.1 - LES PUISSANCES SURFACIQUES

2.1.1 REMARQUES PRELIMINAIRES :

Comptabilisation des luminaires

Nous avons comptabilisé dans cet inventaire uniquement les luminaires qui étaient utilisés ou utilisables. Nous avons donc pris en compte les luminaires (lampes sur prise ou fixes) qui selon les usagers n'étaient pourtant que peu voire jamais utilisées, à partir du moment où elles étaient branchées et en état de fonctionnement. Nous avons considéré d'une part, que l'utilisateur pouvait mal estimer le temps d'allumage de ces luminaires, et d'autre part qu'un autre usager au même poste aurait sans doute un comportement différent.

Nous n'avons en revanche pas comptabilisé :

- les lampes de bureau cassées, abandonnées ou débranchées définitivement dans un coin du bureau, les vieilles lampes halogènes sur pied que le responsable maintenance tarde à venir rechercher...
- les tubes et les ampoules volontairement débranchés par les usagers. Nous avons en effet noté que dans de nombreux établissements, des tubes fluorescents (néons) sont systématiquement "démontés" de certains pavés pour éviter les reflets ou le suréclairage. Ils ne participent donc pas à la consommation d'éclairage et ne sont donc pas pris en compte dans le calcul des puissances totales installées. En revanche nous avons bien sûr pris en compte les tubes et ampoules "naturellement" en panne, et en attente d'être remplacés.

RAPPEL SUR LES DIFFÉRENTS TYPES DE SOURCE RENCONTRÉS

Nous considérerons dans ce qui suit 4 types de sources lumineuses, que nous classerons par efficacité lumineuse croissante :

- les sources **incandescentes** : cette catégorie contient les ampoules incandescentes classiques (GLS) hors lampes halogènes;
- les sources **halogènes** : on groupe ici les lampes halogènes utilisées en très basse tension (12 V) ou en 230 V,
- les **Lampes Basse Consommation (LBC)** : cette catégorie regroupe les Lampes Fluocompactes (LFC) et plus généralement tous les types de lampes fluorescentes non rectilignes du type TC (en boucle) ou T5-D (circulaires),
- les **tubes fluorescents** : on considère ici tous les tubes de diamètre T5 ou T8, à ballast électronique ou magnétique.

RAPPEL SUR L'EFFICACITÉ LUMINEUSE (LUMENS/WATTS)

L'efficacité lumineuse définit la capacité d'un éclairage à produire un flux lumineux important à partir d'un Watt (W) électrique absorbé. Il faut distinguer trois efficacités lumineuses, suivant que l'on tient compte :

- de la source lumineuse seule,
- de la source lumineuse et de son alimentation électrique (transformateur, redresseur, ballast...),
- de la source lumineuse, de son alimentation électrique et des pertes optiques de l'installation (diffuseur, réflecteur...). C'est l'efficacité du luminaire tout entier.

La figure 2.1 donne des valeurs moyennes de l'efficacité lumineuse de différents types de luminaires présents dans les bureaux, ainsi que les valeurs retenues pour cette étude.

	Incandescent	Halogène	LBC	Tube fluorescent T8 à ballast standard
Efficacité lumineuse de la source et de son alimentation (lumens/Watt)	5-15	10-26	50-70	55-85
Valeurs retenues pour les luminaires avec leur alimentation (lumens/Watt)	10	17	60	70

Figure 2.1 : estimation de l'efficacité lumineuse des différents types de sources et de leur alimentation éventuelle (ballast)

2.1.2 PUISSANCES SURFACIQUES INSTALLEES POUR L'ENSEMBLE DE L'ETABLISSEMENT

La puissance surfacique installée (en Watt par m²) est égale au ratio de la puissance totale des luminaires installés (c'est-à-dire des sources et de leur alimentation éventuelle), sur la surface considérée. Pour trouver la puissance surfacique moyenne par établissement, applicable au niveau régional, nous avons utilisé la méthode de calcul expliquée en annexe n°1. Ces moyennes ont été établies à partir des données relevées sur site, par type de pièce.

La figure 2.2 indique les puissances moyennes surfaciques déterminées pour l'ensemble des établissements.

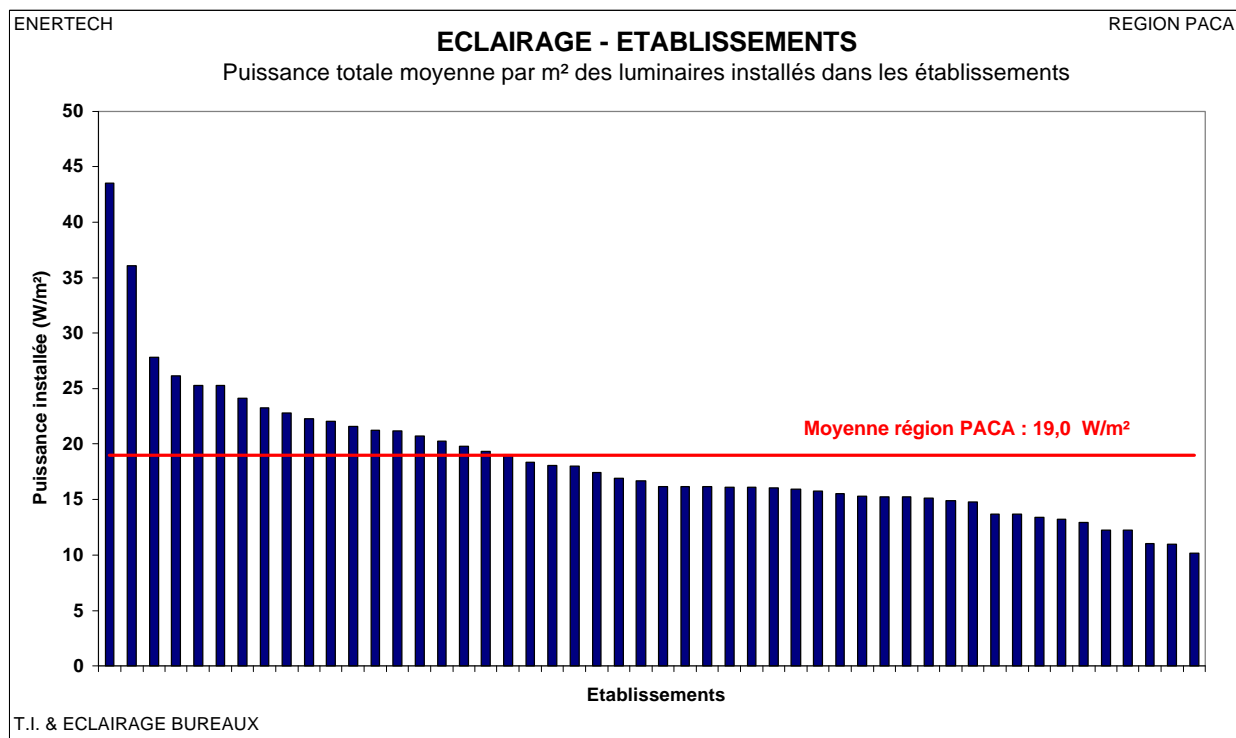


Figure 2.2 : puissances surfaciques moyennes pour les établissements de l'échantillon, et moyenne régionale

La valeur moyenne estimée au niveau régional est de 19,0 W/m² pour l'ensemble de l'établissement. Comme nous allons le montrer dans le prochain paragraphe, cette valeur est très proche de celle relevée dans les pièces de bureaux.

La valeur minimale est de 10,2 Watts/m² pour un petit établissement où les employés sont des informaticiens souhaitant travailler dans la pénombre, avec uniquement des tubes fluorescents dans les bureaux. La puissance installée maximale atteinte pour l'échantillon est égale à 43,5 W/m² ! L'utilisation systématique d'halogènes de 300 W en appliques indirectes, de nombreuses ampoules halogènes basse tension utilisées comme décoration, et un niveau d'éclairage relativement élevé dans tous les bureaux, explique que cette puissance surfacique soit plus de 4 fois supérieure à la valeur minimale observée pour l'échantillon.

A partir de mesures effectuées sur place au moyen d'un télémètre, et des plans des locaux fournis par certaines entreprises, nous pouvons estimer la part de chaque type de pièce dans la surface des bureaux des établissements :

Type de pièce	Part de la surface totale des bureaux
Pièces de bureaux	60 %
Circulations	20 %
Pièces communes	15 %
Toilettes / vestiaires	5 %

Figure 2.3 : répartition des surfaces des bureaux

Remarque 1 : nous avons pris en compte uniquement la surface de « bureaux » des établissements dans cette étude. Nous n'avons donc pas inventorié les salles de production, les ateliers, les salles blanches ou grises...

Remarque 2 : nous avons considéré que la puissance surfacique moyenne des pièces communes (salle de reprographie, de réunion) était identique à celle des pièces de bureaux. En effet, l'échantillon de pièces communes réuni est trop faible (34 pièces) et trop diversifié pour apporter un résultat fiable.

2.1.3 PUISSANCES SURFACIQUES POUR CHAQUE TYPE DE PIECE

Nous n'avons donc considéré que trois types de pièce dans les bureaux :

- les pièces de bureaux
- les couloirs
- les toilettes

La figure 2.4 montre pour chacun des trois types de pièce, la puissance moyenne surfacique installée, tous types de source confondus, calculée à partir des données recueillies.

Ces valeurs moyennes ont été déterminées :

- **pour chaque classe d'effectif** (moyenne sur l'échantillon);
- **pour la région entière** (à droite sur les graphes). Ces valeurs "régionales" ont été obtenues en corrigeant les moyennes sur l'échantillon. Cette correction est expliquée en détail en annexe n°1.

La valeur moyenne au niveau régional de la puissance surfacique est égale à :

- pour **les pièces de bureaux et les pièces communes : 19,3 W/m²**
- pour **les circulations : 15,5 W/m²** ;
- pour **les toilettes : 28,3 W/m²**.

On remarque sur ces figures qu'en moyenne et dans tous les types de pièce étudiés, la puissance surfacique installée ne dépend pas de la taille de l'établissement. Les puissances surfaciques minimales et maximales sont atteintes par 2 établissements de moins de 10 personnes. Dans un grand établissement de 70 personnes, la puissance installée est supérieure à 36 W/m² à cause des lampes halogènes sur pied installées systématiquement dans les bureaux.

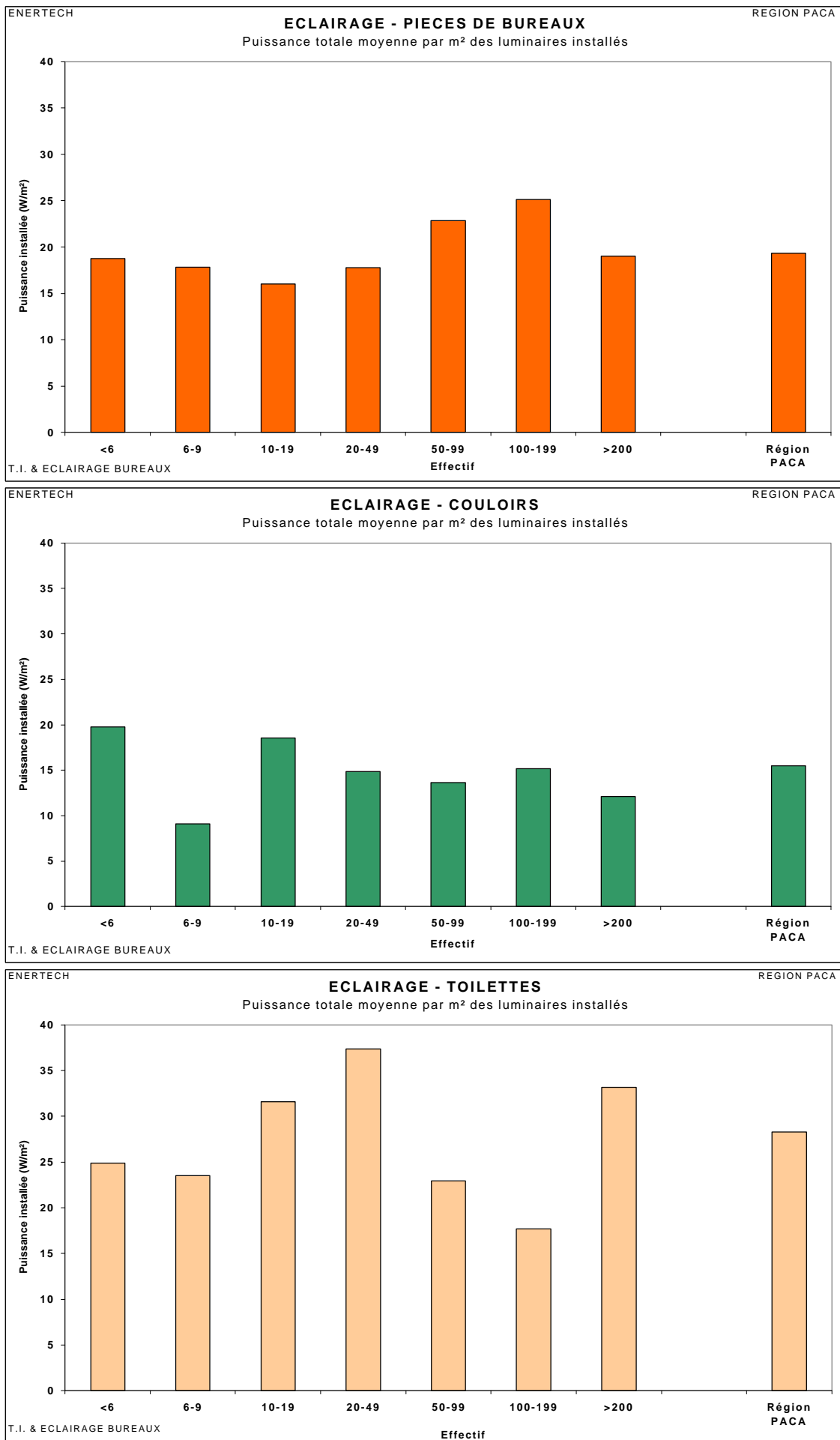
La puissance surfacique installée dans les pièces de bureaux est très proche de celle de l'ensemble des établissements indiquée au paragraphe précédent. Elle est 25% plus élevée que dans les circulations.

Cette différence peut être expliquée :

- par la présence supplémentaire de lampes de bureaux pour un poste de travail sur trois dans les pièces de bureaux (voir annexe n°3). La puissance de ces lampes est ajoutée à celle des tubes fluorescents généralement installés au plafond dans les pièces de bureaux comme dans les couloirs. Elle représente en moyenne 7,3% de la puissance installée dans les pièces de bureaux.
- par le niveau d'éclairement requis plus élevé dans les bureaux que dans les circulations, quelle que soit l'heure de la journée. Pour une même surface la puissance installée devra être plus élevée dans les bureaux que dans les couloirs, soit en ajoutant des luminaires, soit en augmentant leur puissance.

Dans les toilettes, la puissance installée est très élevée : 28,3 W/m², soit 1,8 fois plus que dans les circulations. Cette différence sera expliquée plus bas.

Figure 2.4 : puissance surfacique installée en fonction de la classe d'effectif



A partir de la figure 2.4, on peut calculer la part de chaque type de pièce dans la puissance installée totale :

Type de pièce	Part de la surface totale des bureaux	Puissance installée (W/m ²)	Part de la puissance totale installée
Pièces de bureaux	60 %	19,3	61%
Circulations	20 %	15,5	16%
Pièces communes	15 %	19,3	15%
Toilettes / vestiaires	5 %	28,3	8%

Figure 2.5 : part de chaque type de pièce dans la puissance installée totale dans l'établissement

Le gisement d'économie d'énergie dépend du niveau de puissance installée, du type de source utilisé et également de la durée de fonctionnement des luminaires que nous ne connaissons pas avec précision pour l'instant. Cette figure nous indique que plus de $\frac{3}{4}$ de la puissance lumineuse des bureaux est installée dans les pièces de bureaux ou les pièces communes. En revanche, malgré la forte puissance surfacique installée dans les toilettes, ces locaux ne représentent que 8% de la puissance lumineuse installée dans les établissements.

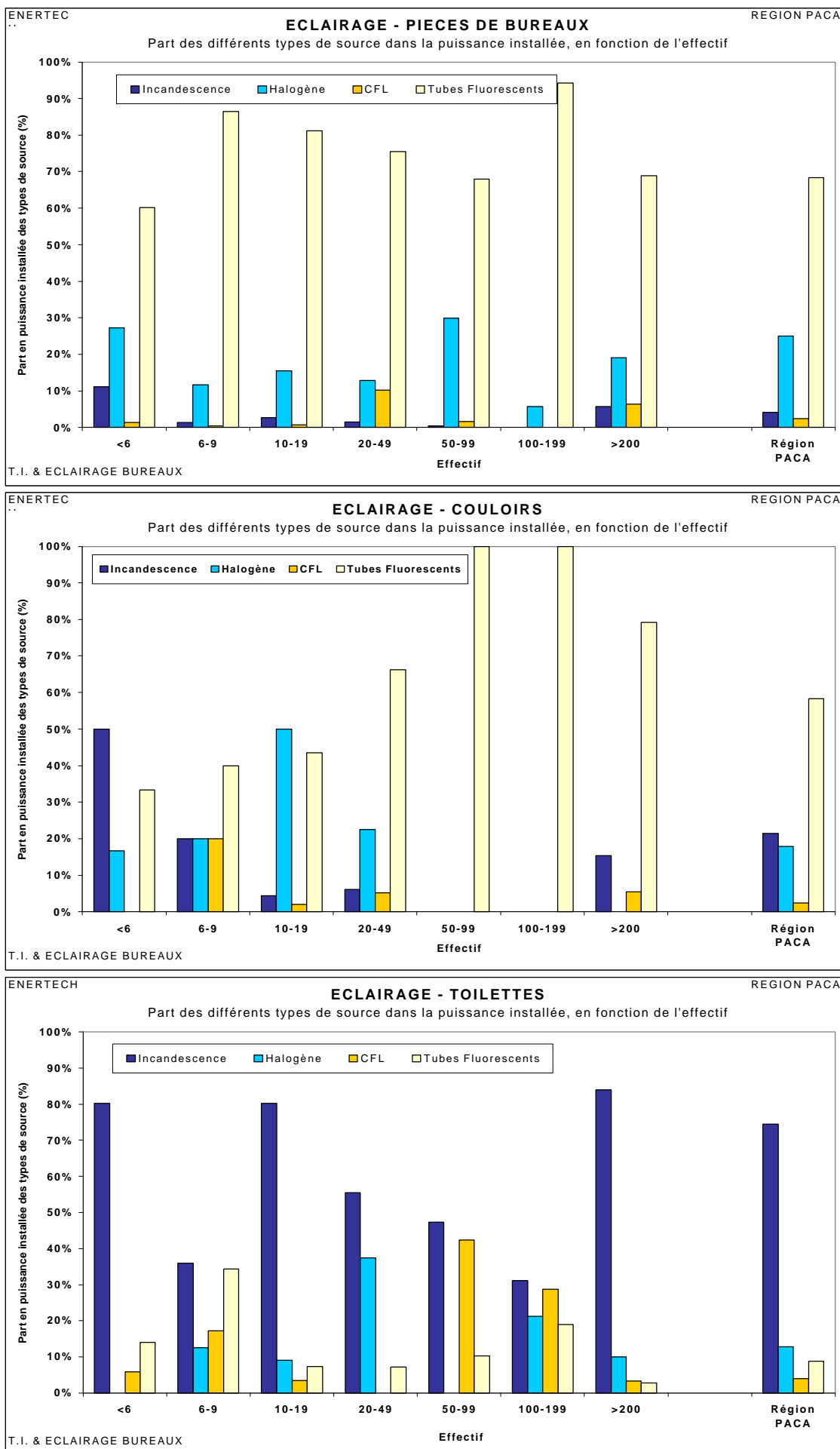
La figure 2.6 précise pour chaque classe d'effectif et chaque type de pièce, la part du type de source (incandescent, halogène, LBC ou tube fluorescent) dans la puissance installée totale.

On peut également estimer l'efficacité lumineuse moyenne par type de pièce.

	Incandescent	Halogènes	Lampe basse consommation	Tube fluorescent	Total	Efficacité lumineuse moyenne (lumens/Watt)
Pièces de bureaux	4%	25%	2%	68%	100 %	54
Couloirs	21%	18%	2%	58%	100 %	47
Toilettes	74%	13%	4%	9%	100 %	18
Établissement (estimations)	11%	23%	3%	63%	100 %	51

Figure 2.7 : part des différents types de source dans la puissance installée et estimation de l'efficacité lumineuse moyenne par pièce

Figure 2.6 : puissance surfacique installée en fonction de la classe d'effectif



Les graphes de la figure 2.6 et les observations de terrain permettent de dégager les enseignements suivants:

Dans les pièces de bureaux

☞ **Les tube fluorescents** sont très souvent utilisés sur les plafonds des bureaux. On trouve généralement des pavés de 4x18 W, mais aussi des 2x36 W, et dans les établissements les plus anciens, des 2x58 W. Ils représentent 68% de la puissance installée. Ils sont systématiquement utilisés dans les grands établissements. Les établissements de moins de 6 personnes les utilisent moins.

☞ **Les lampes halogènes** représentent 25% de la puissance installée dans les pièces de bureaux. On peut distinguer deux catégories de luminaires halogènes en fonction du type de leur type d'alimentation électrique : alimentation en 230 Volts ou en basse tension.

- 63 % de la puissance **halogène** installée provient d'ampoules halogènes **alimentées en 230V**. Mais seulement 21% des ampoules halogènes inventoriées dans les pièces de bureaux sont alimentées en 230V. Le plus souvent ces sources sont des ampoules de fortes puissances (100, 300 ou 500 W), utilisées pour l'éclairage indirect dans des appliques murales ou des lampadaires. Les lampes halogènes sur pied ont actuellement tendance à être remplacées en partie du fait de leur forte consommation. 16 % de la puissance **totale** installée dans les pièces de bureaux provient des halogènes 230V.
- 37 % de la puissance **halogène** installée provient d'ampoules **halogènes très basse tension** (12V). Elles sont 4 fois plus nombreuses que les halogènes 230V dans les pièces de bureaux. Elles ne représentent que 9% de la puissance **totale** installée dans ces pièces.

☞ **Les lampes à incandescence** ont presque disparu de ce type de pièce (4% de la puissance totale installée dans les pièces de bureaux). On ne les trouve plus comme éclairage principal que dans les établissements de moins de 6 personnes. Quelques vieilles lampes de bureau fonctionnent encore dans les établissements plus grands.

☞ **Les lampes basse consommation** ne représentent que 2% de la puissance installée dans les pièces de bureaux. Elles ne sont pour l'instant utilisées que sur des lampes de bureau de 11 W (voir annexe n°3 pour plus de détails sur les différents types de lampes de bureau).

Remarque:

Au niveau régional, la part de **l'éclairage indirect** dans la puissance installée dans les pièces de bureaux atteint presque 10%. Des informations supplémentaires sont données sur l'éclairage indirect en annexe n°4.

Dans les couloirs

Il est intéressant de noter que la puissance et l'efficacité des luminaires installés dans les couloirs sont plus faibles que dans les pièces de bureaux. Le niveau d'éclairement est donc nécessairement plus faible dans les couloirs. L'efficacité lumineuse plus faible des couloirs par rapport aux pièces de bureaux peut être expliquée par l'utilisation de lampes à incandescence dans les nombreux établissements de moins de 6 personnes, et de lampes halogènes dans les établissements de moins de 50 personnes.

☞ **Les tubes fluorescents** sont omniprésents dans les couloirs des établissements de plus de 50 personnes.

☞ **Les halogènes** utilisées dans les couloirs des établissements de moins de 50 personnes sont quasiment toutes des halogènes dichroïques de 50W. Deux établissements utilisent des halogènes de 100 W en applique dans les couloirs. Par contre, 8 autres établissements utilisent des halogènes dichroïques de 50 W (12 V ou 230V) dans les faux plafonds. Les grands établissements n'utilisent pas d'halogène dans

les circulations, sans doute à cause de leur forte consommation et des difficultés de maintenance constatées sur les halogènes dichroïques.

☞ **Les lampes incandescentes** ne sont utilisées dans les couloirs que par les établissements de moins de 10 personnes. Une seule grande entreprise utilisait encore des lampes à incandescence dans ses couloirs, pour baliser un chemin de ronde (qui n'est d'ailleurs plus utilisé à ce jour). Ces lampes participent cependant encore à plus de 50% à la puissance installée dans les couloirs des établissements de moins de 6 personnes.

☞ **Les lampes basse consommation** ne représentent que 2% des puissances installées dans les couloirs. On les trouve en général dans les établissements de moins de 50 personnes. Elles sont alors généralement utilisées avec un luminaire incrusté dans le faux plafond, qui contient un réflecteur en cloche au centre de laquelle est fixée l'ampoule. Une plaque de verre est parfois présente sous le réflecteur pour diffuser la lumière. Les lampes basse consommation pourraient rapidement remplacer toutes les lampes à incandescence dans les circulations des petits établissements.

Dans les toilettes

Dans les toilettes le niveau de puissance installée est presque le double de celui des couloirs, alors que le niveau d'éclairement requis pourrait normalement être identique, voire inférieur. De plus, l'efficacité lumineuse (18 lumens/W) y est très mauvaise. On assiste donc à un gaspillage important d'énergie. Les toilettes sont généralement composées de salles de très petites surfaces. 50 % des toilettes inventoriées possèdent deux cabines, et 9% trois cabines. En ajoutant la salle des lavabos, on trouve le plus souvent au moins 3 salles fermées avec 3 circuits lumières indépendants, et au moins trois ampoules, pour seulement une dizaine de mètre carrés utilisés.

☞ **Les lampes à incandescence** représentent 74% de la puissance installée dans les toilettes (contre seulement 21% dans les couloirs). On trouve notamment de nombreux ampoules « linolite » au-dessus des lavabos (dont certaines semblent en panne et non remplacées). Mais la plupart des lampes à incandescence dans la partie « lavabo » ou dans les cabines, sont placées sous un diffuseur de type « globe » (qui fait encore baisser l'efficacité lumineuse). Le choix de ce type de source dans les toilettes peut être expliqué de différentes manières :

- il faut éviter un suréclairage des toilettes, pour des raisons de confort. Les luminaires incandescents sont en général de puissance plus faible que les tubes fluorescents standards (une ampoule de 60 W contre un pavé 4x18 W de 92 W). Et surtout leur efficacité lumineuse est environ 7 fois plus faible que celle des tubes fluorescents: la quantité de lumière qu'ils émettent sera donc beaucoup plus faible que celle émise par un luminaire à tubes fluorescents de même puissance;
- toujours pour des raisons de confort, les usagers préfèrent des lumières plus chaudes dans les toilettes que dans les bureaux, surtout au-dessus des miroirs;
- enfin, les toilettes sont parfois des lieux représentatifs du standing de l'établissement, comme les halls d'accueil (et plus que les pièces de bureaux). On évite donc les tubes fluorescents froids et bon marché (ainsi que les minuteriers), au profit de multiples points de lumière chaude et incandescente.

☞ **Des ampoules halogènes dichroïques** sont utilisées dans 7 établissements relativement récents de l'échantillon. On ne trouve aucun halogène de puissance supérieure à 50 W. Nous avons pu noter que ces installations semblent vieillir assez mal (mauvais entretien, humidité...). De plus l'éclairage très directif des halogènes basse tension ne convient généralement pas au lieu. C'est sans doute pourquoi dans les toilettes, la part des halogènes dans la puissance installée est presque 6 fois plus faible que celle des lampes à incandescence.

☞ **Les tubes fluorescents** ne sont pratiquement pas utilisés dans les sanitaires (9% de la puissance installée) sans doute du fait de leur encombrement et de leur température de couleur trop élevée. On rencontre quelques tubes dans les bâtiments les plus anciens : un seul tube est alors utilisé et fixé au mur (1 x58 W par exemple), mais uniquement dans la partie « lavabo » des toilettes. Les 1x18 W sont parfois également utilisés pour remplacer les linolites au-dessus des lavabos.

☞ **Les lampes basse consommation** représentent aujourd'hui 4% de la puissance installée. En général, elles remplacent les ampoules à incandescence dans les luminaires anciens. Mais, signe encourageant, elles semblent presque systématiquement utilisées dans les toilettes les plus récentes.

2.2 - LE NOMBRE ET LE TYPE DES LUMINAIRES INSTALLES

En plus des puissances installées, il est important de connaître le nombre de luminaires installés par m². On distinguera bien dans ce paragraphe le **nombre de luminaires** et le nombre de **sources lumineuses**. Une lampe de bureau avec 2 ampoules incandescentes, sera comptabilisée pour certaines figures comme un seul luminaire, et pour d'autres comme 2 sources lumineuses distinctes.

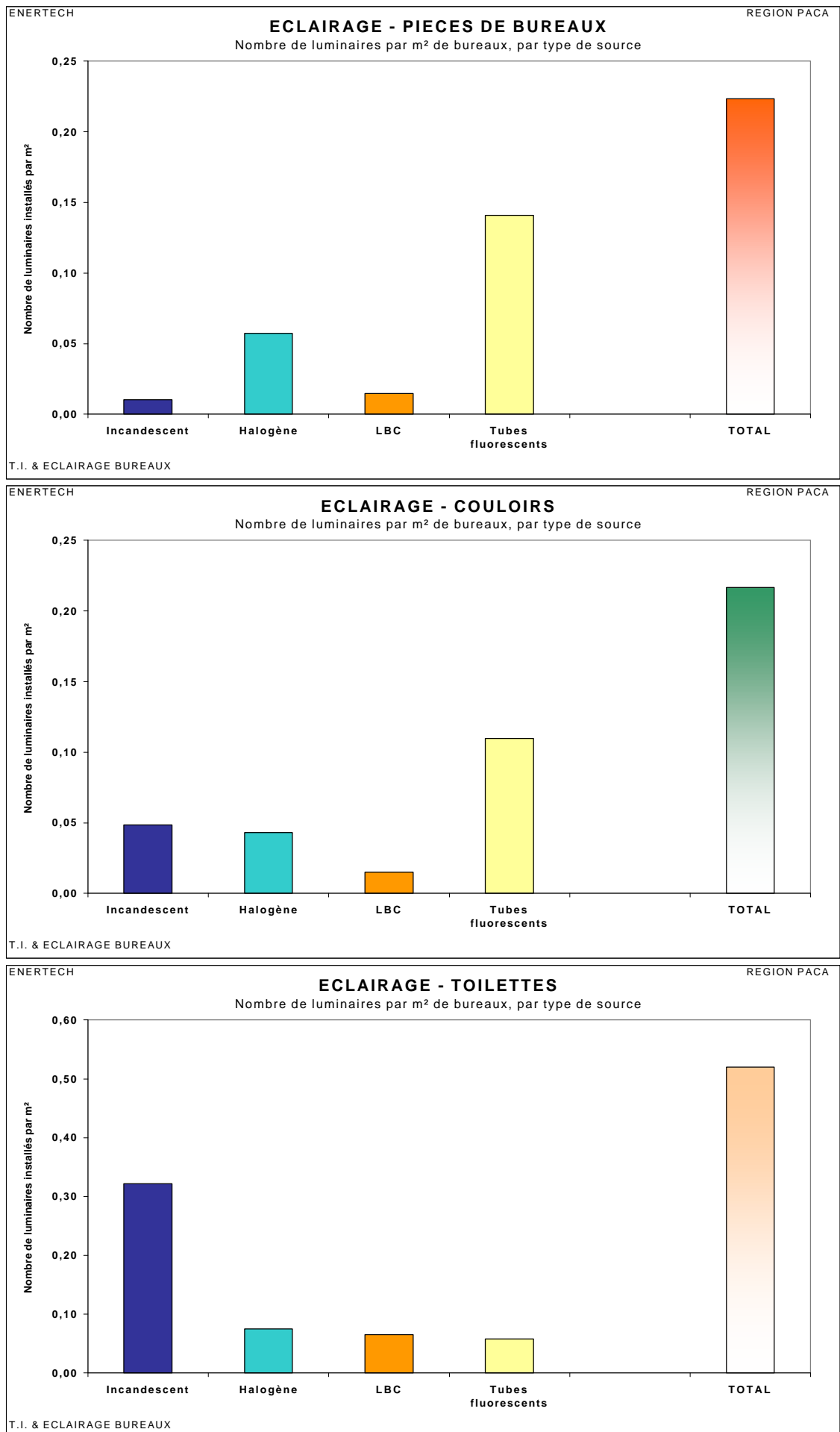
La figure 2.8 indique le nombre de luminaires par m² installés dans chaque type de pièce de l'établissement, en fonction du type de source lumineuse, pour la région PACA. On considère ici un pavé de tubes fluorescents 4x18 comme un seul luminaire.

A partir des données de la figure 2.8 et de la répartition des surfaces déjà utilisées (voir figure 2.5), on peut estimer le nombre moyen de luminaires installés pour l'établissement entier, tous types de pièces confondus.

Type de source	Incandescent	Halogène	LBC	Tubes fluorescents	TOTAL
Nombre de luminaires installés par m²	0,034	0,055	0,017	0,130	0,24

Figure 2.9 : nombre moyen de luminaires installés par m² dans les établissements de la région (moyenne régionale)

Figure 2.8 : nombre de luminaires installés par m², dans chaque type de pièce



☞ **Dans les pièces de bureaux**, le nombre de luminaires par m² est relativement faible : 0,22 par m². Ceci est dû à l'utilisation importante de pavés fluorescents : ils ont en effet une bonne efficacité lumineuse et des puissances par luminaire supérieures à celles des autres types de sources;

La figure 2.10 indique la distribution du nombre de sources par luminaire pour l'échantillon.

Nombre de sources	1	2	3	4
Incandescente	83%	17%		
Halogène	100%			
Lampe basse consommation	84%	11%		6%
Tube fluorescent	7%	43%	2%	47%

Figure 2.10 : nombre de sources par luminaire dans les pièces de bureaux, en fonction de la source

☞ **Dans les couloirs**, le nombre de luminaires est plus élevé que dans les pièces de bureaux (0,22 luminaire par m²) malgré la plus faible puissance surfacique installée : ceci est dû à la part moins importante des pavés à tubes fluorescents, et aux nombreuses ampoules incandescentes ou halogènes de plus faible puissance et de plus faible efficacité lumineuse.

La figure 2.11 indique, la distribution du nombre de source par luminaire pour l'échantillon.

Nombre de sources	1	2	3	4
Incandescente	100%			
Halogène	90%		10%	
Lampe basse consommation	100%			
Tube fluorescent	24%	16%	4%	56%

Figure 2.11 : nombre de sources par luminaire dans les couloirs en fonction du type de source

☞ **Dans les toilettes**, le nombre de luminaires installés par m² est presque 2 fois supérieur à celui des couloirs (0,52 luminaires par m²). Nous avons déjà remarqué que ceci était dû à la faible surface de chaque pièce des sanitaires (lavabo ou cabines) d'une part, et d'autre part à l'utilisation fréquente de lampes à incandescence de faible efficacité lumineuse.

La figure 2.12 indique, la distribution du nombre de source par luminaire pour l'échantillon.

Nombre de sources	1	2	3	4
Incandescente	100%			
Halogène	100%			
Lampe basse consommation	91%	9%		
Tube fluorescent	87%	7%		7%

Figure 2.12 : nombre de sources par luminaire dans les toilettes en fonction du type de source

☞ **Pour l'ensemble de l'établissement**, à partir de l'estimation de surface déjà utilisée (voir figure 2.5) on peut estimer qu'il y a **0,24 luminaires d'installés par m²**.

La figure 2.13 indique, la distribution du nombre de source par luminaire, pour les établissements de l'échantillon uniquement, en fonction du type de source lumineuse.

Nombre de sources	1	2	3	4
Incandescente	96%	4%	0%	0%
Halogène	98%	0%	2%	0%
Lampe basse consommation	88%	9%	0%	4%
Tube fluorescent	12%	38%	2%	48%

Figure 2.13: nombre de sources par luminaire dans l'établissement en fonction du type de source

Les figures 2.14 à 2.17 montrent la répartition du nombre de luminaires ou du nombre de sources, en fonction de la puissance unitaire des sources :

- pour les 3 types de pièces : pièces de bureaux, couloirs, toilettes
- pour les 4 types de source : incandescent, halogène, lampe basse consommation, tube fluorescent

Remarque :

- pour les sources incandescentes, halogènes et fluorescentes on s'intéresse à la répartition du **nombre de sources** (ou d'ampoules);
- pour les sources fluorescentes, on indique la répartition du **nombre de luminaires**.
- les valeurs moyennes indiquées pour la distribution du nombre d'ampoules sont des valeurs moyennes **pour l'échantillon** uniquement, **et pas pour la région entière** (voir annexe n°1 pour plus d'explication).

2.2.1 LES AMPOULES INCANDESCENTES (VOIR FIGURE 2.14)

Dans les pièces de bureaux, comme on l'a vu la part de l'incandescent est très faible (4%). 53% des ampoules incandescentes installées sont des ampoules de 60 W.

Dans les couloirs 57% des ampoules incandescentes ont une puissance de 60 W, et 29% une puissance de 100 W.

Dans les toilettes, où les ampoules incandescentes fournissent environ $\frac{3}{4}$ de la puissance installée, 68 % des ampoules installées ont une puissance unitaire de 60 W. On trouve également 20 % d'ampoules de 75W. Les ampoules de 100 W ne sont presque pas utilisées car trop puissantes pour les faibles surfaces éclairées.

2.2.2 LES LAMPES HALOGENES (VOIR FIGURE 2.15)

On peut distinguer deux groupes d'ampoules halogènes en fonction de leur puissance :

- les halogènes de 50 W et moins sont généralement utilisées en basse tension continue, sur des lampes de bureau ou dans des spots encastrés dans les faux plafonds (**éclairage direct**) ;
- les halogènes de 100 W et plus qui sont généralement alimentées directement en 230V et utilisées en éclairage indirect (applique et faux plafond).

Dans les pièces de bureaux, 70 % des ampoules halogènes ont une puissance inférieure ou égale à 50W. On trouve presque autant d'halogènes basse puissance dans les faux plafonds (46%) que dans les lampes de bureau (54%). Si l'on s'en tient à la quantité, les lampes halogènes sur pied sont peu importantes : 11 % seulement des ampoules halogènes installées. Et les appliques murales halogènes le sont encore moins puisqu'elles ne représentent que 4% des sources lumineuses installés.

Dans les couloirs, 80% des luminaires installés sont des 50 W dichroïques montés dans les faux plafonds. On ne trouve aucun lampadaire sur pied, et un seul établissement utilise encore des appliques murales halogènes.

Dans les toilettes, on trouve très peu d'ampoules halogènes. 86% sont des ampoules de 50 W. Des spots halogènes de 20 W sont utilisées dans un seul établissement.

Figure 2.14 : répartition du nombre d'ampoules en fonction de la puissance unitaire des sources

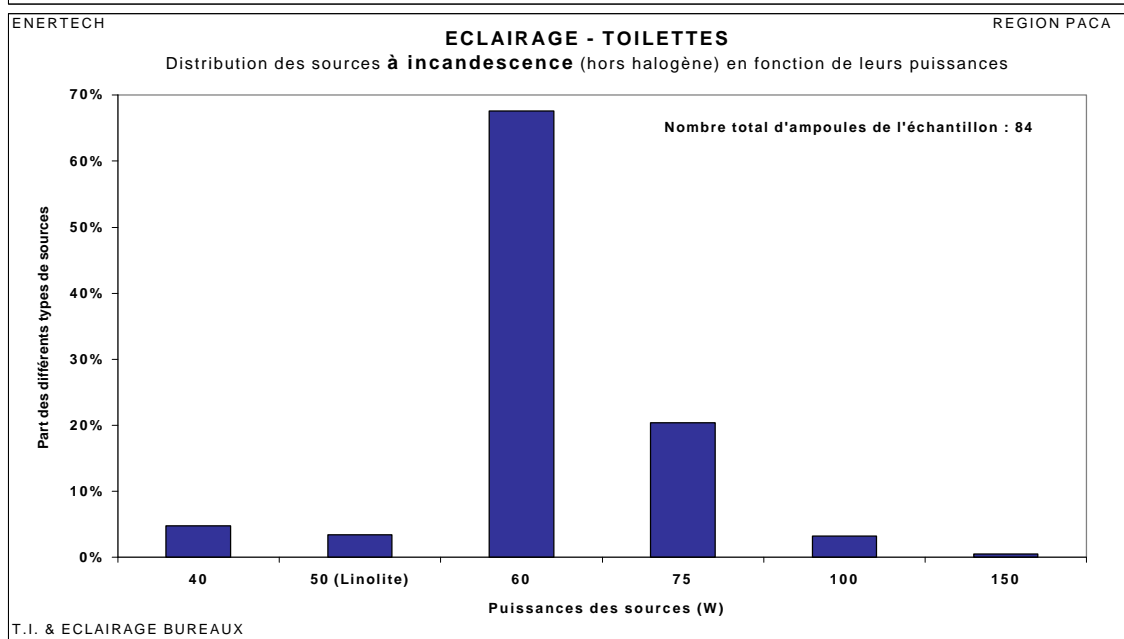
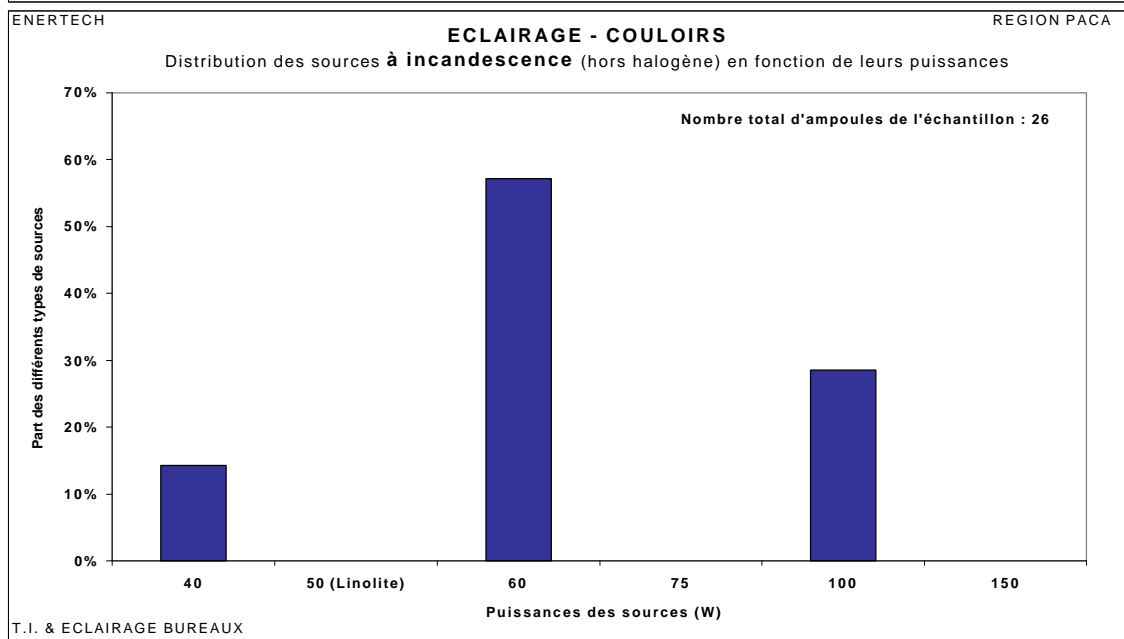
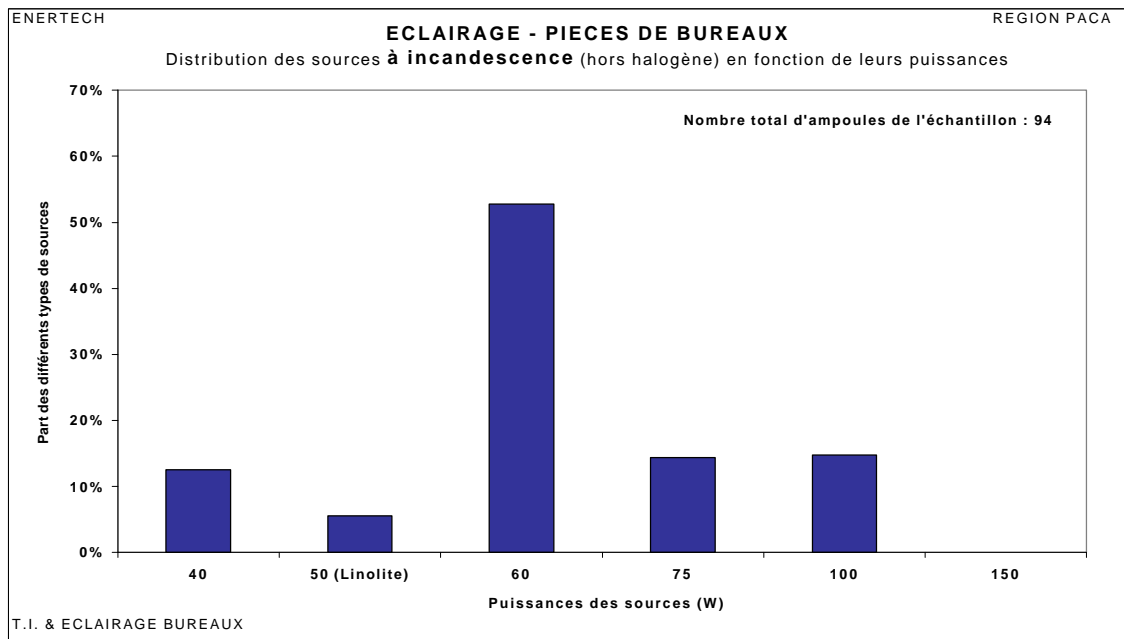
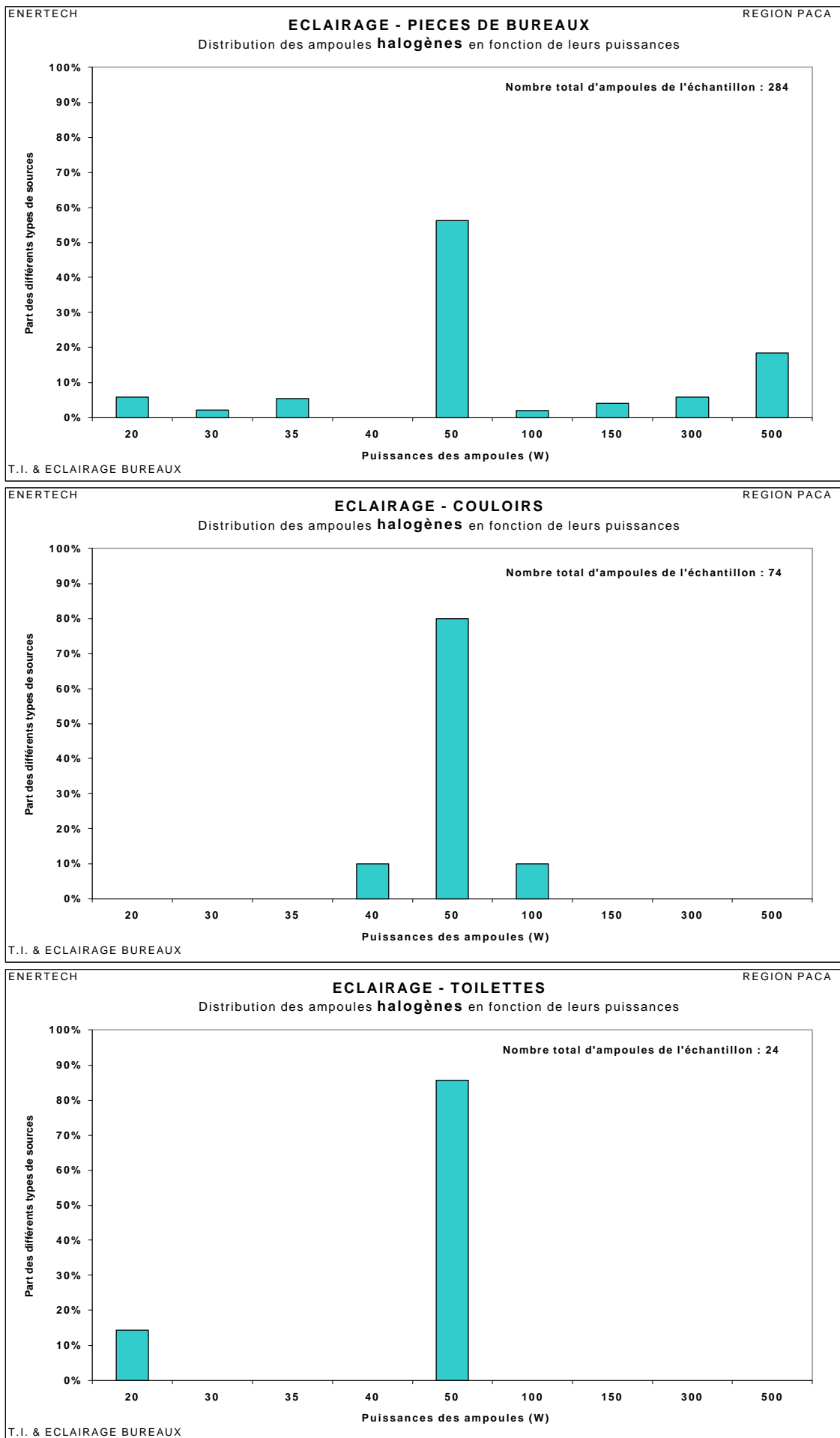


Figure 2.15 : répartition du nombre d'ampoules en fonction de la puissance unitaire des sources



2.2.3 LES LAMPES BASSE CONSOMMATION (VOIR FIGURE 2.16)

On peut tout d'abord noter la grande variété des lampes basse consommation. Une quinzaine de puissances a été rencontrée sous différents types (à vis, à baï onnette, circulaires, à une boucle (type TC-L ou TC-D) ou à deux boucles (TC-F)). Les puissances varient de 7 W à 50 W. Les puissances entre 7 W et 23 W ne sont pas encore standardisées, et les valeurs indiquées par le constructeur sont parfois bien différentes de celles constatées à la mesure. Nous avons donc choisi de grouper certaines puissances de lampes fluocompactes sous une même dénomination. Ainsi le groupe LFC 11W inclut les Lampes Fluocompactes (LFC) de 11W et de 12W.

Dans les pièces de bureaux, on distingue 2 types d'utilisation des lampes basse consommation : en lampe de bureau (du type TC-D de 11 W) ou en éclairage de la pièce.

- L'usage des lampes TC-D est de plus en plus répandu pour les lampes de bureau (voir en annexe n°3). Ces ampoules et cette utilisation représentent 60% des lampes basse consommation installées dans ce type de pièce.

- Par contre, très peu de ces lampes sont utilisées pour l'éclairage principal. Cas particulier, dans un très grand établissement, des lampadaires indirects incorporant des lampes basse consommation (du type TC-F 36 W (par 4)) sont utilisés comme éclairage principal des pièces de bureaux.

Dans les couloirs, seuls 4 organismes sur 50 utilisent des lampes basse consommation. La puissance des lampes utilisées est différente dans chaque établissement. Il n'y a qu'une seule source lumineuse par luminaire, et les luminaires utilisés sont spécifiquement conçus pour accueillir ce type d'ampoules.

Dans les toilettes, on trouve des lampes fluocompactes classiques de puissance variant de 7 à 20 W. Elles sont généralement utilisées en lieu et place des lampes à incandescence. La puissance choisie dépend surtout de l'établissement. Presque la moitié des LFC utilisées ont une puissance unitaire de 11 ou 13 W, ce qui correspond sans doute au remplacement d'ampoules incandescentes de 60W.

2.2.4 LES TUBES FLUORESCENTS (VOIR FIGURE 2.17)

Nous n'avons trouvé dans notre échantillon que des tubes fluorescents de diamètre T8, à ballast ferromagnétique. Nous n'avons rencontré des tubes T5 (3x14 W) que dans une seule salle de réunion très récente d'un grand établissement « en pointe » dans les technologies de l'éclairage.

Remarque : les salles de réunions (et autres salles communes) ne sont pas prises en compte directement dans cet inventaire et ces luminaires à tube T5 n'apparaissent donc pas sur les figures suivantes.

Dans les pièces de bureaux, presque la moitié (48%) des luminaires à tubes fluorescents sont des pavés 4x18 W. On trouve aussi des pavés 2x36 W (28%), et dans certains cas des 2x58 W (13%). Les 2x58 W se trouvent dans les pièces les plus anciennes ou les plus vastes. Au contraire, les 4x18 W sont plus récents : ils s'adaptent parfaitement aux faux plafonds avec dalles de 600 mm par 600 mm.

Alors que la puissance des pavés 2x58 W avec ballast ferromagnétique est de l'ordre de 140 W, celle des 4x18W et des 2x36 W est proche de 90W. On peut donc mieux placer et déplacer les 4x18 W dans un bureau, ce qui est important compte tenu du mécontentement des usagers envers l'éclairage fluorescent dans les pièces de bureaux (voir le chapitre suivant sur les entretiens "éclairage").

Dans les couloirs, 55% des luminaires à tubes fluorescents installés sont des 4x18 W. Ils semblent parfaitement adaptés à leur utilisation. On peut parfois les trouver par groupe de 2 dans les couloirs les plus larges. On trouve également un quart des luminaires avec un seul tube (1x36 W ou 1x58 W) : ils sont placés dans le sens de la longueur des couloirs les moins larges, parfois suspendus dans des luminaires « design ». Les 2x36 W et 2x58 W ne sont utilisés que dans les couloirs les plus anciens.

Dans les toilettes, les tubes fluorescents sont peu utilisés (9% de la puissance installée). 75% des luminaires n'ont qu'un seul tube : on trouve 50 % de 1x58W, et 25% de 1x36W. On cherche encore à éviter un suréclairage de ces petites salles. Ces tubes sont tous placés dans la partie « lavabo » des sanitaires qui est toujours plus grande que les cabines. La moitié de ces luminaires sont placés sur les murs, et l'autre moitié au plafond.

Figure 2.16 : répartition du nombre de lampes en fonction de la puissance unitaire des sources

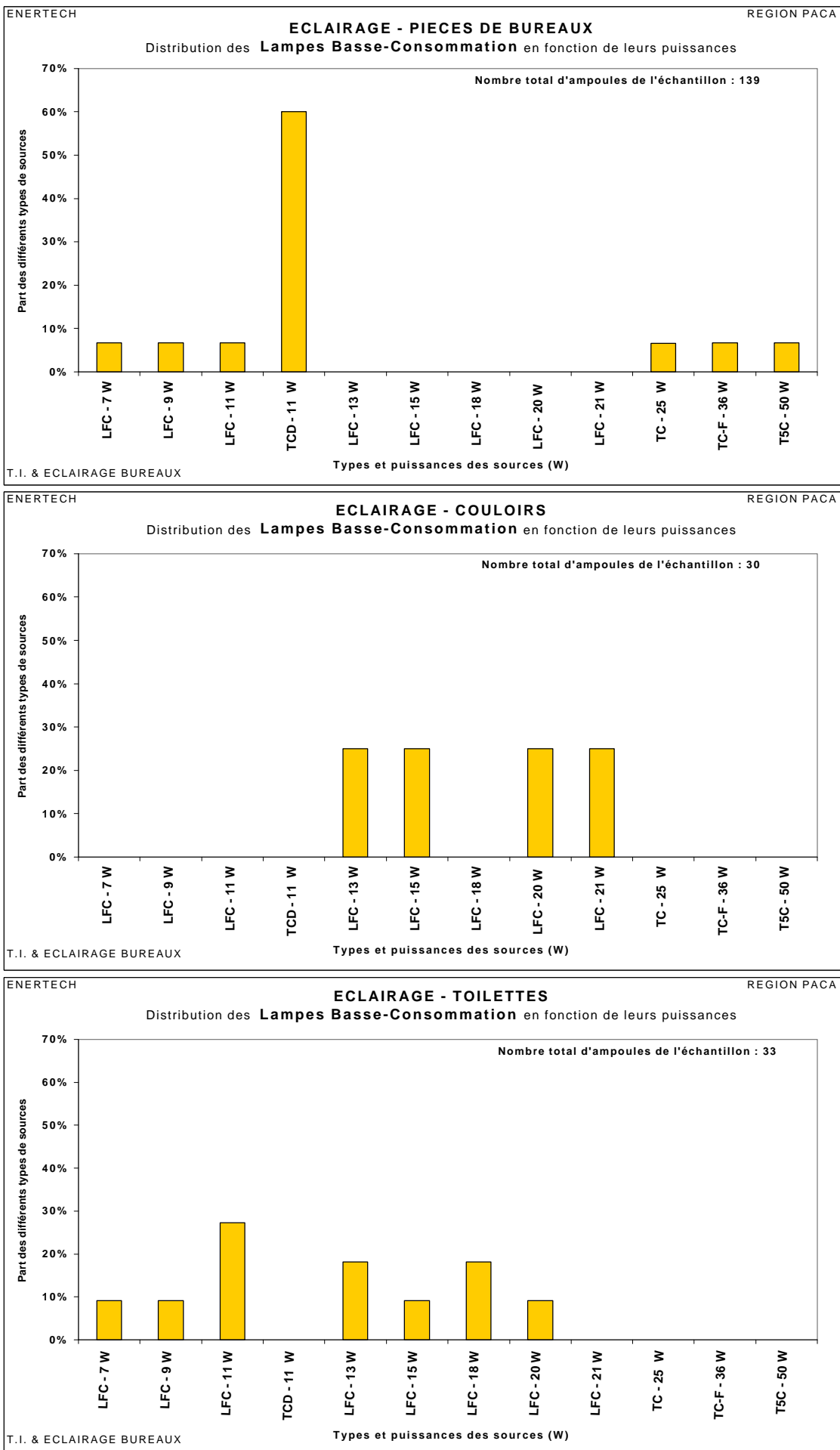
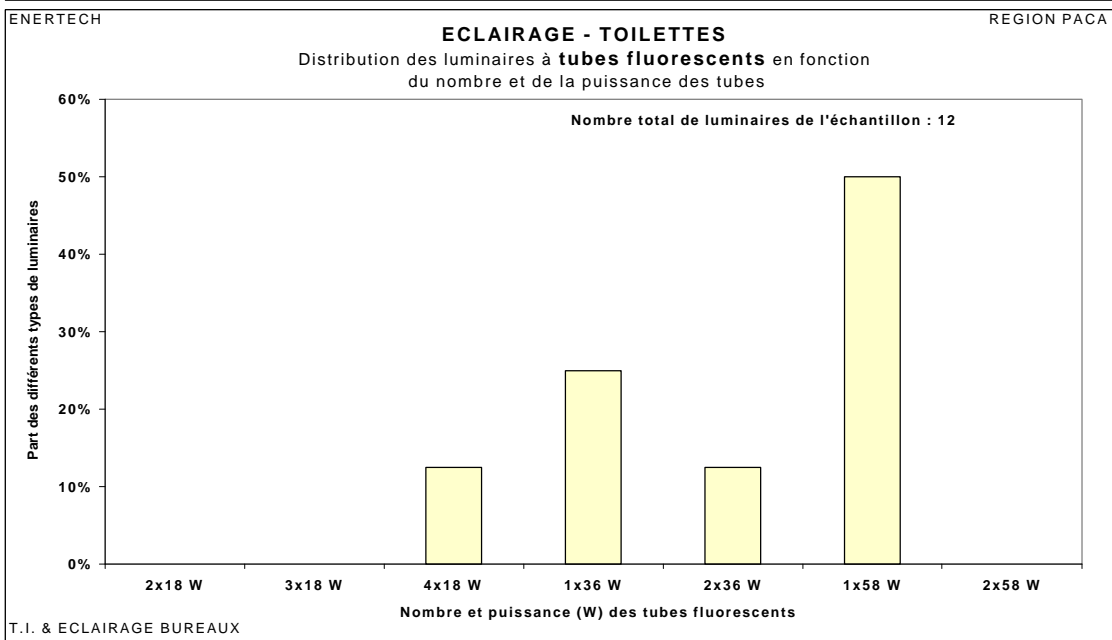
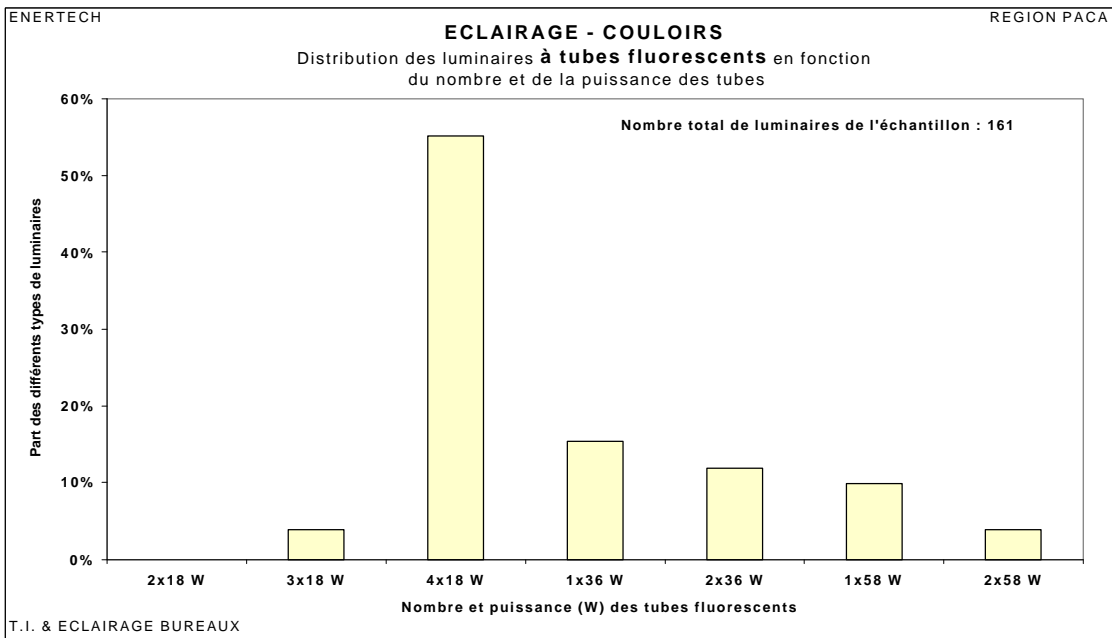
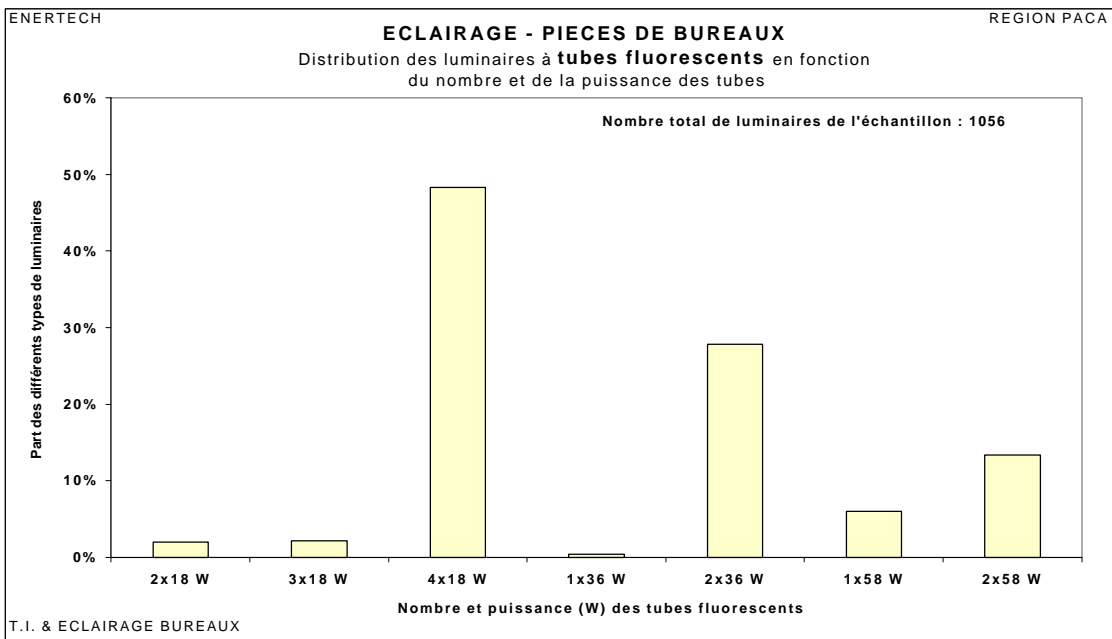


Figure 2.17 : répartition du nombre de luminaires à tubes fluorescents



2.3 - L'AGE MOYEN DES LUMINAIRES

La figure 2.18 indique l'âge moyen des luminaires inventoriés, en fonction du type de source lumineuse.

Types de source des luminaires	Age moyen
Incandescente	10,8
Tubes fluorescents	10,1
Halogène-230V	8,5
Halogène BT	5,8
LBC	4,6

Figure 2.18 : âge des luminaires inventoriés

La figure 2.19 montre la fréquence cumulée de l'âge des luminaires inventoriés, en fonction du type de source lumineuse. On peut par exemple noter sur le dernier graphique que 80% des luminaires à tubes fluorescents ont moins de 15 ans.

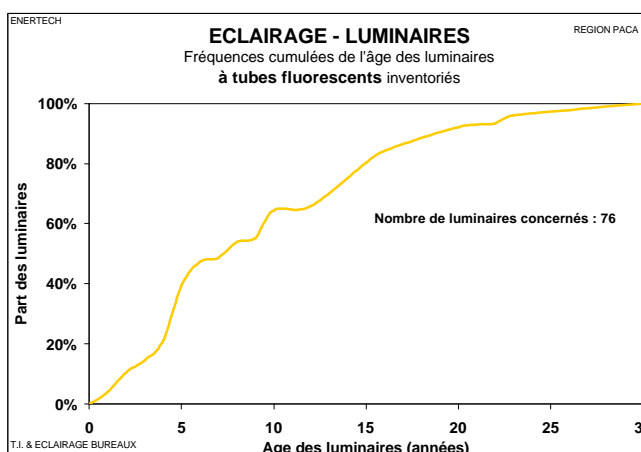
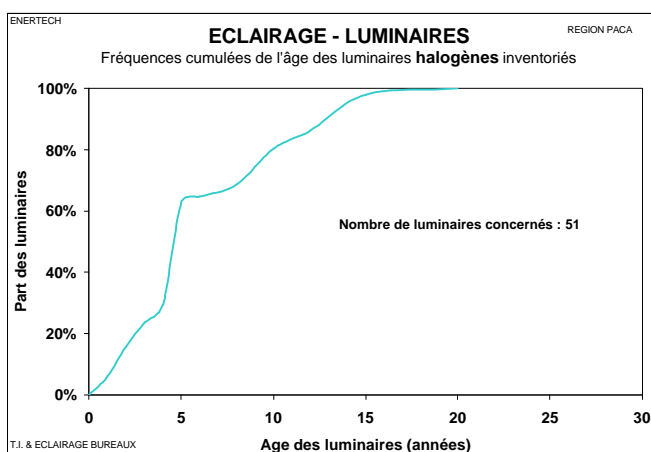
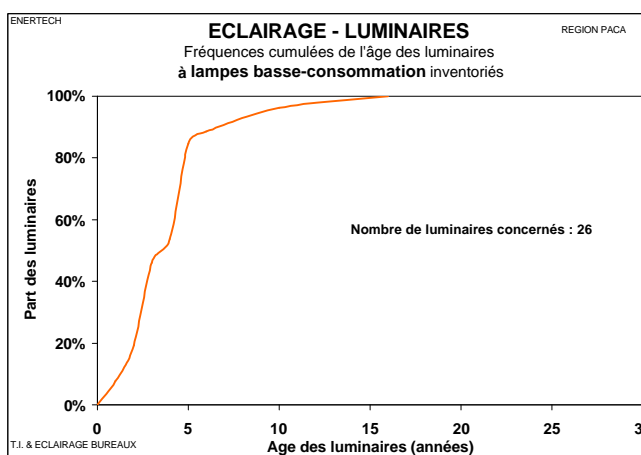
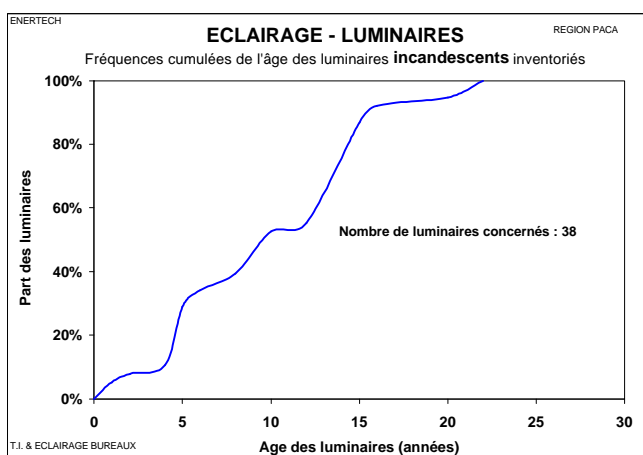


Figure 2.19 : fréquence cumulée des âges des luminaires inventoriés

L'âge moyen des luminaires, tous types de source confondus est égal à 8,6 ans. Le tableau 2.18 et la figure 2.19 nous indiquent l'évolution des technologies d'éclairage utilisées dans les bureaux depuis une vingtaine d'année. Seuls 11% des luminaires ont plus de 15 ans. La valeur maximale relevée est de

30 ans. Les vieilles lampes à incandescence ont été en partie remplacées par les tubes fluorescents T12 puis T8. Depuis une quinzaine d'années, des lampes halogènes sur pied de forte puissance sont installées dans les pièces de bureaux. Plus récemment encore, les halogènes basse tension ont fait leur apparition partout dans les établissements. Les luminaires les plus récents sont ceux contenant des lampes basse consommation (lampes de bureau ou « spots » basse consommation dans les couloirs).

Le tableau de la figure 2.20 donne la part de luminaires incandescents et fluorescents avec diffuseur, réflecteur ou grille de défilement.

	Nu(e)	Avec diffuseur	Avec réflecteur	Avec grille de défilement	TOTAL
Ampoule à incandescence	19%	50%	31%		100%
Tube fluorescent	12%	21%		67%	100%

Figure 2.20 : part des luminaires à source incandescente ou fluorescente équipés de réflecteur, diffuseur ou grille de défilement

On remarque sur ce tableau qu'une grande partie de l'énergie lumineuse des lampes à incandescence est absorbée soit par le plafond (ampoules nues) soit par un diffuseur. Moins d'un tiers de ces luminaires sont équipés de réflecteur pour diriger la lumière spécifiquement vers la zone à éclairer.

Un tiers des luminaires à tubes fluorescents n'ont toujours pas de grille de défilement, qui permettent de diriger et répartir convenablement la lumière sans trop diminuer l'efficacité lumineuse de l'ensemble.

Le rôle des grilles de défilement est d'éviter l'éblouissement des usagers, et de réfléchir une grande partie de la lumière vers le sol de la pièce. Les grilles de défilement les plus récentes incorporent un réflecteur qui passe au dessus des tubes, et qui permet de réfléchir la lumière qui serait sinon en partie absorbée par le haut du pavé. Ces réflecteurs permettent donc d'augmenter l'efficacité des luminaires à tubes fluorescents.

Le tableau 2.21 précise l'âge moyen des tubes fluorescents en fonction des systèmes utilisés pour diriger convenablement la lumière dans la pièce.

Tubes fluorescents	Age moyen
avec diffuseur	10,7
sans diffuseur	10,0
sans grille de défilement	10,9
avec grille de défilement	9,8
sans réflecteur	12,9
avec réflecteur	6,3

Figure 2.21 : âge moyen des différents types luminaires à tubes fluorescents

On remarque que les luminaires les plus anciens sont les luminaires sans grille de défilement, avec diffuseur et sans réflecteur. La grille de défilement a quasiment remplacé tous les diffuseurs. Et depuis

peu, des réflecteurs sont incorporés au-dessus des tubes pour améliorer le rendement de l'ensemble. Les fabricants ont peu à peu optimisé le fonctionnement du luminaire. La prochaine avancée consiste naturellement à améliorer le rendement de la source lumineuse elle-même, en utilisant des tubes plus performants (triphosphore, T5) et une alimentation électrique optimisée (ballast électronique).

2.4 - LES COMMANDES DES PIECES

Les durées de fonctionnement des luminaires dépendent en partie de la façon dont ils sont commandés. L'extinction et l'allumage des luminaires peuvent être effectués automatiquement ou manuellement par les usagers. Les commandes peuvent être soit locales, soit centralisées. La figure 2.22 indique pour chaque type d'allumage et d'extinction possible, le type d'appareil de commande associé.

Allumage	Extinction	Locale /Centralisé	Commande associée
Manuel	Manuelle	Local	Interrupteur ou télérupteur
		Centralisé	Interrupteur centralisé
Automatique	Automatique	Local	Détection de présence (DDP)
		Centralisé	Commande Marche/Arrêt sur horloge (GTB, GTC...)
Manuel	Automatique	Local	Minuterie
		Centralisé	Commande Arrêt sur horloge : extinction des bureaux automatique le soir (réarmement manuel possible)
Automatique	Manuelle	Local	Arrêt anticipé d'un détecteur de présence (pas utilisé en pratique)
		Centralisé	Arrêt anticipé d'une commande d'extinction sur horloge (pas utilisé en pratique)

Figure 2.22 : les différents types de commande d'éclairage

On peut distinguer trois types de commande principale dans les bureaux et les pièces communes :

- **Commande par pièce** : un seul interrupteur permet d'allumer ou d'éteindre l'éclairage principal de la pièce;
- **Commande par zone** : plusieurs interrupteurs sont installés à l'entrée de la pièce pour allumer différentes zones de celle-ci. On trouve ce type de système dans les bureaux de plus de trois personnes ou de plus de 20 m². Pour les grands bureaux paysagés, il peut y avoir de nombreuses zones plus ou moins grande. La satisfaction des usagers dépend directement de la taille et de la répartition de ces zones.
- **Commande par plateau** : c'est un type de commande centralisée qui active l'allumage de plusieurs pièces ou d'un grand bureau paysagé simultanément. Il résulte par exemple du cloisonnement d'anciens bureaux paysagés en plusieurs pièces de bureaux indépendantes, ou de l'utilisation de systèmes de GTC ou GTB. Ce type de commande est systématiquement problématique car des bureaux orientés au sud et au nord peuvent dépendre de la même commande.

Les commandes utilisées ne sont en général pas les mêmes dans les différents types de pièce.

2.4.1 DANS LES PIECES DE BUREAUX

La figure 2.23 indique la part des pièces de bureaux inventoriées pour lesquelles la commande de l'éclairage principal se fait par pièce (un seul interrupteur pour la pièce), par zone (plusieurs interrupteurs

qui commandent différentes zones de la pièce) ou par plateau (une seule commande centralisée ou non pour plusieurs pièces de bureaux).

Type de commande	Par pièce	Par zones	Par plateau
Part	86%	5%	9%

Figure 2.23 : répartition des types de commande dans les pièces de bureaux

Dans la plupart des pièces de bureaux où travaillent plus d'une personne, les interrupteurs disponibles commandent les luminaires autour de plusieurs postes de travail à la fois, voire de plusieurs pièces de bureaux simultanément ! Ainsi, dans un établissement où les bureaux paysagés initiaux ont été reclouonnés (cas relativement fréquent), les interrupteurs de bureaux orientés plein nord commandent simultanément plusieurs bureaux orientés sud, entraînant inmanquablement soit un sous-éclairage d'un côté, soit un suréclairage de l'autre.

Même un simple changement de place d'un poste de travail peut poser problème si un des luminaires au plafond se reflète sur l'écran de l'utilisateur, ou est situé juste au-dessus du bureau. Dans ce cas une partie des ampoules ou tubes des luminaires au plafond sont généralement déconnectés par l'utilisateur, qui préfère un sous éclairage aux reflets ou au suréclairage imposés par ce nouvel emplacement. Souvent il réclame alors une lampe de bureau à sa direction pour compenser, et cette lampe est bien souvent beaucoup moins efficace que le luminaire déconnecté.

➤ 86% des pièces de bureaux inventoriées possèdent un seul interrupteur. Par ailleurs, 66% des pièces sont des bureaux individuels, 20 % des bureaux à 2 personnes fixes, 6% des bureaux à 3 personnes, et 8% des bureaux où travaillent 4 personnes ou plus.

➤ Dans les bureaux collectifs, la situation est légèrement différente :

Type de commande	Par pièce	Par zones	Par plateau
Part	81%	9%	10%

Figure 2.24 : répartition des types de commande dans les pièces de bureaux collectives

On remarque que seules 9% des pièces de bureaux collectives bénéficient d'un éclairage par petites zones, alors que 91% des pièces de bureaux sont éclairées à l'aide d'une seule commande, qui peut même être dans 10% des cas commune à plusieurs autres pièces de bureaux.

On est donc loin de l'éclairage par poste de travail rêvé par les utilisateurs, et souhaitable pour réaliser des économies d'énergie.

2.4.2 DANS LES CIRCULATIONS

L'éclairage des couloirs peut être commandé par :

- des interrupteurs ou télérupteurs
- une commande centralisée, située à l'entrée de l'établissement et actionné par le dernier qui quitte l'établissement le soir pour l'extinction, ou le premier qui y arrive le matin (par exemple en éteignant directement sur le tableau électrique ou bien en utilisant une clé pour fermer le rideau et tout éteindre).
- une commande centralisée sur horloge qui allume et éteint automatiquement les circulations de l'établissement à heure fixe.

En pratique, on a trouvé une commande centralisée pour deux petites entreprises de 10 et 13 personnes. Les commandes centralisées sur horloge sont par contre utilisées dans trois grands établissements de l'échantillon de plus de 100 personnes.

La figure 2.25 indique la manière dont est commandé l'éclairage principal des couloirs de l'échantillon.

Type de commande	Inter/télé-rupteurs	Centralisé sur horloge	Centralisée	DDP	Minuterie
Part	88%	7%	5%	0%	0%

Figure 2.25 : part des types de commande rencontrés pour les circulations

88 % des couloirs inventoriés s'allument et s'éteignent de manière classique, à l'aide de va et vient ou de télérupteurs. Aucun des couloirs inventoriés n'était commandé par minuterie ou détecteurs de présence. 12% bénéficient d'un allumage/extinction centralisé, qui est soit manuel soit automatique. Ici la centralisation ou l'automatisation complète de la commande de l'éclairage n'est peut être pas préférable à la commande classique. En effet la centralisation permet **l'extinction systématique** de tous les couloirs de l'établissement. Mais en contrepartie, elle impose également **l'allumage systématique** de **tous** les couloirs de l'établissement entre la première heure d'ouverture des bureaux et la fermeture. Il est probable qu'une partie des couloirs pourrait être éteinte durant la journée. Mais ce n'est guère possible si la commande est entièrement automatisée. Pour économiser de l'énergie en journée, il faut une commande locale pour s'adapter à l'éclairage dans chaque couloir, et une extinction automatique si personne n'est responsable d'éteindre les couloirs dans la journée. Les commandes intéressantes pour les couloirs sont donc les détecteurs de présence (automatique) ou les minuterie (semi-automatique). Mais aucun de ces deux types de commande n'est utilisé dans les établissements de l'échantillon !

2.4.3 DANS LES TOILETTES

On distingue ici deux types de pièce dans les toilettes :

- les lavabos où le personnel se lave les mains et où sont placés les urinoirs chez les hommes;
- les cabines qui contiennent chacune un WC.

La figure 2.26 indique la manière dont est commandé l'éclairage principal des toilettes de l'échantillon.

	Interrupteur	Minuterie	DDP
Lavabos	88%	7%	5%
Cabines	95%	5%	0%

Figure 2.26 : part des types de commande rencontrés pour les toilettes

Contrairement aux couloirs, on trouve dans les toilettes de l'échantillon des commandes locales semi-automatique : 12% des salles de lavabos en sont équipées, et 5% des cabines.

La faible pénétration **des minuterie** dans les cabines en particulier, peut être expliquée soit par son coût relativement élevé, soit par des problèmes de maintenance, soit par une demande de confort ou de standing élevée.

En revanche l'utilisation **des détecteurs de présence** est relativement récente et pourrait se généraliser d'ici quelques années si leur prix baisse, et s'ils ne posent pas de problèmes de maintenance.

Dans l'échantillon retenu, aucun détecteur de présence n'est installé dans les cabines, alors qu'il en existe dans 5% des lavabos inventoriés. Ceci peut être problématique : les usagers risquent d'oublier d'éteindre les cabines en sortant, pensant que, comme les lavabos, elles s'éteignent automatiquement.

CHAPITRE 3 : ENTRETIENS - ECLAIRAGE

Ce chapitre est une analyse des propos réunis lors d'entretiens semi-directifs réalisés auprès de responsables de l'éclairage des établissements de l'échantillon, ainsi qu'auprès de 374 usagers.

Les questionnaires utilisés pour ces entretiens sont donnés en annexe n°2.

3.1 - QUANTITE/QUALITE DE L'ECLAIRAGE

Nous avons demandé aux usagers ce qu'ils pensaient de la quantité d'éclairage naturel et artificiel sur leur poste de travail en général. Les figures 3.1 et 3.2 indiquent les résultats obtenus :

Opinion des usagers	Part des usagers
Insuffisant	21%
Suffisant	73%
Excessif	6%

Figure 3.1 : opinion des usagers concernant la quantité d'éclairage naturel à leur poste de travail

Opinion des usagers	Part des usagers
Insuffisant	6%
Suffisant	79%
Excessif	15%

Figure 3.2 : opinion des usagers concernant la quantité d'éclairage artificiel à leur poste de travail

Il est notable que plus d'une personne sur cinq estime que l'éclairage naturel à son poste de travail est en général insuffisant. Ces personnes recourent donc systématiquement à l'éclairage artificiel pour compenser la mauvaise configuration de leurs bureaux.

Près de 15% des usagers pensent en outre que l'éclairage artificiel de leur bureau est excessif. Il existe donc un suréclairage dans certains bureaux, comme le confirme les mesures instantanées réalisées au luxmètre sur une centaine de postes de travail. Le résultat de ces mesures est représenté sur la figure 3.3.

On peut noter sur cette figure 3.3 que l'éclairement mesuré sur 64% des postes de travail était inférieur à 300 lux, et malgré cela, les usagers se sont montrés satisfaits. Tout au plus observe t'on 13% d'insatisfaits lorsqu'il y a moins de 100 lux sur le plan de travail. Dans 92% des cas, ce niveau d'éclairement est jugé suffisant par les usagers, qui auraient pu sinon allumer une lampe de plus sur leur bureau pour atteindre un niveau d'éclairement supérieur. Il semble que de nombreuses personnes travaillant sur écran informatique préfèrent un niveau d'éclairement de l'ordre de 200 lux. Plus d'un tiers des usagers ont ainsi volontairement un éclairement inférieur à 200 lux sur leur poste de travail. Au contraire, les quelques personnes qui lisent ou écrivent des documents papiers sur leur bureau ont besoin d'un éclairement de l'ordre de 300 lux.

L'éclairement mesuré sur un quart des postes est supérieur à 400 lux : un tiers des usagers dans cette situation trouve ce niveau d'éclairement excessif.

Remarque : le nombre de mesures réalisées est relativement important (environ 100) mais les conditions dans lesquelles les niveaux d'éclairages ont été relevés sont très variées (position du bureau par rapport à la fenêtre, moment de la journée, présence d'une lampe de bureau ou non...). Cet échantillon ne peut donc pas être subdivisé pour, par exemple, établir des comparaisons significatives entre les établissements de Draguignan et de Sophia-Antipolis, ou pour vérifier l'influence du ratio de surface vitrée sur le niveau d'éclairage dans les pièces. Des mesures de l'éclairage sur près de 1000 postes, et la relève systématique des conditions de mesure, seraient nécessaires pour pouvoir effectuer ce type de comparaison.

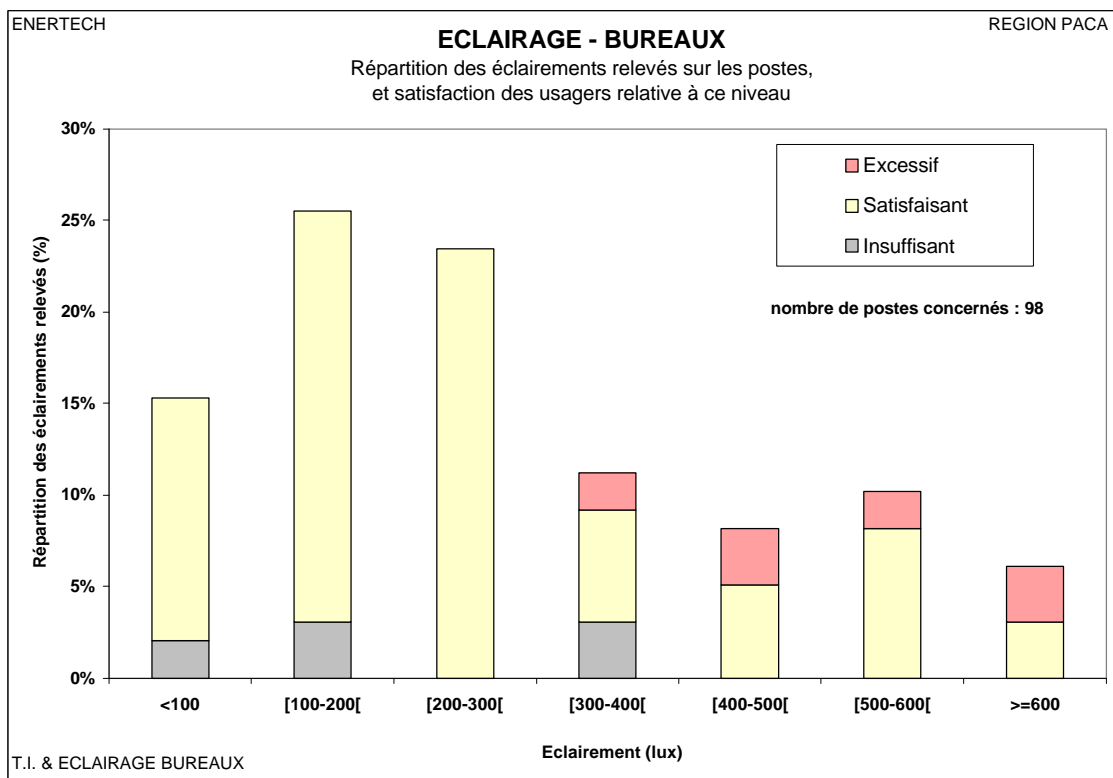


Figure 3.3 : répartition des éclairages mesurés sur les postes de travail et opinion des usagers concernant le niveau total d'éclairage

Nous avons pu constater dans de nombreux établissements que les usagers "bricolaient" leurs luminaires : de nombreux tubes fluorescents ont été systématiquement démontés, ou des diffuseurs en papier ajoutés pour éviter le suréclairage et les reflets dus aux tubes fluorescents. On peut en déduire que la puissance lumineuse installée au plafond dans les bureaux est en général trop élevée pour les usagers. Comme on le verra dans le prochain chapitre, on peut conseiller de diminuer le nombre de luminaires au plafond dans les pièces de bureaux pour qu'ils fournissent un éclairage "de base" à 200 lux, satisfaisant dans presque tous les cas. La lumière complémentaire nécessaire pour certaines tâches particulières ou en fin de journée sera alors apportée par des lampes de bureau efficaces. Une seconde solution intéressante serait d'utiliser des luminaires "dimmables" : les utilisateurs pourraient ainsi faire varier la puissance lumineuse des luminaires de leur bureau tout au long de la journée. Cette solution permet d'économiser l'énergie de manière plus efficace qu'en démontant des tubes.

3.2 - UTILISATION DE L'ECLAIRAGE

Les figures 3.4 et 3.5 indiquent l'opinion des usagers concernant la fréquence d'utilisation de l'éclairage principal et de l'éclairage d'appoint dans leur pièce de bureaux.

Remarques :

- on parle ici d'éclairage principal **de la pièce** qui est en général un éclairage au plafond ou en appliques. Ce n'est pas forcément l'éclairage qu'utilisera **l'utilisateur** en priorité, s'il lui préfère allumer par exemple une lampe de bureau ou une lampe halogène sur pied.
- les résultats présentés ici sont des opinions d'utilisateurs concernant leurs habitudes. Ils ne sont pas forcément très objectifs et précis.

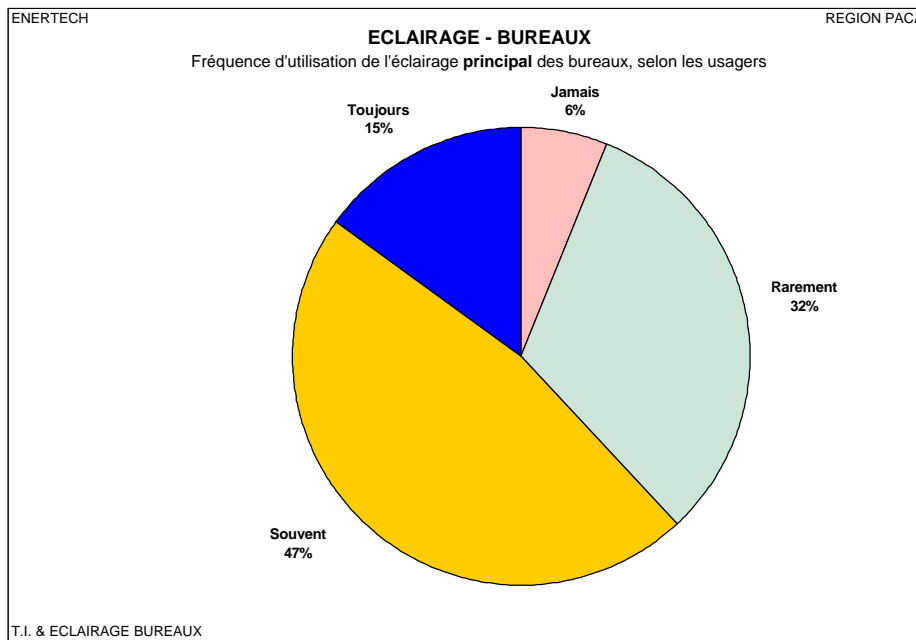


Figure 3.4 : opinion des usagers concernant l'utilisation de l'éclairage principal de leur pièce de bureaux

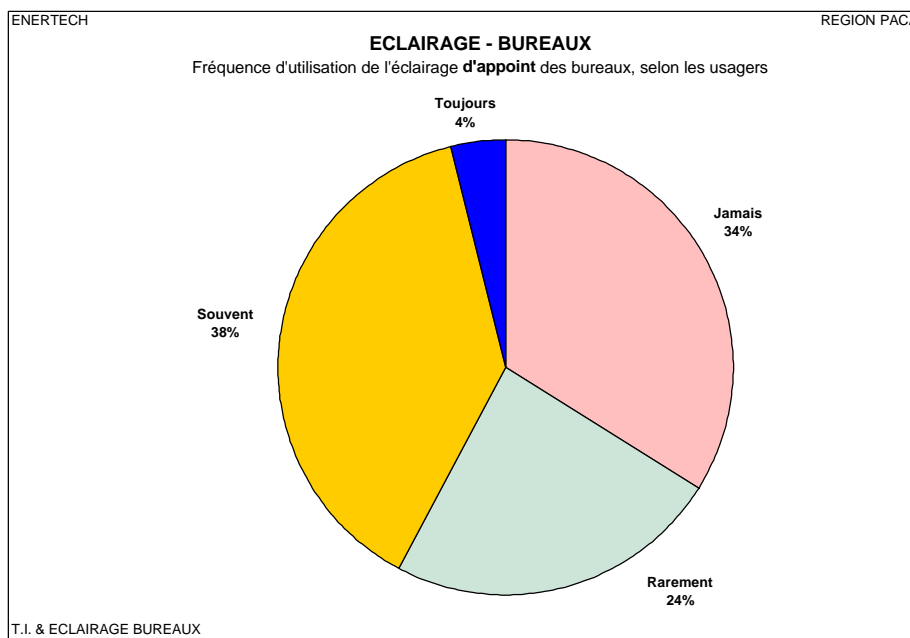


Figure 3.5 : opinion des usagers concernant l'utilisation de l'éclairage d'appoint (si présent) à leur poste de travail

On remarque que seul 6% des usagers déclarent ne pas utiliser l'éclairage principal dans leur bureau, alors que plus d'un tiers d'entre ceux qui possèdent un éclairage d'appoint déclarent ne pas l'utiliser. Les lampes d'appoint semblent donc beaucoup moins utilisées que l'éclairage principal même si leur nombre est important (voir l'annexe n°3 sur les lampes de bureau).

Selon les usagers, l'éclairage principal est allumé en permanence dans 15% des pièces de bureaux! On trouve ainsi de nombreuses pièces de bureaux où les stores sont baissés en pleine journée et l'éclairage principal en marche.

Remarque : Dans deux établissements, les responsables déclarent que l'extinction des lumières la nuit apporte une sécurité supplémentaire. Ceci réduit les risques d'incendie, et aussi les risques d'effraction car "l'extinction des luminaires indique la plupart du temps que le bâtiment est gardé".

3.3 - COMMANDES D'ECLAIRAGE

Certains responsables de l'éclairage des établissements ont parlé des systèmes de commandes installés dans leurs établissements.

3.3.1 LES GTB ET GTC

Sur les 50 établissements, trois seulement utilisaient des systèmes de Gestion Technique du Bâtiment (GTB ou GTC). Les effectifs de ces établissements sont respectivement de 120, 140 et 1800 personnes. Les deux premiers ne l'utilisent plus ou que partiellement car ce système implique des commandes par plateau trop étendues, et génère des problèmes. Les responsables estiment que le coût et les difficultés de la reconfiguration sont trop élevés. Le troisième et le plus grand semble l'utiliser et en tirer des bénéfices.

3.3.2 L'ECLAIRAGE PAR PLATEAU

100% des responsables de 6 bâtiments où l'éclairage se fait par plateau de plusieurs pièces de bureaux rapportent spontanément des plaintes de la part des usagers. Les 6 responsables d'établissements où ce type de commande d'éclairage est utilisé, ont fait spontanément remarquer les problèmes qu'il représentait, au niveau de la consommation électrique et du confort des usagers. Le problème est que les circuits d'éclairage au plafond ne peuvent pas être modifiés à chaque changement de configuration ou d'usage des pièces. Ces changements sont pourtant relativement fréquents dans les établissements (recloisonnement, changement de fonction de la pièce...).

3.3.3 LES DETECTEURS DE PRESENCE (DDP)

Dans la plus grosse entreprise de l'échantillon, le responsable maintenance estime que toutes les nouvelles toilettes seront dorénavant équipées de DDP.

Dans un autre grand établissement, un responsable estime que l'usage de DDP dans les toilettes assure un certain « standing » à l'établissement. Ils symbolisent la maîtrise de la technologie et la richesse de l'établissement.

Par contre, un responsable semblait préoccupé par le coup de maintenance de ces appareils, qui selon lui, doit absolument être pris en compte dans le temps de retour de l'installation.

3.3.4 EXTINCTION PAR LE PERSONNEL D'ENTRETIEN ET DE SECURITE

Nous avons demandé aux responsables si des membres du personnel d'entretien ou de sécurité travaillaient le soir ou la nuit après la fermeture officielle des bureaux. Sur 38 établissements qui ont répondu à cette question, plus de la moitié (53%) a expliqué que le personnel d'entretien, ou une ronde de gardiens, était chargé de vérifier le soir en partant que toutes les lumières étaient bien éteintes dans les bureaux. Il serait donc intéressant de sensibiliser ces agents à l'extinction systématique des luminaires.

3.4 - MAINTENANCE

Nous avons demandé aux responsables de l'éclairage comment s'opérait la maintenance des luminaires dans leur établissement, quels problèmes ils rencontraient, et ce qu'ils pensaient des différents types de source utilisés.

3.4.1 STRATEGIE DE REMPLACEMENT DES TUBES FLUORESCENTS

Les responsables ont expliqué comment sont remplacés les tubes fluorescents dans leur établissement. Il est notable que :

- seuls 20 % des établissements changent systématiquement tous les tubes d'un pavé de tubes fluorescents, lorsqu'un seul de ces tubes tombe en panne. 80% d'entre eux ne remplacent que le tube qui ne fonctionne plus;
- seul un établissement sur les 50 de l'échantillon a une politique de maintenance préventive. Tous les tubes fluorescents et les starters de l'établissement sont systématiquement remplacés chaque année;
- ¾ des établissements changent systématiquement les starters des pavés à chaque remplacement de tube.

3.4.2 SERVICE OU SOCIETE DE MAINTENANCE

La plupart des petits établissements de service de moins d'une trentaine d'employés (les plus nombreux) n'ont pas de service technique ou de maintenance. Lorsqu'un problème d'éclairage est un peu plus important qu'un tube ou une ampoule à remplacer, ils doivent donc faire appel à une société de maintenance ou à du personnel d'entretien extérieur. Dans les structures de moins de 10 personnes, il est parfois même difficile de trouver parmi les employés une personne qui accepte et sait correctement remplacer les tubes et starters. Ainsi, dans un petit établissement de l'échantillon, la personne responsable de ce remplacement ne comprenait pas pourquoi, bien qu'elle ait correctement remplacé les 2 tubes de son pavé fluorescent, celui-ci ne s'allumait toujours pas. Elle n'avait en fait jamais entendu parlé de starter, et ne savait pas qu'il pouvait être très facilement remplacé.

Près de 50% des établissements qui déclarent avoir des soucis de maintenance avec l'éclairage citent le fait qu'elles n'ont pas de service de maintenance interne, et qu'il leur faut parfois attendre plus d'une semaine pour faire remplacer une simple ampoule. Quatre autres citent des problèmes pour des éclairages en hauteur (à plus de 3 mètres), qui nécessitent l'intervention de sociétés de maintenance spécialisées.

On comprend donc le poids de ces sociétés de maintenance et de conseil dans le choix des équipements et bien souvent de l'installation d'éclairage pour les très nombreux petits établissements... Ce sont elles qui vont choisir le type de tube, la puissance des ampoules qui seront utilisées dans les établissements. Et ce sont vers elles que les établissements se tourneront naturellement lorsqu'ils souhaiteront des conseils pour modifier leur installation électrique d'éclairage pour la rendre plus performante et moins consommatrice.

3.4.3 AVANTAGES/INCONVENIENTS DES DIFFERENTS TYPES DE SOURCES

Quelques responsables ont donné leur opinion sur les caractéristiques des différents types de source présentes dans leur établissement.

Les tubes fluorescents

Sur 16 responsables qui ont donné leur impression concernant les tubes fluorescents presque 2/3 ont répondu pour critiquer la qualité des tubes fluorescents en éclairage direct :

- ils font "mal aux yeux", ils "fatiguent la vue", ils "clignotent" affirment 6 des responsables;
- ils sont très loin de l'éclairage naturel, estiment 3 autres responsables;
- ils "noircissent", ils "font du bruit", ils "se reflètent dans les écrans des ordinateurs" et provoquent un scintillement de celui-ci.
- ils ne peuvent pas être installés sur minuterie.
- "durant la journée, la lumière naturelle se reflète sur les grilles de défilement, et crée ainsi des sources brillantes dans le péri-écran des utilisateurs d'ordinateurs".

Au niveau des usagers, plus de 8% d'entre eux ont déclaré **spontanément** durant les entretiens que les tubes fluorescents leur posent des problèmes visuels et qu'ils en sont insatisfaits. Le nombre d'usagers mécontents est sans doute beaucoup plus élevé.

Des progrès restent donc à faire pour trouver une manière de rendre cette source de lumière efficace un peu plus agréable pour les usagers. Un des responsable d'une grande entreprise préconise l'utilisation de tubes fluorescents indirects afin de préserver le confort du personnel. Un des responsables note que la « couleur » (de température) des tubes est très importante pour le confort visuel du personnel. Alors qu'auparavant dans cet établissement, le personnel était satisfait avec un mélange de teintes "blanc & ocre" dans les pavés 4x18W, ces tubes ont été remplacés par des tubes moins chers blancs industriels qui fatiguent la vue et crée un suréclairage. Dans cet établissement, l'usage des tubes fluorescents est progressivement abandonné, au profits d'halogènes sur pied et d'autres lampes d'appoint moins efficaces. La position et la hauteur des pavés dans la pièce sont également très importantes pour assurer le confort visuel de l'utilisateur en lui évitant éblouissement et reflets.

Les responsables reconnaissent cependant aux tubes fluorescents le mérite de consommer peu, et moins que les halogènes.

Au niveau de la maintenance, les problèmes évoqués sont les suivants :

- il faut changer en moyenne les tubes tous les deux ans. Le coût de maintenance de ces luminaires représente une part importante du coût de leur consommation (2 cas);
- le personnel de maintenance risque de se couper sur les grilles de défilement des pavés de mauvaise qualité. Ce cas a été cité trois fois sur 50;
- la réglementation qui impose de nettoyer les réflecteurs régulièrement est difficile à respecter (1 cas);
- les starters doivent être changés fréquemment à cause des harmoniques sur le réseau (1 cas);
- les vieux ballasts électromagnétiques (16 ans ici) génèrent des échauffements ce qui peut entraîner des détections de fumées ou de défauts d'isolement (1 cas);

Les lampes incandescentes ou halogènes

Parmi les 6 responsables qui se sont prononcés concernant l'halogène, un seul pensait que l'halogène consommait moins que le fluorescent. Les autres reconnaissent que les lampes halogènes sur pied sont de grosses consommatrices, et qu'ils ont déjà ou sont en train de les remplacer.

La qualité de la lumière émise par les luminaires halogènes basse-tension semble très appréciée en général.

Par contre au niveau de la maintenance, 5 établissements leur reprochent de devoir être remplacés "très fréquemment" et de "coûter très chers". Une grande entreprise cite également le risque d'incendie que génère l'utilisation de transformateurs 12V. Un seul établissement remplace l'ensemble des spots halogènes basse-tension d'une rangée dès que l'un d'entre eux claque. La grande majorité des ampoules halogènes dichroïques de 50W est alimentée en basse tension et pas en 230 V. En effet, les ampoules

grillent beaucoup plus rapidement en 230 V du fait des fluctuations de tension, et sont beaucoup plus chères lors du remplacement. Le coût initial du transformateur est donc vite amorti.

Seuls deux responsables d'établissements se sont prononcés sur la maintenance des lampes à incandescence non-halogène : l'un d'entre eux indique le problème du remplacement trop fréquent des ampoules, et une grande entreprise indique qu'il doit organiser une ronde **chaque semaine** afin de remplacer les ampoules incandescentes grillées dans toute l'entreprise.

Les Lampes Basse Consommation (LBC)

Seuls 3 établissements se sont prononcés sur les LBC. L'un d'entre eux les critique en notant qu'elles induisent un retard à l'allumage, et que leur durée d'allumage est plus longue que celle des lampes incandescentes. Les deux autres responsables sont contents de leur utilisation, en particulier dans les toilettes.

Deux autres responsables ont expliqué qu'ils ont dû cesser d'installer des LBC dans les toilettes de leur établissement parce qu'elles étaient trop souvent **volées**. Notons que ces deux établissements emploient chacun plus de 250 personnes.

3.5 - COUT DE LA CONSOMMATION D'ECLAIRAGE

Nous avons interrogé les responsables des établissements de l'échantillon afin de savoir si la consommation électrique d'éclairage était coûteuse pour l'établissement. Sur les 50 responsables d'établissement qui ont répondu :

- 4 se sont avancés sur des chiffres (entre 4% et 50% de leur consommation électrique), deux seulement étant sûr de leurs faits.
- 32 responsables n'en ont aucune idée. 4 établissements expliquent qu'ils n'ont pas le détail des charges, ni de sous-comptage pour estimer cette consommation. Dans quelques cas, les établissements ne payent pas directement leur facture d'électricité, mais reçoivent une facture au prorata de la surface qu'ils occupent.
- 3 pensent que l'éclairage représente une part importante de leur consommation électrique, sans avancer de chiffres,
- 11 responsables déclarent que la consommation d'éclairage n'est "pas très importante", est "faible", "négligeable", "dérisoire" par rapport à d'autres postes de la facture électrique (climatisation et chauffage électrique en premier lieu). La facture totale d'électricité de l'établissement est elle-même parfois considérée comme insignifiante par rapport à celles du téléphone, de la location des bureaux, de l'entretien des espaces verts...

Il est donc tout à fait clair que la grande majorité des responsables manque d'information concernant les consommations d'éclairage dans leur établissement; Il semble indispensable de leur fournir une estimation de cette consommation, avant de leur proposer de la diminuer.

3.6 - SOLUTIONS ALTERNATIVES

3.6.1 LES SOLUTIONS ENVISAGEES

Nous avons interrogé les responsables des établissements pour savoir s'ils envisageaient des solutions alternatives pour diminuer leurs factures d'éclairage :

- 37 établissements n'avaient pas de solutions à proposer. Une partie d'entre eux manquait d'information technique, une autre n'était pas concernée.
- 13 établissements ont proposé des solutions, parmi lesquelles : l'utilisation de lampes basse-consommation (5 établissements), l'installation de minuteries ou de détecteurs de présence (4), le

découpage des grandes zones d'éclairage en zones plus réduites (3), l'installation d'un système de GTB (2) ou de systèmes de délestage sur horloge la nuit ou en été (2). Un seul cite l'utilisation de tubes T5 avec allumage électronique, et un autre l'ouverture des volets en été.

3.6.2 L'ACCORD POUR METTRE EN PLACE DES SOLUTIONS ALTERNATIVES

Nous avons également demandé aux responsables s'ils étaient d'accord pour rénover leur installation en utilisant des luminaires plus efficaces, en modifiant leurs commandes d'éclairage... Sur 42 réponses :

- 21% sont d'accord sans condition;
- 41% sont d'accord à condition qu'on leur prouve au moyen d'un diagnostic que le temps de retour sur investissement sera inférieur à une valeur donnée. Un responsable déclare franchement que le plus important n'est pas le temps de retour, et qu'il acceptera si l'investissement n'est pas trop élevé;
- 14% expliquent qu'ils ne sont pas directement décisionnaires. Il faut s'adresser à leur maison mère, au siège ou à une administration, qui ne feront pas forcément cas de leur demande ;
- 24% sont totalement contre a priori parce que :
 - ☞ ils viennent d'emménager ou de refaire leur installation d'éclairage, ou vont bientôt déménager,
 - ☞ ils sont locataires, et sont convaincus que le propriétaire ne voudra pas financer la rénovation. Ils ne veulent pas non plus engager des travaux à leur frais. La part d'établissement loués dans cet échantillon (50%) est sans doute supérieure à celle des établissements de la région PACA. Il serait cependant intéressant de contacter les propriétaires ou gérants de bâtiments tertiaires (centres d'affaires...) afin de leur proposer des solutions techniques efficaces à mettre en œuvre pour l'éclairage.
 - ☞ ils ne sont pas intéressés par les économies réalisables et/ou n'ont pas le budget et le temps nécessaire budget à consacrer à un projet sans enjeu financier majeur.

D'après 27 responsables qui ont répondu, **le temps de retour sur investissement de ces solutions ne devrait pas excéder 3,4 ans (40 mois) en moyenne.**

Remarques :

- De nombreux responsables préfèrent attendre des rénovations dans leur établissement avant d'installer ces nouveaux systèmes ;
- Un responsable tient particulièrement au confort visuel (éclairage) des cadres qui travaillent dans son établissement. Le coût d'investissement et les économies réalisables passent au second plan par rapport à leur confort.

3.6.3 L'AIDE NECESSAIRE POUR METTRE EN PLACE CES SOLUTIONS

Nous avons demandé aux responsables de quel type d'aide ils auraient éventuellement besoin pour mettre en place ces solutions alternatives (information technique, subventions...). Sur 22 réponses:

- 73% des responsables d'établissement déclarent qu'ils auraient besoin d'informations techniques (et gratuites) concernant les solutions alternatives d'éclairage. Ces informations devront leur permettre de déterminer les solutions les plus intéressantes à mettre en œuvre, le montant de l'investissement initial nécessaire, le temps de retour, ainsi que le type de travaux à réaliser. L'un des responsables souhaite avoir des informations régulièrement sur les luminaires les plus efficaces agréés par la CRAM. Il explique qu'il pourrait les obtenir lors des réunions de la Commission de Sécurité, tous les 3 mois à Sophia Antipolis. Un autre estime que cette aide technique lui serait très utile pour les rénovations qu'il envisage prochainement;

-
- 18% des responsables n'envisageront ces modifications que s'ils sont aidés financièrement. L'un d'eux précise que des subventions devront permettre de ramener le temps de retour sur investissement de ces solutions à moins de 2 ou 3 ans;
 - 9% (2 grands établissements) estiment qu'ils n'ont pas besoin d'aide et qu'ils ont toutes les compétences et informations nécessaires en interne pour mettre en place ces solutions.

CHAPITRE 4 : DISCUSSION - ECLAIRAGE

Dans cette partie nous aborderons d'une manière générale la façon de réduire les consommations électriques d'éclairage, en cinq points.

4.1 - PROFITER AU MIEUX DE L'ECLAIRAGE NATUREL

Le ratio de surface vitrée sur la surface au sol est important puisqu'il est proche de 30% dans les pièces de bureaux (voir annexe n°5 pour plus d'information). Nous avons cependant plusieurs fois remarqué dans les bureaux des personnes qui travaillent stores fermés et lumières allumées toute la journée (parfois en plein été). Les raisons qu'ils invoquent sont généralement le suréclairage dû à l'éclairage naturel, ou les reflets du soleil sur leur écran d'ordinateur. Bien souvent, ces personnes trouvent simplement plus facile d'appuyer sur un interrupteur que de remonter un store manuellement. Une seule d'entre elle était réellement photophobe.

SOLUTIONS MDE

- Une solution peut être de repenser l'aménagement intérieur des pièces de bureaux pour éviter reflets et suréclairage, et profiter au mieux de l'éclairage naturel.
- On peut aussi sensibiliser les usagers afin qu'ils remontent les stores après la période de suréclairage, au lieu d'éclairer artificiellement la pièce.
- Des solutions automatiques peuvent être envisagées dans les bâtiments neufs, comme la gestion des stores à partir d'une cellule photosensible, ou la pose de vitres photosensibles. Plus simplement on peut penser à des solutions passives comme l'installation de "casquettes" sur le bâtiment, qui peuvent protéger dans certaines situations du suréclairage en été.

4.2 - ÉCLAIRER UNIQUEMENT LES ZONES NECESSAIRES

Dans les pièces de bureaux et les salles communes, il n'est pas nécessaire que l'éclairage soit aussi important sur le poste de travail que dans l'entrée ou dans les coins de la pièce. Il faut privilégier des "tâches" de lumière bien situées, par rapport à un éclairage uniforme de la pièce.

SOLUTIONS MDE

- On peut revoir la disposition des luminaires au plafond, pour qu'ils soient placés uniquement au-dessus des postes de travail.
- On peut également choisir d'utiliser des lampes de bureau, et de n'utiliser les lampes de plafond que comme éclairage de base pour l'ensemble de la pièce.

4.3 - SE CONTENTER D'UN NIVEAU D'ECLAIREMENT MINIMAL

On trouve souvent dans les toilettes ou parfois dans les couloirs des niveaux d'éclairage supérieurs à ceux des pièces de bureaux de l'établissement. un éclairage d'environ 100 lux voire inférieur est suffisant pour ces types de pièce. Pour économiser l'électricité, il faut se limiter à tout moment de la journée et dans toutes les pièces des bureaux au niveau d'éclairage minimal acceptable. Le nombre de luminaires installés dans les établissements est bien souvent trop élevé. Ainsi, alors que

certaines médecins du travail observent des pathologies nerveuses au-delà de 220 lux pour le travail sur écran d'ordinateur, plus de la moitié des éclairagements relevés sur des postes de travail des bureaux inventoriés étaient supérieurs à ce niveau.

SOLUTIONS MDE

➤ La solution la plus simple et la moins chère consiste à **réduire le nombre de luminaires utilisés**, ou de tubes alimentés par luminaire en place (delamping). Bien que la qualité de l'éclairage ne soit pas alors maintenue, nous avons pu constater que c'était une pratique courante dans les bureaux où de nombreux tubes étaient volontairement démontés (1 sur 2, voire même 3 sur 4 dans certains établissements) pour éviter un suréclairage.

➤ Il est également possible d'installer dans les établissements des **systèmes de délestage** qui permettent par exemple de couper automatiquement un luminaire sur deux en été dans les couloirs d'un établissement, à condition que le câblage s'y prête.

➤ On peut aussi utiliser **des luminaires "dimmables"** : cette technologie est actuellement utilisée principalement sur les lampadaires halogènes (qui sont à proscrire à cause de leur puissance très élevée et de leur faible efficacité lumineuse). Mais elle peut-être utilisée sur tous les autres types de luminaires, y compris les tubes fluorescents T8 et T5 et certaines lampes basse consommation. Cette solution permet de diminuer l'éclairage de la pièce, manuellement ou automatiquement. En particulier, on peut "dimmer" l'éclairage des tubes fluorescents en utilisant des ballasts électroniques dimmables. La solution "automatique" passe par l'installation de cellules photosensibles en plus de ces ballasts. Le principe de fonctionnement est le suivant : lorsque l'éclairage naturel augmente, l'éclairage artificiel (donc la puissance du luminaire) diminue afin de maintenir un niveau d'éclairage constant sur le poste de travail et éviter le suréclairage du poste. Les économies associées à ce système sont difficilement quantifiables. En effet, l'efficacité de la gradation dépend essentiellement de l'exposition du bureau, du niveau d'éclairage naturel dont on peut bénéficier, mais aussi du niveau d'éclairage initial.

4.4 - MINIMISER LES DUREES DE FONCTIONNEMENT

Pour économiser le maximum d'électricité dans les bureaux, il faut bien sûr que les lumières soient éteintes durant la pause de midi et durant la nuit. Idéalement, les lumières devraient aussi être éteintes qu'une pièce est inoccupée plus de quelques minutes, ou que l'éclairage naturel dans la pièce redevient suffisant.

Dans les couloirs, il faut ainsi éteindre que l'éclairage naturel est suffisant et n'allumer que lorsque quelqu'un a besoin d'y circuler.

SOLUTIONS MDE

En dehors de la sensibilisation du personnel, on peut envisager des solutions recourant à des méthodes de commande automatiques ou semi- automatiques de l'éclairage.

Pour l'ensemble du bâtiment

Un seul établissement utilise un système de Gestion Technique Centralisé pour contrôler l'ensemble de l'éclairage de ses bâtiments. Ce type de système permet de gérer sur horloge l'éclairage de zones dans l'établissement.

Pour que l'utilisation d'une GTB soit rentable et efficace :

- l'établissement doit être propriétaire des locaux;
- l'établissement doit être de taille suffisante pour que l'économie générée par l'utilisation de la GTB soit supérieure au coût de maintenance et d'adaptation du système aux changements inévitables de configuration dans l'établissement;
- le découpage des secteurs d'éclairage doit être suffisamment fin et cohérent pour que le personnel ne soit pas gêné par son fonctionnement.

Notons qu'il est risqué d'utiliser des systèmes centralisés sur certaines parties de l'établissement, mais de laisser d'autres pièces adjacentes sous le contrôle de commandes locales.

Pour les pièces de bureaux

C'est dans ce type de pièce que l'on devrait compter uniquement sur les usagers pour éteindre les lumières. En effet, dans les bureaux individuels équipés d'une commande d'éclairage, l'utilisateur est le seul responsable de l'extinction de "son" bureau. Dans les autres types de pièce, la responsabilité sera en revanche partagée entre différents utilisateurs. Les pièces de bureaux sont donc un terrain d'entraînement privilégié du personnel aux économies d'énergies. Il serait dommage de le gâcher en y installant des commandes automatiques qui le déresponsabiliseraient. Nous n'avons heureusement trouvé dans l'échantillon que des commandes manuelles dans ces pièces (interrupteur simple, télérupteur ou va et vient). La gestion de l'éclairage dans des pièces collectives peut parfois être la cause de tensions entre personnes travaillant dans la même pièce. Ce que souhaitent les employés c'est avoir le contrôle complet de l'éclairage autour de leur poste de travail. Les lampes de bureau sont très appréciées puisqu'elles permettent de gérer cet éclairage complémentaire individuellement. Des grands établissements utilisent aussi des lampadaires équipés de lampes basse consommation branchés sur des prises de courant, qui sont commandables individuellement (souvent par télécommande radio ou infrarouge).

Cependant, des systèmes centralisés sur horloge existent qui coupent automatiquement l'éclairage de tous les bureaux le soir à une heure fixée. Une personne souhaitant alors travailler plus tard devra réarmer régulièrement (toutes les heures par exemple) une minuterie qui commande l'éclairage de sa pièce uniquement. L'inconvénient d'un tel système, est que l'utilisateur risque rapidement de ne plus prendre la peine (ou de ne plus pouvoir) éteindre son bureau quand il le quitte avant l'heure de l'extinction générale. L'économie finale n'est donc pas évidente. Les mesures des consommations seraient nécessaires pour vérifier l'intérêt d'un tel système.

Pour les salles communes

On peut envisager des détecteurs de présence ou des minuteries dans certaines pièces qui ne sont utilisées que pour de courtes durées, comme les salles de reprographie par exemple. On peut aussi envisager des commandes sur horloge avec des détecteurs crépusculaire dans les pièces où l'éclairage naturel est important.

Pour les couloirs

Quelques couloirs de l'échantillon sont commandés par une commande centralisée. On ne peut pas compter sur une sensibilisation du personnel à éteindre les couloirs quand il les quitte. Les dispositifs semi-automatiques devraient donc être installés systématiquement pour éteindre l'éclairage lorsque personne n'y circule. On peut envisager des systèmes sur horloge, sur minuterie (comme dans les immeubles), des détecteurs crépusculaires si les couloirs ne sont pas borgnes, ou des détecteurs de présence. L'intérêt de ces solutions dépendra de la configuration des lieux (taille des couloirs, éclairage naturel...), du type d'établissement, de la durée d'éclairage actuelle... Par exemple, dans un des établissements, le directeur exige que les couloirs restent allumés durant toute la journée pour que les visiteurs éventuels ne croient pas qu'il n'y a personne dans les bureaux.

Pour les toilettes

Des systèmes sur horloge peuvent bien sûr être utilisés pour l'allumage et l'extinction automatique de ces locaux. L'utilisation des minuteries est très peu répandue dans ces pièces et ne le sera sans doute jamais. En revanche, on peut espérer que les détecteurs de présence seront de plus en plus utilisés. Il faut alors systématiquement installer ces détecteurs dans les lavabos ET dans les cabines.

4.5 - INSTALLER DES LUMINAIRES EFFICACES

Pour obtenir le niveau d'éclairage maximal avec un minimum de puissance électrique absorbée, il faut rechercher l'efficacité énergétique de la source, de l'alimentation électrique, et du luminaire.

4.5.1 LES SOURCES EFFICACES

Comme on l'a vu les sources les plus efficaces utilisables dans les bureaux sont aujourd'hui les sources fluorescentes.

➤ **Les lampes basse consommation** sont 5 fois plus efficaces que les lampes à incandescence. Elles pourraient donc remplacer systématiquement les lampes incandescentes que l'on trouve en particulier dans les toilettes. Les luminaires n'ont généralement même pas à être remplacés. Elles pourraient également remplacer les lampes halogènes de bureau, comme elles commencent à le faire,

➤ **Les tubes fluorescents** sont encore plus efficaces que les LBC. Tous les tubes fluorescents recensés dans cette étude sont des tubes de type T8 (18W, 36W, ou 58W), c'est à dire avec un diamètre de 26 millimètres. Il existe 2 types de revêtement : halophosphore et triphosphore. Les tubes triphosphores possèdent un meilleur rendu des couleurs et une efficacité lumineuse élevée. A puissance égale, ils donnent jusqu'à 30% de flux lumineux de plus qu'un tube ordinaire mais ils sont aussi plus chers (le double d'un tube T8 standard).

En 1995, une nouvelle gamme de tubes fluorescents nommés tubes T5, a été introduite. Les tubes T5 sont encore très peu utilisés. Ils consomment sensiblement moins qu'un tube T8 pour une quantité de lumière équivalente. Ils ne fonctionnent qu'avec un ballast électronique. De plus ils contiennent moins de mercure que les tubes T8 standards et leur durée de vie est deux fois plus longue. Cependant ils sont encore chers. Étant moins longs, ils ne peuvent s'utiliser directement en remplacement des tubes T8 et nécessitent des luminaires adaptés ou des kits de transformation. L'entreprise allemande GEM Deutschland propose un produit, le kit de rénovation *Retrolux*, qui permet de transformer un éclairage muni de tubes fluorescents T8 et d'un ballast ferromagnétique en un luminaire performant constitué de tubes T5, d'un ballast électronique et d'un réflecteur en aluminium.

4.5.2 LES ALIMENTATIONS EFFICACES

Pour les halogènes basse tension

Une alimentation électrique est nécessaire pour transformer la tension alternative 230 volts du réseau, en tension continue 12V ou 24V. Ce type d'alimentation électrique est utilisé dans les bureaux pour les lampes de bureau et dans les faux plafonds. Les plus vieilles alimentations sont des transformateurs ferromagnétiques dont le rendement peut être aussi bas que 50%. On trouve aujourd'hui sur le marché des transformateurs électroniques pour les lampes halogènes en très basse tension dont le rendement est systématiquement supérieur à 90%.

Pour les tubes fluorescents et les lampes fluocompactes

Le ballast sert à l'amorçage de l'arc des tubes fluorescents. Il en existe deux types : **ferromagnétique** (standard ou faible pertes) et **électronique**. Le ballast ferromagnétique est en France le standard actuel. Le ballast électronique est pourtant plus performant : il consomme moins et augmente l'intensité lumineuse. Par exemple, le remplacement d'un ballast ferromagnétique par un ballast électronique sur un luminaire 2x58 W permet une économie d'énergie d'environ 25%, une amélioration de la qualité de l'éclairage (démarrage rapide, absence de scintillement...) et un allongement de la durée de vie des tubes. Cependant, il est actuellement 3 à 4 fois plus chers à l'achat qu'un ballast standard (environ 10 à 15 euros de plus).

4.5.3 LES LUMINAIRES EFFICACES

Comme on l'a vu les luminaires peuvent ou non être équipés de diffuseur, de grilles de défilement et de réflecteurs.

➤ **Les diffuseurs** permettent de diminuer la luminance de la source afin d'éviter l'éblouissement. Cependant, ils absorbent une partie importante de la lumière émise, ce qui fait chuter l'efficacité lumineuse du luminaire. Pour les tubes fluorescents, les diffuseurs sont peu à peu remplacés par des **grilles de défilement** beaucoup plus efficaces, qui doivent aussi être optimisées afin d'empêcher tout éblouissement.

➤ **Les réflecteurs** permettent d'éviter le rayonnement uniforme de la source lumineuse dans toutes les directions. Ils concentrent donc le flux lumineux dans la zone désirée. Ils peuvent être utilisés pour tous les types de source et sur tous les types de luminaire.

Pour les lampes halogènes dichroïques, l'utilisation de réflecteurs performants à recyclage de l'énergie thermique permet d'économiser jusqu'à 30% d'électricité par rapport aux mêmes lampes avec réflecteur classique (OSRAM Decostar® IRC).

Pour les luminaires à tubes fluorescents, différents types de réflecteurs sont utilisés. Un réflecteur muni d'un film d'argent permet une réflexion de 95%, contre 78-90% pour un réflecteur en aluminium grand brillant et 60-88% pour un réflecteur en acier prélaqué blanc neuf. L'état de propreté du réflecteur jouera sur l'efficacité lumineuse de celui-ci. Le rendement des luminaires à tubes fluorescents varie de 45 à 75%, induisant un écart de consommation de 40% entre les modèles les meilleurs et les moins bons.

PARTIE B

**LES TECHNOLOGIES DE
L'INFORMATION DANS LES BUREAUX**

CHAPITRE 5 : INVENTAIRE - TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

Nous allons dans ce chapitre dresser l'inventaire du matériel informatique et bureautique utilisé dans les bureaux de l'échantillon. Nous avons comptabilisé tous les appareils en état de fonctionnement et qui selon les usagers étaient encore utilisés (même peu souvent). Nous n'avons donc pas compté les anciens ordinateurs qui ne sont plus raccordés, les minitels débranchés, ou les imprimantes hors d'usage...

5.1 - L'INVENTAIRE INFORMATIQUE

Dans ce paragraphe nous nous intéresserons uniquement aux appareils informatiques : ordinateurs, serveurs, stations d'accueil. Rappelons que les valeurs que nous appelons "régionales" sont les valeurs issues de l'enquête et corrigées pour être représentatives de la région (voir annexe n°1).

5.1.1 INVENTAIRE GENERAL

Le tableau ci-dessous présente pour chaque type d'appareil informatique inventorié, les valeurs moyennes régionales du nombre d'appareils utilisés **pour 100 personnes travaillant dans les bureaux** de l'établissement. Les employés qui ne travaillent pas dans les bureaux de l'établissement n'ont pas été pris en compte dans cet inventaire. Les valeurs minimales et maximales indiquées sont des valeurs (non-corrigées) obtenues parmi les 50 établissements de l'échantillon.

	Minimum	Moyenne	Maximum
Écrans	45	124	204
Postes fixes	29	98	175
Portables de bureaux	0	20	75
Serveurs	0	15	90
Stations d'accueil	0	9	71

Figure 5.1 : nombre minimum, moyen (régional) et maximum d'appareils pour 100 personnes

Le tableau de la figure 5.2 présente pour chaque type d'appareil informatique inventorié les valeurs moyennes régionales du nombre d'appareils utilisés **pour 100 m² de bureaux** (couloirs, pièces de bureaux, pièces communes et toilettes uniquement).

	Minimum	Moyenne	Maximum
Écrans	2,0	7,1	14,0
Postes fixes	1,6	5,9	12,1
Portables de bureaux	0,0	1,03	4,1
Serveurs	0,0	0,64	4,8
Stations d'accueil	0,0	0,40	4,1

Figure 5.2 : nombre minimum, moyen (régional) et maximum d'appareils pour 100 m² de bureaux

Il est notable que le type d'appareil informatique le plus représenté est l'écran d'ordinateur, avec plus de 1,2 écrans par personne, et 7,1 écrans pour 100 m² de bureaux au niveau régional. Il y a ensuite, comme on pouvait s'y attendre, presque un poste fixe (hors serveur) par personne dans les bureaux. Le

nombre de serveur est relativement important : 15 serveurs pour 100 personnes. Il y a presque une station d'accueil pour 2 portables utilisés comme fixe dans l'établissement.

Les paragraphes suivants vont permettre de caractériser les appareils informatiques de la région à partir des caractéristiques relevées dans les établissements de l'échantillon durant l'été 2003.

5.1.2 LES ECRANS

Les caractéristiques de 455 écrans ont été relevées dans les établissements de l'échantillon. Nous avons pu en déduire qu'au niveau régional, **11% des écrans utilisés dans les bureaux sont des écrans plats** et 89% des écrans cathodiques. La puissance électrique des écrans plats est 3 à 4 fois plus faible que celle des écrans cathodiques de même taille, et leur utilisation est donc très intéressante. Le pourcentage d'écrans plats est encore faible, mais croît très rapidement. Avec la baisse des prix sur les écrans plats, on peut estimer que le rapport sera inversé d'ici à 5 ans. En effet, plusieurs responsables d'établissements ont déclaré qu'ils n'achetaient plus que des écrans plats, et que tous les écrans cathodiques de leur établissement seraient remplacés par des écrans plats avant 3 ou 4 ans. Ce changement de technologie semble se faire naturellement et rapidement. La motivation principale n'est sans doute pas de consommer moins, mais d'avoir des écrans moins encombrants, et plus grands. (Notons au passage que, bien que ces changements soient onéreux, l'idée d'un temps de retour très court n'existe pas. Il faut rester prudent sur la grande rigueur des gestionnaires: ils ont une part d'irrationnel comme tout un chacun).

La figure 5.3 donne la distribution de la taille (en pouces) des écrans plats et cathodiques inventoriés.

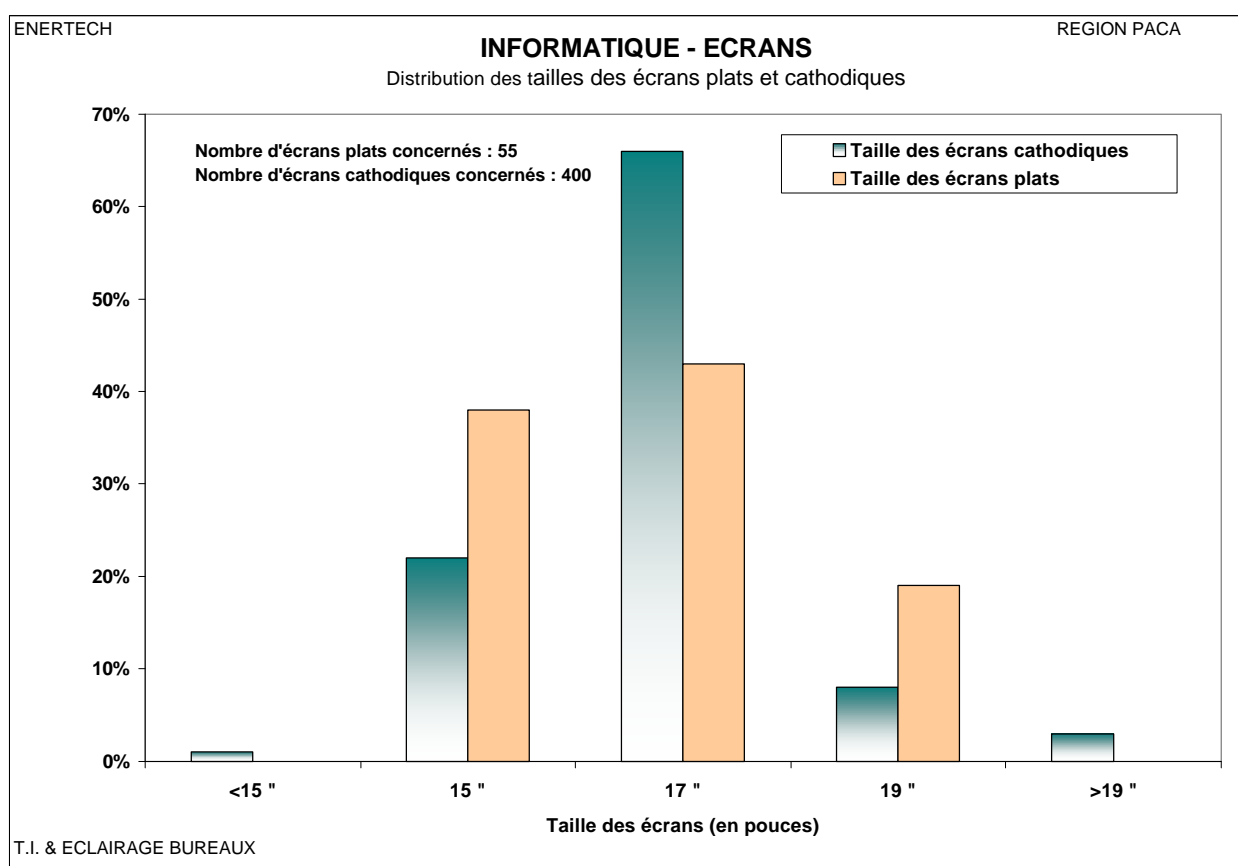


Figure 5.3 : taille des écrans cathodiques et plats inventoriés

Les deux distributions sont centrées autour de 17 pouces. On ne trouve presque plus d'écrans cathodiques de moins de 15" dans les établissements. Le 17" représente clairement le standard puisque 2/3 des écrans cathodiques ont cette taille. Les écrans cathodiques de 19" et plus sont utilisés surtout pour des applications particulières : dessin, traduction, programmation... Notons que la diagonale visible d'un

écran cathodique de 17'' est presque la même que celle d'un écran plat de 15''. En passant aux écrans plats, les usagers ont un écran plus grand pour un encombrement plus faible.

La figure 5.4 montre la manière dont les écrans sont utilisés dans les bureaux :

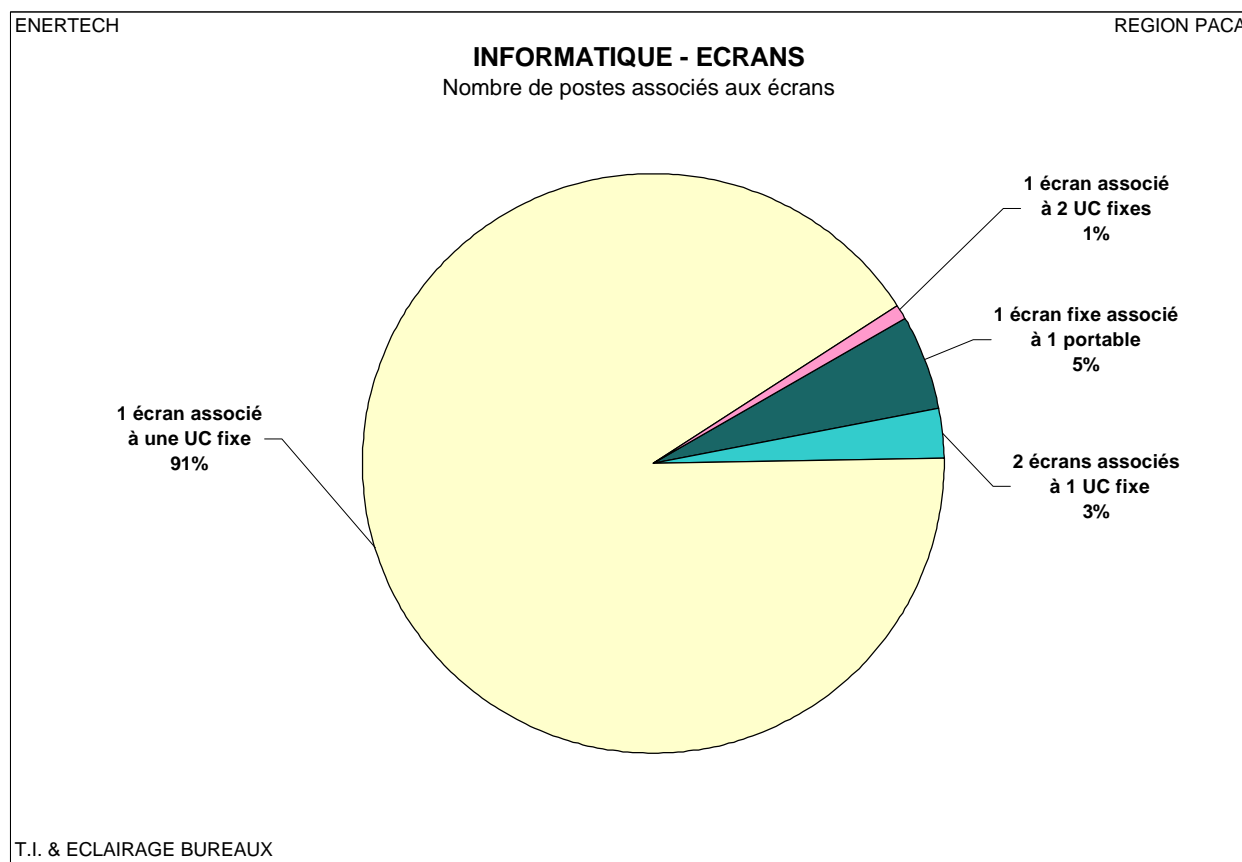


Figure 5.4 : utilisation des écrans

Pour les postes fixes, on peut considérer que presque tous les écrans sont associés à une seule unité centrale. On trouve quelques cas où deux écrans sont utilisés sur une seule unité centrale pour des applications très spécifiques, comme la traduction de textes, ou l'infographie. Encore plus rarement, on trouve un écran pour 2 UC d'un même utilisateur quand la place nécessaire sur le bureau est insuffisante ou qu'un des deux postes est dédié à une tâche particulière. Finalement, le nombre d'écrans utilisés sur des stations d'accueil est proche de 5% et devrait continuer à croître.

Nous avons également relevé sur 175 écrans, que **le logo E* était présent dans 56% des cas.**

5.1.3 LES POSTES FIXES, LES PORTABLES ET LES STATIONS D'ACCUEIL

Sur un ensemble de près de 467 ordinateurs dans 50 établissements, nous avons pu constater que :

- Au niveau régional,
 - **91 % des ordinateurs sont des modèles standards fabriqués par de grandes marques,**
 - **9% d'entre eux seulement sont fabriqués à la demande par des assembleurs.**

Les établissements qui utilisent des ordinateurs assemblés sont généralement des petites entreprises de moins de 25 personnes qui travaillent dans les technologies de l'information.

DÉFINITIONS :

Portables de bureau : ordinateur portatif utilisé principalement au bureau dans la journée. Ils sont utilisés par des cadres, des chercheurs de l'établissement quand ils sont au bureau, mais aussi chez eux ou lorsqu'ils sont en déplacement. Dans cette étude, nous n'avons comptabilisé que les portables "de bureau" que nous avons vu durant l'inventaire et sur lesquels une personne travaillait.

Portables "mobiles" : ils ne sont jamais utilisés au bureau, mais toujours à l'extérieur de l'établissement. Ils sont utilisés par les commerciaux ou par d'autres employés lorsqu'ils sont en déplacement. Ils sont rangés et inutilisés lorsqu'ils restent dans l'établissement. Ils n'ont donc pas été comptabilisés ici.

Station d'accueil : c'est un ordinateur dans/sur lequel on peut connecter un portable, pour lui offrir les capacités d'un ordinateur de bureau. Cet appareil placé sur un bureau lui permet « d'accueillir » un ordinateur portable durant la journée de travail. Il facilite la connexion au réseau et aux périphériques de l'établissement, et permet parfois d'utiliser des claviers et des écrans plus confortables que ceux des portables.

- Parmi les ordinateurs utilisés dans les bureaux de la région,
 - **14% des postes inventoriés sont des ordinateurs portables "de bureau",**
 - **86 % sont des postes fixes.**

Cette part des portables est peut-être légèrement surestimée du fait du choix de l'échantillon. Mais, comme nous l'ont confirmé plusieurs responsables informatiques, cette part croît rapidement. "D'ici à 5 ans nous aurons remplacé tous nos postes fixes par des portables" explique un responsable d'une grande entreprise. Le portable se joue des micro-coupures de courant et ne nécessite donc pas de réseau ondulé. De plus en plus de personnes travaillent chez eux ou sont amenées à se déplacer avec leur ordinateur. Et un portable consomme 5 à 7 fois moins qu'un ordinateur en poste fixe avec son écran cathodique!

DÉFINITIONS :

Poste individuel : c'est un ordinateur utilisé par une seule personne au bureau pour diverses applications.

Poste partagé : c'est un ordinateur qui est utilisé par plusieurs personnes (généralement 2 ou 3) pour des tâches diverses.

Poste dédié : c'est un ordinateur utilisé par une ou plusieurs personnes pour une tâche spécifique. On trouve des postes dédiés à l'accès Internet, à l'impression de documents, à la sécurité du bâtiment...

Poste de travail : c'est un ordinateur (individuel, partagé ou dédié) sur lequel un utilisateur peut directement effectuer une ou plusieurs tâches (par opposition aux serveurs)

Serveur : c'est un poste qui ne sert qu'au stockage et à la diffusion des données. Hormis l'administrateur informatique, les employés n'utilisent pas directement ce type de poste. Il existe différents types de serveurs : de données, de noms de domaines, de messagerie, d'applications...

- Parmi les postes de travail inventoriés dans les bureaux :
 - **87% sont des postes utilisés par une seule personne et pour ses seuls besoins;**
 - **7% sont des postes dédiés;**
 - **6% sont des postes partagés.**

Remarques : des stations d'accueil étaient utilisées dans 20% des établissements, et pour presque un portable de bureau sur deux. Ces stations sont connectées au réseau en permanence. Leur puissance de veille varie d'un modèle à l'autre.

5.1.4 LES SERVEURS

Seules 2 petits établissements de 4 personnes dans l'échantillon n'utilisent aucun serveur. Toutes les autres ont au moins un serveur. En moyenne, on trouve actuellement 15 serveurs classiques pour 100 personnes.

5.2 - L'INVENTAIRE BUREAUTIQUE

DÉFINITIONS :

Nous avons choisi de distinguer dans cette étude deux types d'imprimantes.

Les imprimantes (mono-fonction) sont les imprimantes "classique" dont l'unique fonction est d'imprimer les documents à partir d'un ordinateur.

Les imprimantes multifonction (appelés aussi photocopieurs réseau, mopieurs, ou « document center ») sont des appareils relativement récents qui regroupent plusieurs fonctions : imprimante (généralement réseau) + scanner + photocopieur et éventuellement téléphone/fax/répondeur. Elles peuvent être ou non connectés au réseau et à l'internet.

5.2.1 INVENTAIRE GENERAL

Le tableau de la figure 5.5 présente pour chaque type d'appareil de bureautique inventorié, les valeurs moyennes régionales du nombre d'appareils **pour 100 personnes travaillant dans les bureaux**.

	Minimum	Moyenne	Maximum
Imprimantes	0	50,4	125
Fax	0	11,4	40
Photocopieurs	0	9,4	33
Scanners	0	8,2	50
Imprimantes multifonctions	0	4,2	25
Minitels	0	2,7	33
Projecteurs	0	0,9	20
Hubs-Switchs-Routeurs	0	25,4	100

Figure 5.5 : nombre minimum, moyen (régional) et maximum d'appareils pour 100 personnes des bureaux

Le tableau de la figure 5.6 présente pour chaque type d'appareil informatique inventorié, les valeurs moyennes régionales du nombre d'appareils **pour 100 m² de bureaux**.

	Minimum	Moyenne	Maximum
Imprimantes	0	3,00	8,0
Fax	0	0,70	3,3
Photocopieurs	0	0,47	2,1
Scanners	0	0,40	2,2
Imprimantes multifonctions	0	0,21	1,9
Minitels	0	0,16	2,1
Projecteurs	0	0,05	1,1
Hubs-Switchs-Routeurs	0	1,13	4,9

Figure 5.6 : nombre minimum, moyen (régional) et maximum d'appareils pour 100 m² de bureaux

Il est notable qu'il y a en moyenne au niveau régional une imprimante pour 2 personnes dans les bureaux. Le deuxième groupe d'appareils les plus présents dans les bureaux sont les fax, puis les photocopieurs et les scanners : on en trouve environ 1 pour 10 personnes. Les minitels ont presque disparus des bureaux. En revanche le nombre d'imprimantes multifonction est déjà supérieur à 4 appareils pour 100 salariés.

Les paragraphes suivants décrivent les principales caractéristiques des appareils inventoriés.

5.2.2 LES IMPRIMANTES

49 des 50 établissements utilisent au moins une imprimante classique (à une seule fonction). Le petit établissement qui n'a aucune imprimante classique, a opté pour un appareil appelé "document center" qui gère les impressions de toute l'entreprise et nécessite un ordinateur dédié. L'imprimante mono-fonction est le périphérique le plus répandu dans les établissements : il y a plus d'un appareil pour 2 personnes en moyenne pour les établissements de la région.

Les 247 imprimantes mono-fonction inventoriées peuvent être groupées en 3 grandes catégories : laser, jet d'encre et matricielle. La part respective de chaque type d'imprimante est donné dans le tableau de la figure 5.7.

Types d'imprimantes	Part
Laser	60%
Jet d'encre	35%
Matricielle	5%

Figure 5.7 : répartition des types d'imprimantes

Il ne reste que quelques imprimantes matricielles dans les bureaux. Elles ne sont plus utilisées que pour des impressions très spécifiques et routinières : édition de factures clients ou de chèques, de listes mises à jour régulièrement...

Seul un tiers des imprimantes est à jet d'encre. Comme on le voit sur la figure 5.8, les imprimantes à jet d'encre sont utilisées pour des impressions couleur, alors que les lasers sont majoritairement utilisés pour des impressions en noir et blanc.

DÉFINITIONS :

Imprimantes locales : elles sont connectées directement à un ordinateur particulier, et n'ont pas de cartes réseau. Ces imprimantes peuvent être soit utilisées **individuellement**, soit **partagées entre plusieurs personnes** :

➤ dans le cas d'une imprimante locale individuelle, les impressions ne peuvent être lancées que d'un seul poste informatique ;

➤ en revanche, le service de partage de fichiers et d'imprimantes (sous Windows) permet d'imprimer des documents à partir de plusieurs postes du réseau sur une imprimante connectée en local. Ceci impose cependant que l'ordinateur sur lequel cette imprimante est connectée soit allumé lorsque l'impression est lancée. Dans cette configuration, de nombreux postes restent allumés la nuit, parce que la personne qui utilise l'ordinateur sur lequel l'imprimante est connecté ne quitte pas l'établissement en dernier, et prévoit qu'un de ses collègues pourrait encore avoir besoin de son imprimante partagée.

Imprimantes réseau : elles possèdent une carte ethernet qui leur permet d'être connectées directement au réseau de l'établissement via un hub ou un switch. Elles ne dépendent pas d'un ordinateur particulier. Elles sont généralement accessibles par tous les postes du réseau, mais sont parfois placées dans des bureaux où elles ne sont utilisées que par 1 ou 2 personnes. Les imprimantes réseau sont généralement plus chères et plus performantes que les imprimantes locales.

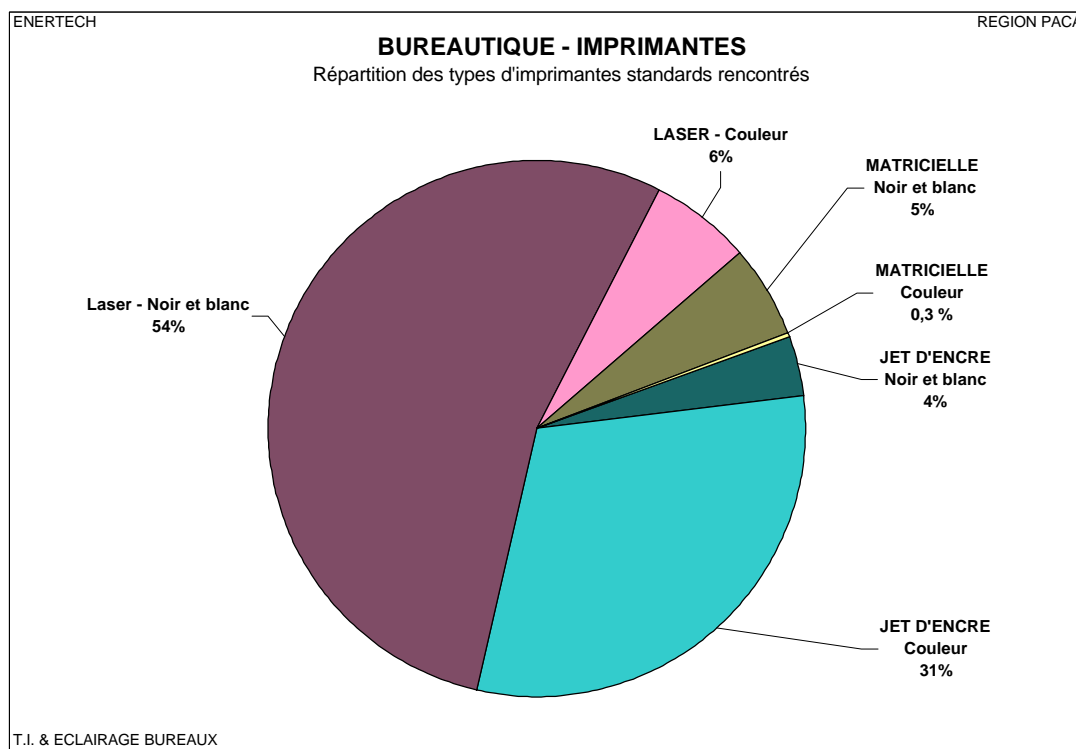


Figure 5.8 : répartition des types d'imprimantes couleur et noir et blanc

La gestion des allumages et des extinctions des imprimantes, et donc leur consommation, dépend de la façon dont elles sont utilisées : par une personne ou par plusieurs, en local ou en réseau.

La figure 5.9 montre que les imprimantes à jet d'encre sont souvent des imprimantes utilisées en local par une seule personne ou un seul bureau. Des imprimantes laser à bas débit sont également utilisées pour un seul bureau. Mais on en trouve aussi souvent des imprimantes laser à haut débit dans les salles de reprographie, qui sont utilisées par un département ou un service entier.

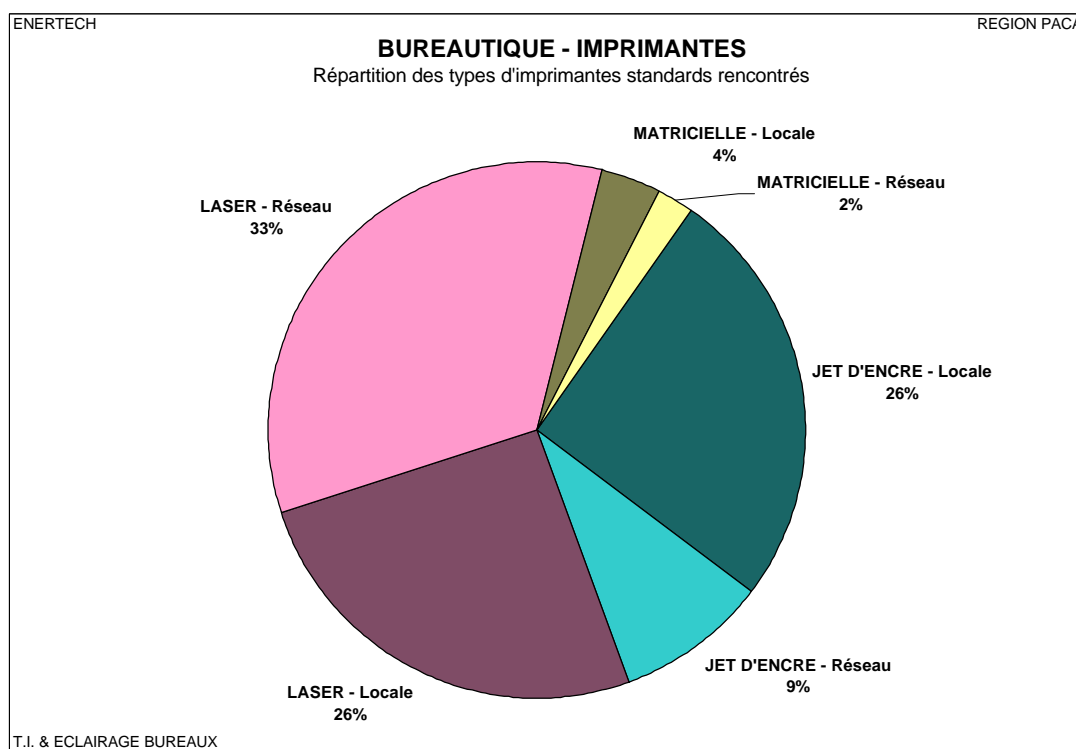


Figure 5.9 : répartition des types d'imprimantes locales et réseau

La figure 5.10 montre que les imprimantes locales sont largement utilisées de manière individuelle, alors que la grande majorité des imprimantes réseau sont utilisées collectivement.

	Locale	Réseau
Utilisation individuelle	77%	26%
Utilisation collective	23% imprimantes partagées	74%
Nombre moyen d'utilisateurs en utilisation collective	4,2 imprimantes partagées	8,0

Figure 5.10 : types d'utilisation des imprimantes locales et réseau

5.2.3 LES FAX

Tous les établissements de l'échantillon ont la possibilité de recevoir et d'envoyer des fax. Les solutions aujourd'hui les plus courantes pour envoyer des fax sont : les fax dédiés (appareils à une seule fonction), les imprimantes multifonctions (à 4 fonctions) et les ordinateurs équipés d'un logiciel de gestion de fax. La fonction fax la plus économique au niveau énergie est sans doute celle qui consiste à utiliser un logiciel informatique pour envoyer directement un fax à partir d'un ordinateur (si celui-ci est éteint la nuit).

Seuls 5 établissements de l'échantillon ne possèdent aucun appareil de fax « dédié ». Ils utilisent tous des imprimantes multifonctions pour envoyer ou recevoir des fax.

Sur 53 fax dédiés inventoriés, seuls 2 étaient des fax à papier thermique. Les autres étaient des fax papier ordinaire.

A titre indicatif, sur 33 fax, le nombre d'utilisateurs moyen était égal à 13,0 personnes.

Tendance : l'envoi de fax diminue rapidement au profit de messages électroniques. Les fax personnels ont tendance à disparaître au profit de fax collectifs (incorporés ou non dans des imprimantes multifonctions par exemple).

5.2.4 LES PHOTOCOPIEURS

80 % des établissements de l'échantillon possèdent au moins 1 photocopieur. Les 20 % restant utilisent tous des imprimantes multifonctions pour photocopier leurs documents. Cette fonction demeure donc indispensable pour tous les établissements.

Nous avons inventorié 51 photocopieurs dans notre échantillon. Nous avons distingué trois catégories de photocopieurs : A3, A4 et A3 trieuse.

Types de photocopieurs	Part
A3	60%
Trieuse	31%
A4	9%

Figure 5.11 : part des différents types de photocopieurs inventoriés

A titre indicatif, sur 33 photocopieurs, le nombre d'utilisateurs moyen était de 16,8 personnes.

Les plus récents photocopieurs sont programmés pour être mis en veille automatiquement au bout d'un certain laps de temps. Mais d'autres peuvent rester constamment en mode préchauffage, de jour

comme de nuit. Les employés semblent un peu plus sensibilisés à arrêter les photocopieurs que les autres appareils de bureautique, mais le niveau de veille des photocopieurs est sans doute nettement plus élevé que celui des autres appareils de bureautique.

5.2.5 LES SCANNERS

38 établissements de l'échantillon ont au moins un scanner (mono fonction) dans leur établissement. Cette fonction est maintenant systématiquement incorporée aux imprimantes multifonctions. Au total, 42 établissements sur 50 ont accès à la fonction scanner.

Il existe en moyenne plus de 8 scanners pour 100 personnes dans les établissements. Sur 29 scanners inventoriés, 27 étaient des scanners A4 classiques, 1 était un scanner A3 et un autre un scanner A0.

Ce type d'appareil est rarement utilisé. La plupart des scanners mono fonction rencontrés n'ont pas de connexion réseau. On les trouve donc soit sur des postes individuels, soit sur des postes dédiés à cet usage.

A titre indicatif, sur 17 scanners inventoriés, le nombre d'utilisateurs moyen était de 6,4 personnes. Presque la moitié de ces scanners n'étaient utilisés que par une seule personne.

Tendance : Les scanners individuels ont tendance à disparaître au profit d'imprimantes multifonctions qui incorporent systématiquement cette fonction.

5.2.6 LES IMPRIMANTES MULTIFONCTIONS

Déjà 13 établissements de l'échantillon possèdent ce type d'appareil. Nous n'avons pu inventorier que 13 imprimantes multifonction, ce qui est malheureusement trop peu pour connaître la part des différents sous-types rencontrés : couleur / noir et blanc ; laser/jet d'encre ; 3 ou 4 fonctions... Mais le nombre de ces appareils croît rapidement. Ces appareils devraient normalement permettre de diminuer les consommations électriques, car ils regroupent 3 ou 4 fonctions qui nécessitaient auparavant autant d'appareils distincts susceptibles de rester allumés en permanence. Le risque est cependant que ces appareils (en particulier ceux proposant la fonction fax) restent également allumés en permanence, et que le niveau de leurs veilles soit bien supérieur à celui d'un appareil standard.

5.2.7 LES MINITELS

Environ 35% des établissements de l'échantillon possèdent encore des minitels. Il ne reste quasiment plus de minitels dans les établissements visités, et leur nombre décroît très rapidement. Les rares qui restent sont très peu utilisés. Ils ne seront plus du tout utilisés d'ici 3 ou 4 ans et il n'est donc pas nécessaire de s'intéresser à leur consommation. La plupart des établissements accèdent maintenant aux services du minitel via internet.

5.2.8 LES PROJECTEURS

Des projecteurs sont utilisés dans au moins 1/4 des établissements de l'échantillon. Nous avons rencontré des rétroprojecteurs, des vidéo-projecteurs et des data-projecteurs dans notre échantillon. Ces appareils sont utilisés ponctuellement, surtout dans les établissements de plus d'une trentaine de personnes, lors de réunions et de conférences. Leur nombre n'est pas très élevé et ils ne sont utilisés que quelques heures par semaine. Leur consommation électrique n'est donc probablement pas très élevée.

Tendance : on trouve de moins en moins de rétroprojecteurs dans les établissements, et de plus en plus de vidéo projecteurs.

5.2.9 LES APPAREILS D'INTERCONNEXION AU RESEAU

Tous les établissements qui ont un réseau informatique ont au moins un hub, un switch ou un routeur. Il y a en moyenne plus d'un appareil de ce type pour 4 personnes dans les établissements de l'échantillon. Ces appareils fonctionnent généralement en permanence (y compris le week-end). Il est difficile de mesurer leur puissance sur site, car la déconnexion temporaire peut entraîner des problèmes pour les utilisateurs du réseau. Il n'existe pas encore de solutions de substitution plus économes en énergie pour ces appareils.

CHAPITRE 6 : ENTRETIENS - TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

Ce chapitre est une analyse des propos réunis lors d'entretiens semi-directifs réalisés auprès de responsables informatiques des établissements de l'échantillon, ainsi qu'auprès de 347 usagers.

Les questionnaires utilisés pour ces entretiens sont donnés en annexe n°2.

Rappelons que les valeurs données dans ce chapitre sont :

- des moyennes sur l'échantillon pour tout ce qui se rapporte aux opinions des responsables ou des usagers (âge des appareils, durées d'utilisation, allumage et extinction des appareils par les usagers...).
- des moyennes (corrigées) régionalisées pour tout ce qui concerne les caractéristiques techniques des appareils vérifiées durant l'inventaire (gestion de l'alimentation par *Energy Star*, système d'exploitation...). La méthode de correction est décrite en annexe n°1.

6.1 - AGE ET STRATEGIES DE REMPLACEMENT DU MATERIEL

47 responsables d'établissement ont donné une estimation de l'âge moyen de leurs ordinateurs;

L'âge moyen des ordinateurs de l'échantillon est de 2,7 ans – soit 33 mois.

Pour 23 établissements de l'échantillon qui ont répondu :

Le parc d'ordinateurs est en moyenne remplacé tous les 3,5 ans – soit 42 mois.

Ce remplacement se fait différemment suivant les établissements. Sur 47 établissements :

- 49 % changent leurs ordinateurs **au cas par cas**, lorsqu'ils tombent en panne, ou qu'une nouvelle application ne fonctionne pas, ou qu'ils deviennent trop lents
- 30 % opèrent des remplacements systématiques et groupés de **25% à 40% des ordinateurs** du parc chaque année;
- 21 % remplacent **tous leurs ordinateurs** en une seule fois si possible, pour profiter des conditions d'un achat groupé, tous les 2 à 5 ans.

Dans tous les cas, la périodicité et la stratégie de remplacement fluctuent en fonction de la situation financière de l'établissement, du budget dévolu à ce remplacement, des offres sur le marché et de la conjoncture. Plusieurs établissements "dans le rouge" attendent le dernier moment pour remplacer leurs ordinateurs.

Dans 2 établissements (un petit et un très grand) spécialisés dans les technologies de l'information, les ordinateurs connaissent deux phases de vie au sein de l'établissement : ils sont d'abord utilisés par les programmeurs durant 12 à 18 mois, puis déplacés dans des services moins contraignants (administration).

Notons enfin qu'au moins 13% des établissements de l'échantillon louent ou achètent en leasing leurs ordinateurs, sur une durée de 18 mois à 3 ans.

6.2 - DUREES D'UTILISATION DES ORDINATEURS

La figure 6.1 a été réalisée à partir des entretiens réalisés auprès de 347 usagers. Nous leur avons demandé d'estimer le rapport du temps pendant lequel ils étaient vraiment en train de travailler sur leur ordinateur (lecture/écriture), au temps pendant lequel leur ordinateur était allumé (durant une journée moyenne, hors de la période de repas).

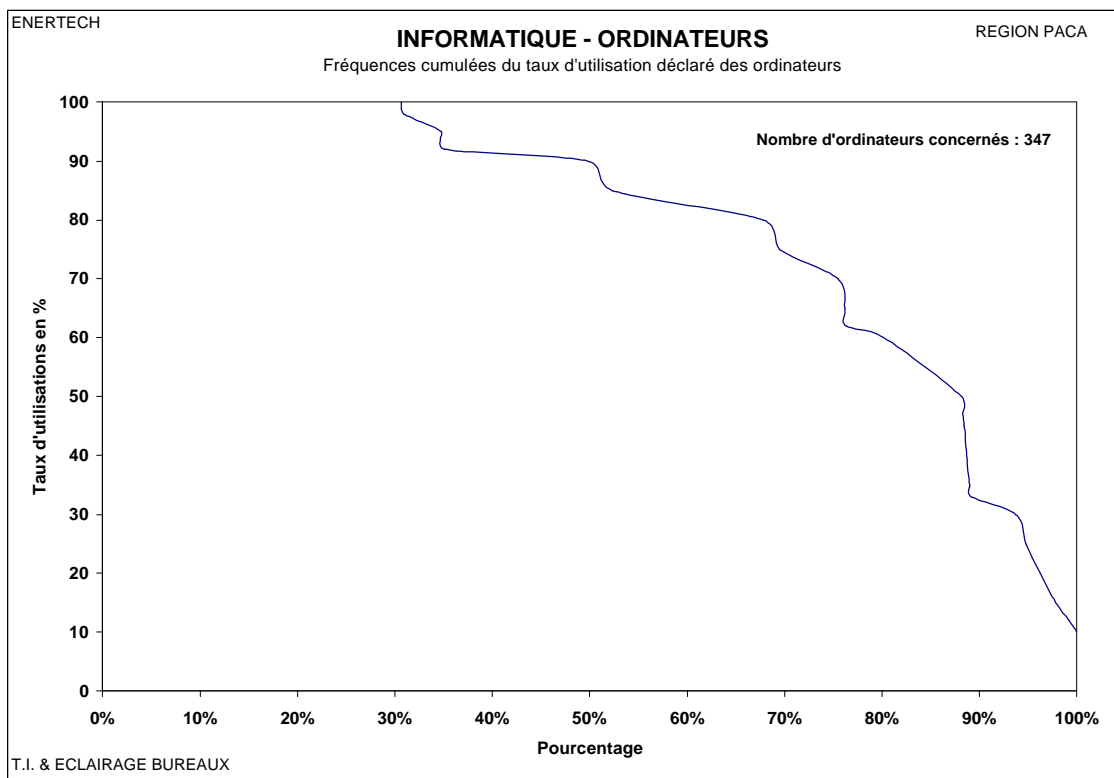


Figure 6.1 : fréquence cumulée des taux d'utilisation annoncés par les usagers

La courbe ci-dessus peut se lire de la manière suivante :

60 % des usagers (en abscisse) estiment que le taux d'utilisation de leur ordinateur est supérieur à 80 %.

L'aire de la partie supérieure droite de la courbe représente l'économie d'énergie qui pourrait être réalisée en éteignant (manuellement ou avec un gestionnaire de veille) les ordinateurs lorsqu'ils ne sont pas utilisés durant les périodes de travail.

Pour les usagers interrogés, **la durée moyenne de fonctionnement de leur ordinateur représente 78% du temps qu'ils passent à leur poste de travail**, durant la journée. On pourrait donc économiser au maximum 22% de la consommation informatique des périodes de travail, soit environ 5,5 h/jour ou encore 1.200 h/an.. Cette économie peut s'ajouter comme on le verra, à celle apportée par l'extinction des ordinateurs le midi, la nuit et durant le week-end.

Sur la base de ces observations, et en supposant que la consommation d'une unité centrale et de son écran cathodique est de 140W, la consommation annuelle d'un PC ne devrait pas dépasser 170 kWh/an. En revanche, un ordinateur qui ne serait jamais éteint et fonctionnerait 365 jours/an consommerait 1.225 kWh/an, soit 7,2 fois plus.

6.3 - GESTION DE L'ALIMENTATION SUR DES ORDINATEURS

Nous avons questionné les responsables afin de savoir si le gestionnaire d'alimentation **Energy Star (E*)** était activé. **Environ un tiers des responsables interrogés ne connaissaient pas E***, parmi eux des responsables informatiques de grandes entreprises.

Les deux paragraphes suivants étudient la mise en veille automatique de l'écran, puis celle, plus délicate de l'ordinateur entier (écran et unité centrale), à partir des relevés effectués sur 374 postes et des entretiens effectués auprès des responsables informatiques et de nombreux usagers des établissements de l'échantillon.

DÉFINITIONS :

*Un gestionnaire d'alimentation (ou d'énergie, ou de veille) est un "programme" informatique qui permet de gérer la mise en veille ou l'extinction automatique de l'écran et de l'unité centrale d'un ordinateur (voire d'autres périphériques). Le plus courant de ces gestionnaires est appelé **Energy Star** (E^*). Il existe depuis 1994 et son logo apparaît au démarrage des ordinateurs dans le BIOS, ou au dos de certains écrans. **Energy Star** est le seul gestionnaire d'alimentation que nous avons trouvé durant cette enquête. Il est compatible avec la plupart des systèmes d'exploitation standards, à l'exception de Windows NT. Ce gestionnaire est paramétrable directement à partir du système d'exploitation (via le menu "Affichage" sous Windows). L'utilisateur a généralement le choix entre activer ce gestionnaire pour:*

- mettre en veille l'écran simplement (appelé ici $E^*_{\text{écran}}$)
- arrêter les disques durs
- mettre en veille simple ou prolongée l'ordinateur entier (écran et unité centrale) (appelé ici

$E^*_{\text{ordinateur}}$)

*Nous distinguerons uniquement dans ce rapport la mise en veille de l'écran ($E^*_{\text{écran}}$) et celle de l'ordinateur entier $E^*_{\text{ordinateur}}$ (écran et unité centrale).*

*Un économiseur d'écran (appelé souvent à tort **écran de veille**) est un programme qui modifie l'affichage de l'écran au bout d'un temps paramétré d'inactivité de l'ordinateur. L'affichage de l'écran est alors remplacé par des images "flottantes" (texte, étoiles, objets...) afin d'économiser le revêtement des écrans cathodiques. Ce système a été malheureusement conservé sur les écrans plats. La consommation électrique en mode économiseur d'écran est généralement proche de celle de l'écran en mode de fonctionnement normal. (Suivant le type d'économiseur d'écran sélectionné par l'utilisateur, elle peut être soit légèrement inférieure, soit légèrement supérieure). Elle est en tout cas bien supérieure à celle de l'écran en état de veille réelle ou à l'arrêt !*

Nous n'allons pas étudier ici l'utilisation d'économiseurs d'écrans. Mais nous avons pu constater au cours des entretiens avec les usagers et même avec quelques responsables informatiques, que de nombreuses personnes confondaient "gestionnaire d'alimentation" et "économiseur d'écran" (en particulier à cause de la dénomination trompeuse "d'écran de veille"). Certains pensent même économiser de l'énergie en activant l'économiseur d'écran.

6.3.1 ACTIVATION D'ENERGY STAR POUR LES ECRANS (E^*_{ECRAN})

L'activation du gestionnaire d'alimentation $E^*_{\text{écran}}$ pour la mise en veille de l'écran seul ne pose a priori aucun problème technique. De grands fabricants d'ordinateurs l'activent même par défaut à la livraison.

- pour les écrans, aucun responsable n'exige qu' $E^*_{\text{écran}}$ soit activé à **la livraison** des machines.
- Les responsables peuvent également choisir d'activer $E^*_{\text{écran}}$ lorsqu'ils **installent** les postes :
 - 7 responsables d'établissements déclarent activer $E^*_{\text{écran}}$ systématiquement sur les écrans à l'installation, s'il n'est pas déjà activé par défaut à la réception du matériel
 - 2 responsables d'établissement désactivent systématiquement $E^*_{\text{écran}}$ (qui est parfois activé par défaut) afin disent-ils, de ne pas avoir de problèmes ou parce-que c'est trop contraignant. L'un explique que le premier conseil des installateurs informatiques est

qu'"en cas de panne, la première chose à faire est de désactiver E^* ". L'autre évoque des problèmes durant le gravage de CD-ROM lorsque l'écran se met en veille

- 6 établissements interdisent à leur personnel d'activer E^* sur leurs UC et leurs écrans (voir paragraphe suivant). Un autre établissement le déconseille pour l'UC et l'autorise pour l'écran. Généralement, un « master », c'est-à-dire une version « maison » du système d'exploitation, est installée sur les postes. Avec cette version, les utilisateurs ne peuvent plus modifier les paramètres « système », ou « affichage » de leur poste. Notons qu'un "master" pourrait être utilisé au contraire pour imposer aux utilisateurs l'usage d' E^* , afin qu'ils ne puissent pas le désactiver ou modifier les paramètres de configuration. Mais comme le font remarquer de nombreux responsables, très peu de personnes savent ou bien souhaitent modifier les paramètres de gestion de l'alimentation (en dehors des établissements travaillant dans les T.I., où la tendance semble être de désactiver systématiquement E^*).

➤ Parmi les 353 postes fixes inventoriés, **Energy Star est activé pour 38 % des écrans**.

La figure 6.2 indique pour quelle raison selon les usagers, $E^*_{\text{écran}}$ était activé pour les écrans de leurs ordinateurs :

	Écrans
Ne sait pas / par défaut	65%
Volonté de l'administrateur	19%
Volonté de l'utilisateur	16%

Figure 6.2 : raison pour laquelle $E^*_{\text{écran}}$ est activé sur les écrans des usagers

On remarque que le taux relativement élevé d'activation d' $E^*_{\text{écran}}$ semble dû au fait qu' $E^*_{\text{écran}}$ est activé par défaut sur les ordinateurs les plus récents. L'arrêt automatique de l'écran au bout de 20 minutes semble donc avoir été activé **par le constructeur** sur 25% des ordinateurs utilisés actuellement. La figure 6.3 confirme en partie ce fait. En effet, la durée avant extinction de l'écran pour les ordinateurs sur lesquels $E^*_{\text{écran}}$ est configuré par défaut, est généralement égale à 20 minutes.

	Durée d'activation d' E^* pour l'écran
< 20 minutes	14%
20 minutes	77%
>20 minutes	10%

Figure 6.3 : répartition des durées paramétrées avant mise en veille du moniteur par $E^*_{\text{écran}}$

Pour les 135 ordinateurs pour lesquels $E^*_{\text{écran}}$ était activé, **la durée moyenne paramétrée avant l'extinction automatique des écrans est égale à 25,9 minutes**.

6.3.2 ACTIVATION D' E^* POUR LES UNITES CENTRALES ET LES ECRANS ($E^*_{\text{ORDINATEUR}}$)

La mise en veille automatique de tout l'ordinateur (écran et unité centrale) est plus délicate que la mise en veille de l'écran seul. Avec les anciennes versions de système d'exploitation, les unités centrales peuvent dans certaines configurations réseau avoir des problèmes pour sortir ou rester en veille. Des problèmes peuvent survenir sur le réseau informatique. Mais ces problèmes sont normalement résolus sur les systèmes d'exploitation plus récents. Malheureusement, nous n'avons pas pu avoir de retour concernant l'utilisation d' $E^*_{\text{ordinateur}}$ sur les UC, puisque aucun responsable informatique n'avait installé $E^*_{\text{ordinateur}}$ sur tous les postes informatiques de son établissement. Et seuls quelques usagers dans quelques établissements ont pris la décision d'activer $E^*_{\text{ordinateur}}$ pour leur unité centrale (UC).

Parmi les responsables informatiques interrogés :

- Aucun n'exige qu' $E^*_{ordinateur}$ soit activé à la livraison des machines sur les unités centrales.
- **Aucun n'exige qu' $E^*_{ordinateur}$ soit systématiquement activé et configuré sur les unités centrales à l'installation des machines.**
- moins de 20% des responsables sont contre l'activation d' $E^*_{ordinateur}$ sur les postes qu'ils gèrent, et désactivent tout ou partie d' E^* sur les ordinateurs à l'installation. Les raisons invoquées sont les suivantes :
 - un trop long redémarrage lors de la sortie de veille qui gêne les usagers ;
 - des problèmes pour sortir l'unité centrale de son état de veille sous Windows 95 (problème de reconnaissance réseau), Windows 98 et Windows 2000 ;
 - l'interruption possible des communications entre l'UC et le serveur, quand par exemple l'UC travaille sur un serveur d'application en mode terminal ;
 - le problème de la sauvegarde des postes durant la nuit s'ils sont en état de veille. Mais le responsable ajoute aussitôt qu'un « wake on line » (c'est-à-dire une sortie de l'état de veille par une sollicitation du réseau) serait éventuellement possible ;
 - les postes doivent rester accessibles de nuit à des sollicitations extérieures.

Plus généralement, la raison principale pour cette non-activation systématique, est qu'elle pourrait engendrer un surcroît de problème sur le réseau, et qu'en tout cas, l'enjeu et les gains éventuels ne sont pas suffisants pour motiver cette démarche. Une seule mauvaise expérience d'un responsable informatique avec $E^*_{ordinateur}$ peut entraîner la désactivation systématique de ce gestionnaire sur tous les postes d'une grande entreprise, peu importe si cette expérience a plus de cinq ans et concernait un système d'exploitation (et donc une version d' E^*) dépassé. Deux établissements considèrent que les économies qui pourraient être engendrées sont négligeables par rapport à la consommation électrique de l'établissement. L'un d'entre eux explique que la consommation informatique ne représente que 5% de la consommation électrique totale.

➤ Un responsable d'établissement désactive systématiquement la fonction "arrêt des disques durs" car il estime que la remise en route entraîne une perte de temps, et que cela peut également endommager le disque dur.

➤ Certaines marques, certains types de carte graphiques ou d'autres composants des ordinateurs, peuvent présenter une incompatibilité avec le gestionnaire d'alimentation E^* . Nous n'avons pas pu ici étudier les causes de ces incompatibilités techniques.

La figure 6.4 montre la part "régionalisée" des systèmes d'exploitation utilisés sur les postes informatiques.

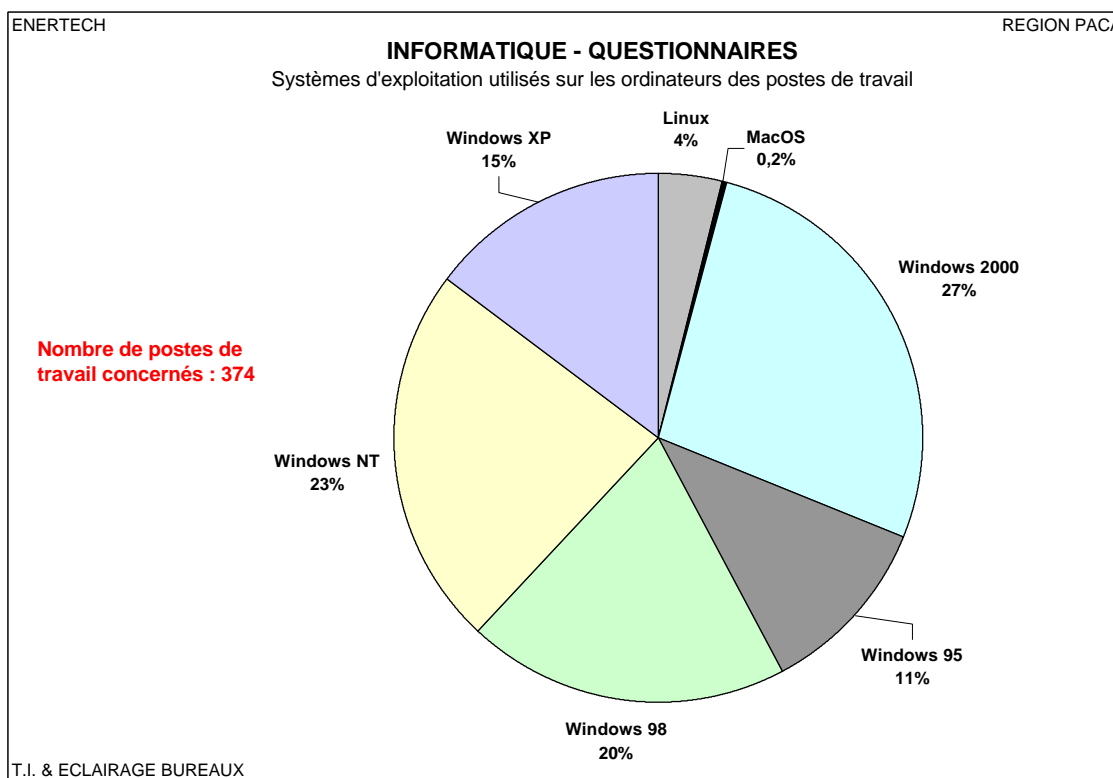


Figure 6.4 : part des différents systèmes d’exploitations pour la région PACA

La domination des systèmes d'exploitation de Microsoft Windows apparaît nettement sur ce graphe. Le seul système d'exploitation MS Windows sur lesquels *E** ne peut pas être configuré directement est Windows NT. Notons que la part de Windows NT ne cesse maintenant de décroître, et qu’il est remplacé par de nouveaux systèmes d’exploitation qui sont dorénavant tous compatibles *E**. Le cas de Linux est différent. Les versions rencontrées n’étaient apparemment pas compatibles *E**, mais on peut espérer que les nouvelles versions le seront d’ici peu.

Sur 374 postes informatiques inventoriés, *Energy Star* n’était activé que pour 9 unités centrales et 4 portables en mode "alimentation réseau". Les deux tableaux des figures 6.5 et 6.6 indiquent pour ces 2 types d'ordinateurs, la part des postes sur lesquels *E*_ordinateur* était activé, ce qui permettait donc la mise en veille automatique de l'unité centrale et de l'écran . Nous avons distingué ici l'utilisation des portables et celle des postes fixes. En effet, *E*_ordinateur* est très souvent utilisé quand un portable fonctionne sur batterie pour éviter qu'elle ne se décharge trop rapidement. Quand les portables sont branchés sur le secteur, 34% d'entre eux utilisent encore *E*_ordinateur*. La situation pour les postes fixes est bien différente puisque *E*_ordinateur* n'est activé que sur 4% d'entre eux.

	Poste fixe	Portable
Activation <i>E*</i> sur l’unité centrale	4%	34%

Figure 6.5 : part des postes inventoriés sur lesquels *E*_ordinateur* était activé

	Poste fixe	Portable
Volonté de l'administrateur	21%	6%
Volonté de l'utilisateur	79%	94%

Figure 6.6 : raison pour laquelle *E*_ordinateur* était activé sur l’unité centrale

La très faible utilisation d'une mise en veille automatique pour les ordinateurs peut s'expliquer par le manque de volonté systématique des administrateurs et des responsables informatiques qui ne connaissent pas ou ne veulent pas installer E^* sur les postes qu'ils gèrent.

- Les durées moyennes avant la mise en veille des 13 ordinateurs inventoriés (UC ou portables) sur lesquels E^* était activé, varient de 20 à 240 minutes.
 - la durée moyenne pour les 4 portables est de 71 minutes;
 - la durée moyenne pour les 9 postes fixes est de 45 minutes;
 - la durée moyenne sur les 13 postes est de 53 minutes.
- La figure 6.7 indique les raisons principales données par les usagers pour ne pas avoir activé E^* sur leur poste.

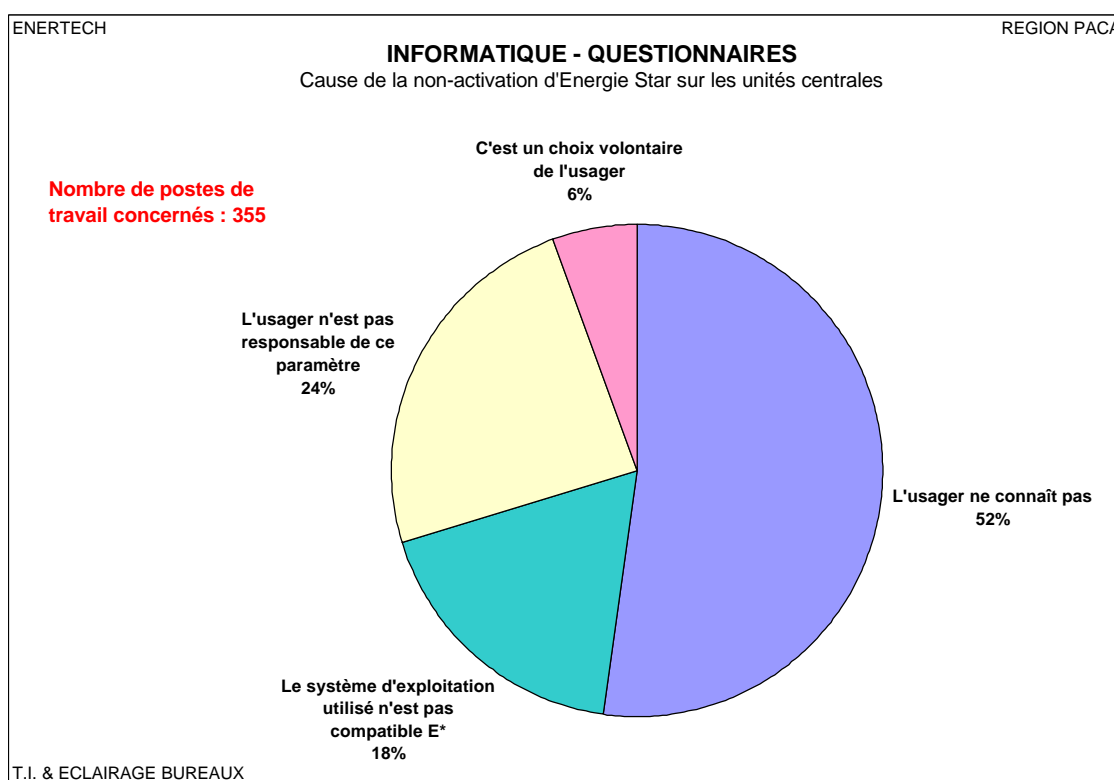


Figure 6.7 : cause de la non-activation d' E^* sur les unités centrales inventoriées

On remarque qu'au moins la moitié des usagers ne connaît pas E^* et ne sait donc pas comment l'activer. Près d'un quart des usagers estiment que c'est le responsable informatique qui doit activer ce gestionnaire, et qu'ils ne sont pas responsables ou ne peuvent pas modifier les paramètres. Seuls 6% des usagers sont contre l'activation d' E^* sur leur poste, pour les mêmes raisons que celles invoquées par les responsables.

6.3.3 REMARQUES

➤ Notons que les services informatiques préfèrent toujours avoir un parc d'ordinateurs le plus standard possible. Les responsables souhaitent que tous les postes soient configurés de la même manière. L'utilisation d' E^* induit une gestion supplémentaire pour les informaticiens qui devront savoir quels postes sont sensibles ou pas aux problèmes d' E^* .

➤ Il est important de savoir que dans quelques cas, les établissements doivent demander une autorisation au service informatique du groupe auxquels ils appartiennent, ou à leur maison mère, avant de procéder à des modifications de l'installation informatique. De nombreux responsables de petits

établissements demanderont conseil à leur entreprise de maintenance informatique avant d'effectuer le moindre changement sur leur installation.

➤ Au moins un établissement estime qu'*E** pourrait être intégré à sa démarche ISO 14001.

➤ Mais la plupart des établissements n'ont pas de politique systématique concernant *E**, simplement parce qu'aucun responsable de l'établissement n'a encore eu cette volonté. *Energy Star* n'est pas considéré comme un besoin pour les établissements, et ils attendent de voir les gains que ce gestionnaire pourrait leur apporter avant de le mettre en place. **Plus de 80% des responsables seraient a priori d'accord pour tenter d'activer *E** sur les postes informatiques.**

6.4 - EXTINCTION MANUELLE DES APPAREILS

6.4.1 EXTINCTION MANUELLE DES ORDINATEURS INDIVIDUELS

Nous avons demandé aux responsables rencontrés s'ils imposaient ou conseillaient simplement d'éteindre les unités centrales et les écrans le midi, le soir et le week-end. Et nous avons demandé à 353 utilisateurs de postes fixes s'ils le faisaient.

Opinion des responsables

➤ Dans 30 établissements, il n'y a pas d'obligation ni de consigne particulière concernant l'extinction des ordinateurs la nuit et le week-end. Nous avons cependant remarqué dans la plupart de ces établissements des similitudes entre les comportements du personnel au sein d'un service ou même d'un établissement entier. Souvent toutes les personnes d'un même bureau ou d'un même service se comportent de la même manière : elles laissent toutes leur ordinateur allumé, ou l'éteignent toutes, le soir en partant.

➤ Dans 5 établissements, le responsable informatique **impose l'arrêt** des ordinateurs durant la nuit, généralement pour des raisons de sécurité incendie ou de sécurité informatique, ou par soucis d'économie d'énergie.

➤ Dans 6 établissements **l'extinction est recommandée** pour les mêmes raisons que précédemment.

➤ Dans seulement 3 établissements sur 50, les utilisateurs d'ordinateurs **ne sont pas autorisés à éteindre** leurs unités centrales lorsqu'ils ne les utilisent pas la nuit. Dans le premier, parce que des sauvegardes automatiques des postes sont effectuées durant la nuit, dans un autre parce que tous les postes contiennent des données susceptibles d'être utilisées la nuit par d'autres utilisateurs, et le dernier parce que les UC traitent des données durant toute la nuit.

➤ Dans 6 établissements, **l'extinction est déconseillée**, soit parce que des mises à jour (de logiciels, d'antivirus) ou des sauvegardes peuvent être effectuées durant la nuit, soit par peur de problèmes techniques. Les mises à jour et les sauvegardes sont effectuées généralement la nuit afin d'éviter de diminuer les performances des ordinateurs en journée. Un responsable explique que les développeurs indisciplinés de son établissement désactivent les sauvegardes et mises à jour d'antivirus si elles perturbent leur travail en journée.

Les remarques techniques les plus souvent citées par les responsables (plus ou moins qualifiés en informatique) contre l'extinction des ordinateurs sont :

- "c'est au redémarrage des ordinateurs que tous les ennuis surviennent";
- "les machines vieillissent à cause de variations de tensions au démarrage et à l'arrêt";
- "moins on éteint une unité centrale, mieux elle se porte";

- "l'allumage/extinction répétés des ordinateurs usent les composants de l'ordinateur, en particulier leur alimentation électrique. Le remplacement d'une alimentation coûte beaucoup plus cher que ce que pourrait rapporter l'utilisation d'E* pendant toute la durée de vie de l'ordinateur";
- "le ventilateur de l'ordinateur ne doit pas être arrêté, sinon la poussière se dépose sur les composants ce qui risque d'entraîner une panne à terme";
- "un disque dur doit rester chaud";
- "la durée de vie des disques dépend du nombre d'allumages / extinctions".

Concernant ces deux dernières remarques notons que l'arrêt automatique des disques dur est un des 4 paramètres de configuration d'E* qui peut ou non être activé à des périodes plus courtes que la mise en veille de l'ordinateur.

Nous ne jugerons pas ici du bien fondé de ces remarques. Il est clair qu'un doute subsiste chez plusieurs responsables informatiques concernant l'influence du nombre d'allumages / extinctions sur l'usure des composants. Notons cependant que, les technologies évoluant plus rapidement que les mentalités, ce qui était vrai il y a quinze ou vingt ans pour les ordinateurs ne l'est peut-être plus aujourd'hui. De plus E* a été développé par les Américains qui sont mieux placés que quiconque pour juger du bien-fondé des arrêts multiples. Une chose est sûre : ils ne l'auraient pas fait s'ils avaient eu un doute sur la tenue des composants. Des tests devront être réalisés en laboratoire pour trancher définitivement la question.

Remarque : les postes partagés ou dédiés restent souvent allumés la nuit, car personne ne sait s'il est le dernier à les utiliser (surtout si l'écran est en veille).

Opinion des usagers

La figure 6.8 indique à quel moment (midi, soir et week-end) les usagers déclarent arrêter les unités centrales et les écrans de leurs postes fixes.

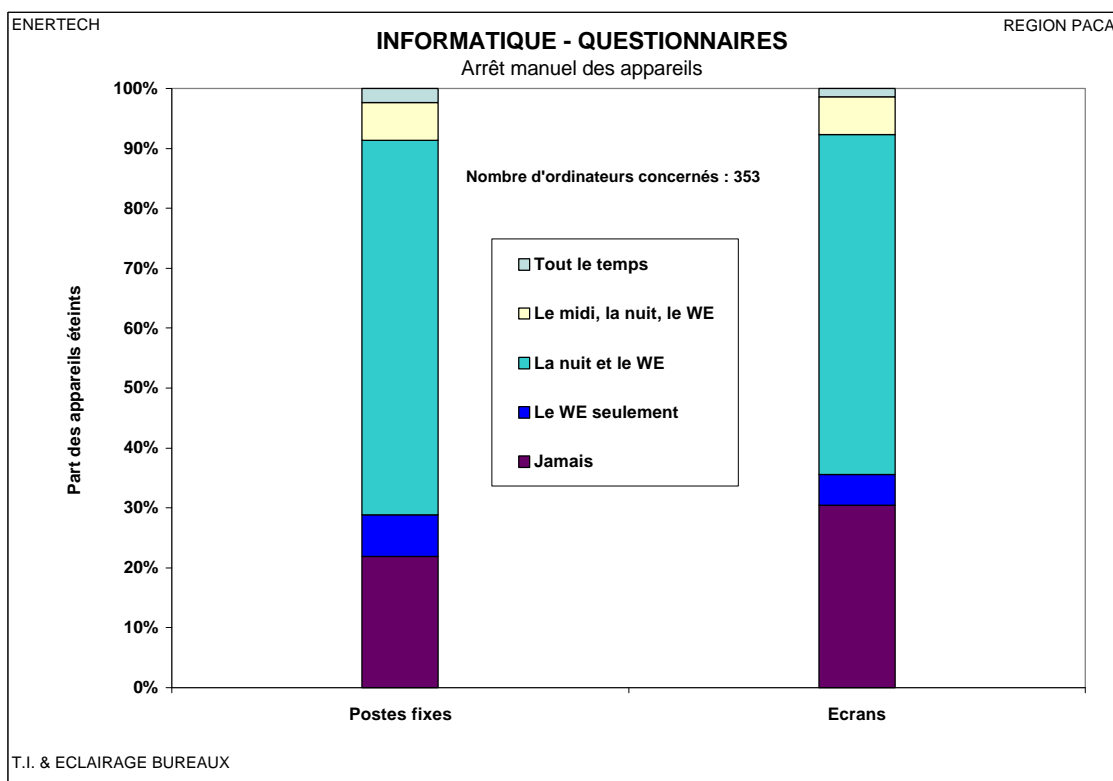


Figure 6.8 : fréquence à laquelle les utilisateurs éteignent les unités centrale et les écrans

Le week-end ¼ des écrans et 1/5^{ème} des UC restent allumées en permanence dans les bureaux de l'échantillon.

Durant la semaine, environ 30% des usagers n'éteignent jamais ni leur unité centrale ni l'écran de leur ordinateur. Et seulement 6% des postes fixes et des écrans sont éteints le midi.

On a donc là un très fort potentiel d'économies d'énergies qui pourraient être exploité relativement facilement, en sensibilisant les usagers ou en utilisant des dispositifs d'arrêt ou de mise en veille automatiques.

La figure 6.9 indique les raisons pour lesquelles les usagers interrogés n'éteignent pas leurs unités centrales.

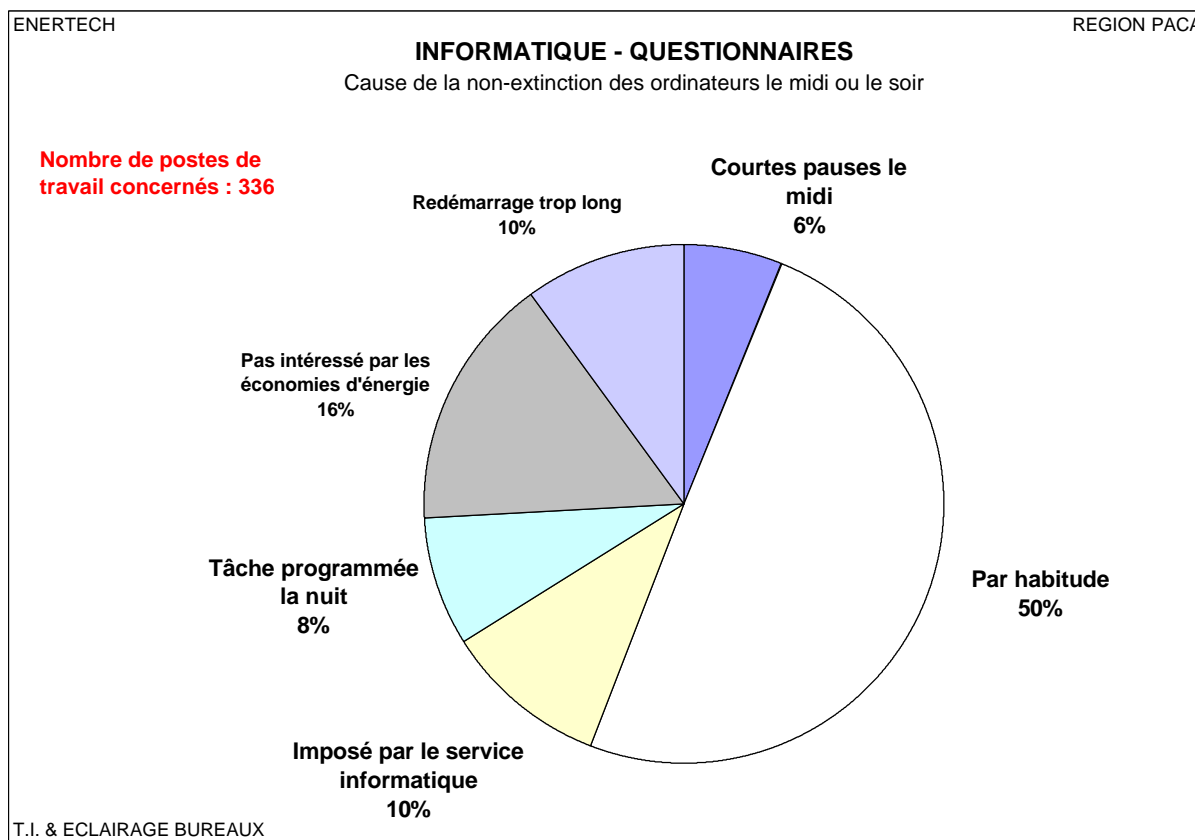


Figure 6.9 : raisons pour lesquelles les usagers n'éteignent pas leurs ordinateurs

Cette figure montre que 82% des usagers n'ont pas vraiment de raisons valables pour ne pas éteindre leur ordinateur le midi ou le soir. C'est vraiment par "manque d'habitude" que les usagers ne l'éteignent pas ou ne le mettent pas en veille prolongée (*E**). La mise en veille prolongée conserve le "bureau" de l'ordinateur tel qu'il était au moment de la mise en veille, et permet un redémarrage très rapide de l'UC (quand la fonction existe).

6.4.2 EXTINCTION MANUELLE DES APPAREILS DE BUREAUTIQUE

Nous avons demandé aux responsables rencontrés ainsi qu'aux usagers, si les appareils de bureautique étaient éteints le midi, le soir et le week-end.

Opinion des responsables

Remarque : seul un établissement fait la distinction entre les soirs de la semaine et le week-end pour l'extinction des appareils de bureautique. Dans les autres, la situation semble identique pour le soir et le week-end. Le midi, les appareils de bureautique ne sont jamais éteints.

Parmi les 47 responsables qui ont répondu à cette question :

- Environ 1/3 des responsables interrogés affirme que tous les appareils de bureautique de leur établissement sont **systématiquement éteints** le soir, à l'exception du fax. L'arrêt des appareils est effectué, par le dernier qui part de l'établissement, par une personne responsabilisée dans l'établissement, par la sécurité, ou par le personnel d'entretien. Cette tâche n'est alors pas répartie entre les usagers, mais une seule personne est responsabilisée.
- Environ 1/3 des responsables estime que tous les appareils **restent allumés** durant la nuit en semaine et durant les week-ends. La plupart du temps parce que "personne n'est chargé de les éteindre". Ce problème n'a pas été pris en compte dans l'établissement, aucune consigne n'a été passée, et aucune personne n'a été responsabilisée. Des responsables estiment que "certains appareils se mettent déjà automatiquement en veille" et qu'il n'est donc pas nécessaire de les éteindre.
- Environ 1/3 des responsables affirme que **chaque employé est chargé d'éteindre** les appareils qu'il utilise. La responsabilité est laissée à l'utilisateur final d'éteindre ou non les appareils qui le concernent directement. Les appareils partagés sont éteints ou non, suivant leur type, leur position (salle de reprographie, bureau), les jours et les personnes.

Pour certains types d'appareils particuliers la situation est un peu différente de celle énoncée ci-dessus :

- **les fax** : bien souvent les fax sont laissés systématiquement allumés toutes les nuits et les week-ends afin de pouvoir recevoir des documents à tout moment. La consommation électrique pour cette fonction fax dépend du type d'appareil utilisé (téléphone/fax thermique, fax papier à jet d'encre ou laser, fax sur imprimante multifonction...). Dans un cas extrême rencontré, la fonction fax était assurée par un « document center », véritable centre de communication et de reprographie géré par un ordinateur dédié. La fonction fax nocturne imposait alors que cet ordinateur, son écran (jamais éteint) et le « document center » lui-même, restent allumés en permanence !
- **les scanners classiques** : beaucoup de ces appareils ne possèdent pas de boutons marche/arrêt et s'éteignent automatiquement avec l'ordinateur auquel ils sont connectés. Mais ils continuent à absorber une puissance de veille, qui peut parfois être importante.
- **les imprimantes réseau ou partagées** : *"qui peut estimer dans un grand établissement qu'il est le dernier à utiliser une imprimante réseau, et prendre le risque de l'éteindre alors qu'un collègue en a peut-être encore besoin quelque part?"*. Ce problème concerne uniquement l'extinction de l'imprimante si elle est connectée au réseau, mais peut concerner en plus, comme nous avons pu le remarquer dans quelques établissements, l'extinction d'un ordinateur si l'imprimante partagée est connectée localement à cet ordinateur.
- **les photocopieurs** : ces appareils bénéficient bien souvent d'une consigne particulière : ils doivent être éteints systématiquement soit par le dernier qui les utilisent, soit par le service d'entretien soit par la ronde de sécurité. Il semble que le fait que les photocopieurs consomment beaucoup même quand ils sont inutilisés ait été bien intégré par les responsables des établissements.

Opinion des usagers

65 usagers se sont prononcés concernant la façon dont ils géraient l'extinction des imprimantes dans leur pièce de bureaux. La figure 6.10 indique la fréquence à laquelle ils estiment que les imprimantes sont le plus souvent éteintes.

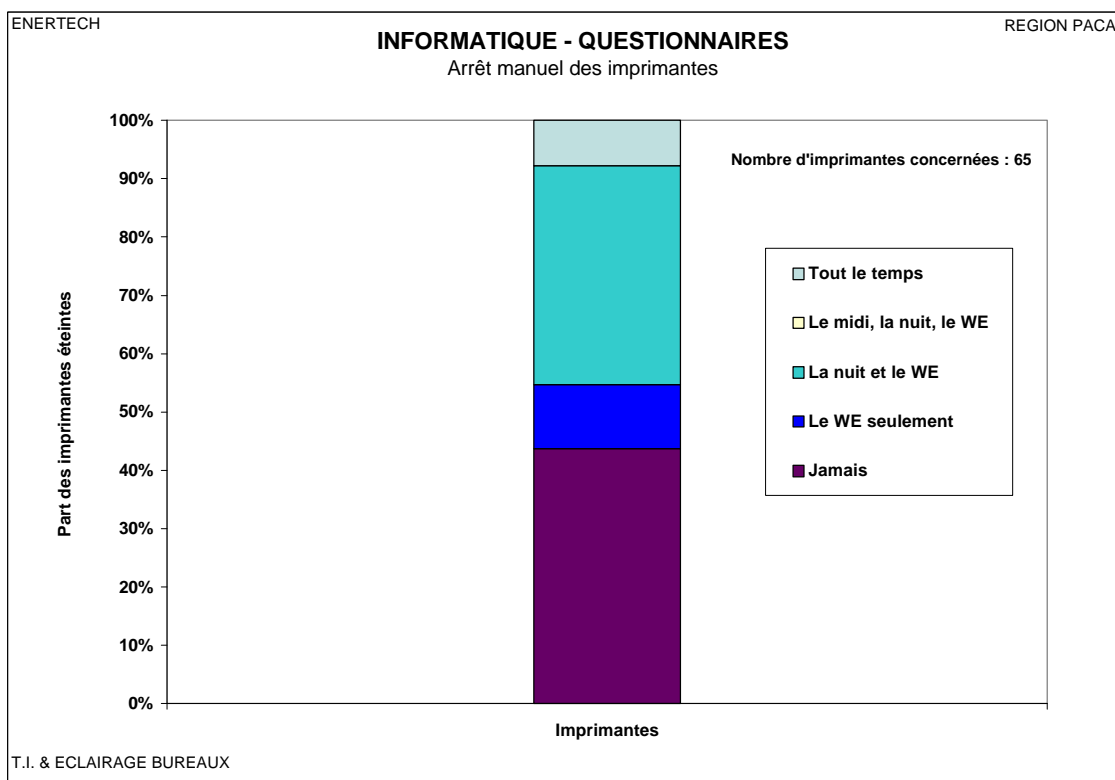


Figure 6.10 : fréquence à laquelle les utilisateurs éteignent les imprimantes des bureaux

44% des imprimantes ne sont, d'après les usagers, jamais éteintes, même le week-end. La situation est pire que pour les écrans d'ordinateurs, comme on pouvait s'y attendre. Seuls 8% des utilisateurs déclarent n'allumer leur imprimante que le temps que dure leur impression, ce qui est la meilleure solution d'un point de vue MDE.

6.4.3 EXTINCTION DES ONDULEURS

Nous avons demandé aux établissements s'ils avaient un ou plusieurs onduleurs individuels ou un réseau ondulé, afin de protéger les serveurs ou/et les unités centrales des coupures de courant et des surtensions. Le tableau de la figure 6.11 indique la part des établissements de l'échantillon qui ont un type de protection donné.

APPAREILS PROTEGES / TYPE DE PROTECTION	Aucun	Serveurs seuls	Serveurs & UC sensibles	Serveurs & toutes les UC	TOTAL
Pas d'onduleur	6%				6%
Onduleurs individuels		32%	14%	4%	50%
Réseau ondulé		10%	4%	30%	44%

Figure 6.11 : types et fonctions des onduleurs utilisés dans les établissements

Seuls 6% des établissements n'utilisent ni onduleur individuel ni réseau ondulé. Ce sont généralement des petits établissements qui n'ont pas de données trop sensibles ou qui se protègent en sauvegardant leurs données très fréquemment.

Près de la moitié des établissements possèdent au moins un onduleur individuel. Les serveurs sont protégés en priorité, puis les postes informatiques sensibles (comptabilité, direction, comptabilité...). Un

tiers des établissements protègent tous leurs postes : ces établissements utilisent presque systématiquement un réseau ondulé.

D'après les responsables interrogés, **ces onduleurs individuels et ces réseaux ondulés ne sont en général jamais éteints**, et sont souvent surdimensionnés. Seuls quelques onduleurs individuels sur des ordinateurs personnels sont éteints systématiquement le soir par des utilisateurs consciencieux. Les puissances apparentes des onduleurs individuels varient entre 300 et 750 VA, la valeur moyenne étant proche de 500 VA.

6.4.4 EXTINCTION DES SERVEURS

Sur les 50 établissements de l'échantillon :

- **92% des établissements possèdent un ou plusieurs serveurs qui fonctionnent généralement 24 heures/24 et 7 jours/7.**
- 6% n'utilisent pas de serveurs ;
- 2% éteignent systématiquement leurs serveurs la nuit et le week-end ;

La plupart des serveurs sont équipés de petits écrans cathodiques. Il est à noter qu'une partie importante de ces écrans reste allumée en permanence. Une étude ultérieure pourra préciser la part exacte des écrans de serveurs qui sont éteints, en veille ou allumés.

Nous avons demandé aux établissements dans lesquels des serveurs étaient allumés en permanence, si une ou plusieurs de ces machines pouvaient être éteintes une partie de la nuit ou du week-end. Parmi les 44 responsables d'établissements ayant un avis sur la question :

➤ 50% d'entre eux estiment qu'il est impossible d'éteindre ne serait-ce qu'un de leurs serveurs durant la nuit ou le week-end. Trois catégories de raisons sont invoquées à la même fréquence environ :

- des personnes sont susceptibles de se connecter à toute heure la nuit et le week-end sur le réseau de l'établissement pour travailler, et utilisent alors un ou plusieurs serveurs. C'est le cas des entreprises multinationales et des établissements où des employés travaillent à domicile à toute heure.
- le ou les serveurs exécutent des tâches automatiques la nuit qui imposent qu'ils soient allumés 24 heures /24. Parmi ces tâches figurent les sauvegardes, la mise à jour d'antivirus, de bases de données ou d'applications, l'échange de données entre établissements de la même société et l'utilisation d'applications devant fonctionner 24 heures/24 (serveurs de site web, distributeurs de billets...).
- l'extinction des serveurs peut engendrer certaines difficultés ou problèmes. Certains responsables estiment que « c'est trop risqué », ou « que le prestataire informatique leur a déconseillé de les éteindre », que « les disques se voilent quand ils refroidissent », que « les problèmes arrivent toujours au redémarrage des serveurs », que « l'extinction abîme les composants »..., et que les économies réalisables ne sont pas assez conséquentes pour courir ce genre de risque. Dans les grands établissements, les serveurs sont souvent interconnectés, et l'extinction d'un des serveurs peut entraîner des problèmes sur les autres.

➤ 50% des établissements estiment au contraire que tout ou partie des serveurs peuvent être éteints la nuit ou le week-end. Environ la moitié de ces établissements estime que c'est possible sur tous leurs serveurs, un quart que c'est possible mais uniquement sur la moitié ou le tiers de leurs serveurs, et le dernier quart que c'est possible uniquement après l'exécution de certaines tâches automatiques les soirs de semaine (sauvegarde, mise à jour...). Cependant, beaucoup d'entre eux émettent quelques réserves concernant l'intérêt et la difficulté que représente ce type de démarche.

6.5 - SOLUTIONS ALTERNATIVES

Nous avons demandé aux responsables des technologies de l'information d'envisager des solutions pour diminuer la consommation d'énergie de ce poste, puis s'ils avaient besoin d'une aide quelconque pour mettre en œuvre des solutions comme l'activation systématique d'*Energy Star* sur les ordinateurs.

6.5.1 LES SOLUTIONS ALTERNATIVES ENVISAGEES

Beaucoup d'établissements ne se sont jamais posé la question de savoir ce qu'ils pourraient faire pour diminuer leur consommation d'électricité au niveau des technologies de l'information. Comme on l'a vu cependant, la plupart des responsables, une fois correctement informés seraient prêts à essayer d'activer *E** sur les unités centrales, et au moins sur les écrans. Dans les rares établissements dans lesquels *E** est activé sur certains postes seulement, les responsables sont prêts à l'activer sur tous les autres.

➤ Parmi les 24 responsables qui proposent d'autres solutions pour diminuer les consommations électriques de l'informatique :

- 11 suggèrent de sensibiliser les usagers pour qu'ils pensent à éteindre leur poste de travail et les appareils de bureautique de l'établissement le midi, le soir ou le week-end ;
- 3 pensent qu'ils pourraient changer leurs systèmes d'exploitations incompatibles avec *E** (Windows NT), par de nouveaux systèmes compatibles ;
- 3 estiment qu'ils pourraient ne plus acheter dorénavant que des écrans plats ;
- 2 responsables d'établissements de plus de 100 personnes estiment que tous les employés utiliseront des ordinateurs portables d'ici 5 ans ;
- 1 propose de minimiser le nombre d'imprimantes dans l'établissement ;
- 1 explique qu'il pourrait racheter un nouveau serveur afin de rassembler toutes les données éparpillées sur chaque poste, ce qui permettrait d'éteindre ces postes la nuit au lieu de les laisser allumer ;
- 1 propose de brancher les écrans sur une ligne électrique dédiée, qui serait coupée automatiquement tous les soirs ;
- 1 autre explique qu'il va réaliser un système serveur/client léger qui permettra de diminuer les consommations des ordinateurs/terminaux, et de les mettre en veille automatiquement et à distance ;
- 1 seul suggère d'augmenter le prix de l'électricité !

➤ D'après 20 responsables qui ont accepté de répondre à cette question, **le temps de retour sur investissement de ces solutions ne devrait pas excéder 3,1 ans (37 mois).**

- 3 établissements précisent que leur matériel est neuf et qu'ils ne comptent donc pas le remplacer tout de suite
- 1 établissement indique qu'il souhaite toujours avoir l'ordinateur le plus récent et le plus performant quelle que soit sa consommation
- 8 précisent qu'ils ne décident pas directement du matériel qu'ils vont acheter, mais qu'ils peuvent émettre des recommandations à leur maison mère, leur siège administratif.

6.5.2 LES AIDES POUR METTRE EN PLACE CES SOLUTIONS

Parmi les 25 responsables qui précisent le type d'aide dont ils auraient besoin pour mettre en place *Energy Star* sur tous les postes de travail de leur établissement :

- 7 souhaitent avoir une idée du gain énergétique et financier que cette démarche leur apporterait;
- 16 souhaitent obtenir des informations techniques concernant la mise en place et le fonctionnement d' E^* dans les différentes configurations réseau. En particulier, certains responsables précisent qu'ils souhaiteraient :
 - connaître les problèmes de compatibilité entre E^* et différentes applications ou types de réseaux, en fonction du système d'exploitation utilisé
 - savoir si la mise en veille répétée des unités centrales n'entraîne pas une usure de certains composants, et ne risque pas d'augmenter la probabilité de crashes de l'ordinateur
 - savoir s'il est possible de configurer E^* sur plusieurs dizaines de postes en même temps afin de ne pas perdre trop de temps à chaque modification de configuration des paramètres E^* .
- 2 précisent qu'ils souhaitent pouvoir accéder à un service d'assistance (téléphonique ou autre) après l'installation d' E^* dans leur établissement.

Comme pour l'éclairage, les responsables souhaitent connaître l'enjeu financier avant de se lancer dans l'opération. Mais contrairement à l'installation électrique, le système informatique est perçu comme fragile : toute modification peut entraîner des problèmes importants sur les postes, sur le réseau informatique et parfois sur l'établissement tout entier. Ils souhaitent donc avoir également des garanties techniques sur l'innocuité d' E^* , et avoir l'assurance qu'ils trouveront de l'aide facilement en cas de problème.

Remarque:

Nous n'avons pas noté de différences significatives entre la quantité et le type de matériel installé dans les établissements publics ou privés, au niveau de l'éclairage ou des technologies de l'information. Les différences apparaissent plus nettement dans les entretiens réalisés avec les responsables, en particulier concernant la mise en place de solutions pour économiser l'énergie. Les différences des comportements des deux types de personnel seront sans doute mises en évidence par les mesures des consommations électriques effectuées durant la prochaine phase de l'étude.

CHAPITRE 7 : DISCUSSION - TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION

Dans cette partie nous aborderons la façon de diminuer les consommations électriques liées à l'utilisation des technologies de l'information dans les bâtiments de bureau.

7.1 - DIMINUER LE NOMBRE D'APPAREILS PAR PERSONNE

Attention : cette mesure ne permet pas systématiquement de réduire la consommation électrique des bureaux.

On peut distinguer trois façons de réduire le nombre total d'appareils dans un établissement :

1 : augmenter le nombre d'utilisateurs par appareil : en supprimant un appareil dans l'établissement, le nombre d'utilisateurs sur un autre appareil du même type va nécessairement augmenter. Par exemple, on peut remplacer plusieurs imprimantes individuelles à bas débit placées dans les pièces de bureaux, par une seule imprimante réseau à haut débit utilisée par un service entier et placée dans une salle de reprographie. On peut aussi partager un ordinateur entre plusieurs personnes qui l'utilisent peu. Ce système est en général très efficace au niveau maintenance et pour la gestion des consommables;

2 : grouper les fonctions de plusieurs appareils mono-fonction en un seul appareil multifonction : on peut par exemple remplacer dans certains cas 4 appareils (imprimante, photocopieur, scanner, fax) par une seule imprimante multifonction.

3 : substituer une nouvelle fonction à une ancienne : c'est le cas du minitel qui tend rapidement à disparaître au profit de la fonction Internet sur ordinateur dans les établissements. Ou encore, le cas de l'envoi de fax papier qui est remplacé par l'envoi de mails ou de fax numériques à partir d'ordinateurs.

Nous n'avons malheureusement pas les éléments pour juger de l'intérêt de ces trois démarches d'un point de vue des consommations électriques. En effet, à chaque fois, la tâche de l'utilisateur n'est pas annulée mais **reportée** sur un autre appareil. On peut cependant espérer et supposer que le nouvel appareil sera en général plus efficace que l'ancien c'est à dire qu'il fonctionnera moins longtemps ou sera moins puissant. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas : un ordinateur par exemple consomme beaucoup plus qu'un minitel. Une campagne de mesure serait nécessaire pour savoir dans quels cas la diminution du nombre d'appareils permet globalement de réduire la consommation électrique de l'établissement.

7.2 - REDUIRE LE NOMBRE OU LA DUREE DES TACHES EFFECTUEES

➤ **Pour les ordinateurs**, la sobriété consiste à n'allumer son ordinateur que lorsqu'on en a réellement besoin. De nombreuses tâches peuvent être réalisées aussi efficacement avec un crayon et du papier. Beaucoup trop d'ordinateurs sont allumés systématiquement le matin dès l'arrivée du personnel mais ne sont utilisés que beaucoup plus tard dans la journée.

➤ **Pour les appareils de bureautique**, on peut réduire le nombre d'utilisations, voire essayer de se passer complètement de certaines fonctions (sans reporter ces consommations sur d'autres appareils). L'utilisateur doit juger s'il a vraiment besoin d'imprimer, de faxer, de photocopier, de scanner tel ou tel document.

Il faut donc sensibiliser les utilisateurs à ne se servir de ces appareils que lorsque c'est vraiment nécessaire.

7.3 - ETEINDRE OU METTRE EN VEILLE LES APPAREILS INUTILISES

On peut proposer ici de sensibiliser le personnel, ou d'utiliser des solutions automatiques.

Les utilisateurs devraient arrêter leur ordinateur qu'ils n'en ont plus besoin : le soir bien sûr (si l'administrateur l'autorise) mais aussi dans la journée qu'ils s'absentent de leur poste de travail. Nous avons vu que presque 30% des usagers déclarent ne jamais arrêter leur ordinateur durant la semaine! De la même façon, les usagers doivent penser à mettre en veille ou à arrêter les appareils de bureautique que la tâche qu'ils ont effectuée est terminée.

Si les utilisateurs "oublent" cependant d'éteindre ces appareils, des systèmes permettent de les mettre en veille au bout d'une certaine durée d'inactivité.

➤ **Le label *Energy Star***

Dès 1993 le gouvernement américain, conscient du potentiel d'économies que représentait cette consommation d'attente, a passé un accord avec les fabricants de matériel informatique. L'accord prévoyait que les appareils non utilisés pendant un laps de temps déterminé passent en état de veille. L'état de veille est défini comme un état dans lequel la consommation électrique est abaissée mais qui n'entrave pas le bon fonctionnement de la machine. Dans un premier temps, seules les unités centrales et les écrans d'ordinateurs étaient concernés par le label *Energy Star*. En 1995, les exigences pour ce type de matériel ont été renforcées. Ainsi la puissance de veille maximale autorisée a été réduite et il a été imposé d'activer le programme de mise en veille automatique en sortie d'usine. De plus cette même année, le panel de matériel éligible au label *Energy Star* a été élargi aux photocopieurs, imprimantes et fax. Enfin en 1997, les critères ont été modifiés pour les photocopieurs (précision du niveau de la puissance de veille maximale et du délai d'activation de ce mode).

En 1999, un label similaire a été instauré en Europe par le GEEA ("Group for Energy Efficient Appliances"). Les critères sont légèrement différents et dans la plupart des cas plus stricts que ceux du label *Energy Star*.

L'instauration d'un programme de gestion de l'énergie paraît être un outil efficace pour réduire les consommations de veille des appareils concernés. Cependant très souvent la mise en veille automatique n'est pas activé par le revendeur ou encore désactivée à la mise en service de l'appareil par le département informatique. En effet, des problèmes de compatibilité ont été rencontrés avec les premières versions du logiciel, de ce fait certains responsables informatiques préfèrent maintenant enlever cette fonctionnalité afin d'éviter tout problème. Comme on l'a vu, *Energy Star* n'est activé que sur 38% des écrans et 4% des postes fixes!

Il est aussi intéressant de noter que les créateurs d'*Energy Star* aux USA, que nous avons contactés, ne comprennent toujours pas pourquoi il y a des incompatibilités en France. Eux ne connaissent pas ce genre de problèmes, tout au moins sur les écrans.

➤ **Les boîtiers "économiseurs d'énergie"**

Il s'agit de boîtiers connectés à l'appareil dont on veut réduire la consommation. Ils activent une fonction veille peu consommatrice (généralement de puissance inférieure à 1W) quand l'appareil n'est pas utilisé, et le remettent en marche dès qu'il est sollicité par l'utilisateur. Ces boîtiers s'avèrent très intéressants dans le cas de machines anciennes qui ne possèdent pas de système de mise en veille automatique ou encore d'autres non compatibles *Energy Star*.

7.4 - DIMINUER LE TEMPS DE FONCTIONNEMENT EN VEILLE

Une part importante de la consommation des équipements de bureautique correspond à une attente de l'appareil, entre deux phases de fonctionnement. Par exemple, pour les fax, seule 19% de l'énergie est consommée pour la réception et l'émission de télécopies. Le reste correspond à une consommation en d'attente (d'après la manuel Ravel Suisse).

Pour les ordinateurs, *Energy Star* permet la mise en veille l'ordinateur (écran et UC), mais la puissance qu'il absorbe dans ce mode de fonctionnement peut être relativement élevée. Plus inquiétant encore, sur la majorité des ordinateurs, lorsqu'on arrête l'écran et l'unité centrale à l'aide de l'interrupteur, on constate qu'il existe une consommation rémanente de quelques watts. Ceci est dû généralement au fait que les interrupteurs de ces appareils sont placés en aval de leur alimentation électrique.

SOLUTIONS

On peut supprimer simplement ces consommations de veille résiduelles de ces appareils (imprimantes, scanners, photocopieurs, écrans, unités centrales) en optant pour une coupure générale de l'alimentation électrique quand ils ne sont plus utilisés. Pour ce faire, on peut soit "débrancher" directement ces appareils, soit, plus simplement, équiper chacun de ces appareils de barrettes multiprises à interrupteur.

Remarques :

- Tous les appareils ne peuvent pas être systématiquement débranchés du réseau électrique après chaque utilisation : par exemple, certains fax doivent pouvoir recevoir à tout moment, ou certaines imprimantes réseau nécessitent d'être reconfigurées après chaque déconnexion.
- En diminuant le nombre d'appareils comme on l'a vu précédemment, on peut également dans certains cas diminuer la consommation de veille globale de l'établissement.

7.5 - CHOISIR DU MATERIEL EFFICACE

Comme l'illustrent les deux exemples suivants, le choix du type de matériel peut influencer de manière importante sur les consommations des bureaux.

Exemples 1 : les écrans d'ordinateurs

Les écrans plats se développent rapidement depuis l'an 2000 et représentent 11% des écrans utilisés dans les bureaux au niveau régional. Les modèles 15" consomment environ 20W soit environ quatre fois moins que leurs équivalents (en taille d'image) cathodiques de 17". Les écrans plats restent encore aujourd'hui deux fois et demie à trois fois plus chers que les écrans cathodiques de même taille.

Exemple 2 : les imprimantes

Plusieurs technologies d'imprimantes (mono-fonction) sont utilisées dans les bureaux : 60% d'entre-elles sont des imprimantes laser, et 35% des imprimantes à jet d'encre. Il ne reste que 5% d'imprimantes matricielles. Il est important de savoir qu'une imprimante laser peut appeler cinq fois plus de puissance en fonctionnement que son homologue jet d'encre. Or, ce type d'information est occulté par les constructeurs qui mettent en avant dans leurs brochures commerciales d'autres arguments, tel par exemple la rapidité et la qualité d'impression de la technologie laser.

SOLUTIONS

- Les responsables des achats de matériel informatique et de bureautique devraient se renseigner avant tout achat sur l'efficacité énergétique et les caractéristiques techniques des appareils qu'ils achètent : leur puissance de fonctionnement, leur durée de fonctionnement pour un tâche donnée, leurs niveaux de veille...
- Il existe des bases de données Internet faciles d'accès qui listent pour chaque type d'appareil de bureautique, les appareils les plus performants du marché.

**ENTRETIENS GENERAUX
& CONCLUSION**

CHAPITRE 8 : ENTRETIENS GENERAUX

Les responsables des établissements ont accepté de répondre aux questions présentées dans le "Questionnaire général" de l'annexe n°2. Ces questions ont été le support de discussions concernant les moyens possibles de diminuer les consommations électriques dans les bureaux.

8.1 - L'INTERET DES DIRIGEANTS POUR LA M.D.E.

La figure 8.1 indique la part des responsables qui pensent que la réduction des consommations d'électricité dans leurs locaux est nécessaire, et le cas échéant, la raison principale qui les pousserait à réduire ces consommations.

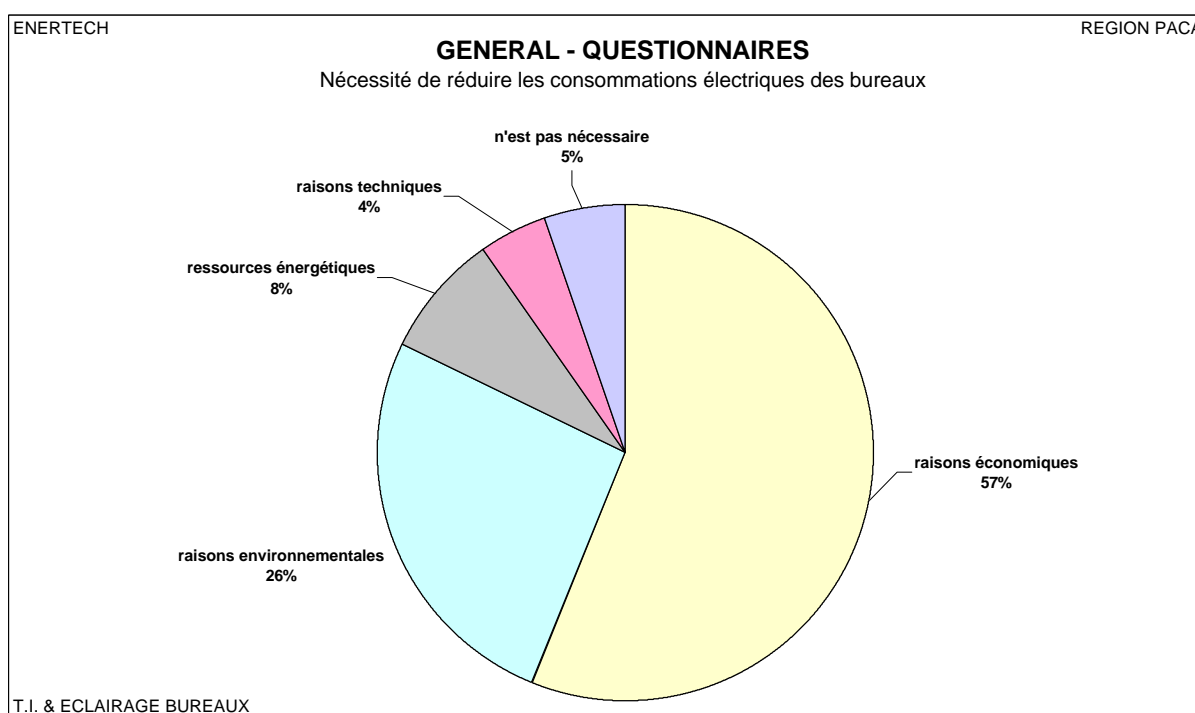


Figure 8.1 : intérêt de la réduction des consommations électriques dans les bureaux, selon les responsables

Il est notable que seuls 5% des responsables interrogés estiment qu'il n'est pas nécessaire de réduire les consommations électriques. Plus de la moitié des responsables (57%) estime que l'intérêt premier de la démarche est de leur faire économiser de l'argent. Mais plus d'un tiers d'entre eux évoquent en premier lieu des raisons environnementales ou de raréfaction des ressources énergétiques. Cette proportion est certes peut être plus élevée pour notre échantillon que pour la moyenne régionale. En effet, beaucoup de responsables de notre échantillon ont accepté de participer à cette étude car ils étaient déjà particulièrement sensibilisés aux problèmes environnementaux.

Un responsable ajoute que les économies d'énergie sont intéressantes pour le confort des employés car elles permettent souvent de diminuer le niveau de bruit, ainsi que la quantité de chaleur dégagée par les appareils dans les bureaux en été.

Un autre estime que le plus important est que cela puisse apporter une cohésion au sein de l'établissement autour d'une problématique commune : l'environnement.

8.2 - LA SENSIBILISATION DU PERSONNEL

➤ Seuls 18% des responsables interrogés sont contre le fait "*d'engager un programme de réduction des consommations basé sur des changements de comportement du personnel*". Une partie estime qu'il est impossible de changer le comportement du personnel de l'établissement ("parce qu'il est contre les directives..."), et une autre que l'enjeu n'est pas assez important ("l'établissement est trop petit", "les employés sont presque déjà sensibilisés"...).

➤ Plus de trois quarts des responsables interrogés (77%) sont d'accord pour qu'un intervenant extérieur sensibilise leur personnel. Les responsables qui accepteraient la venue d'un intervenant estiment en moyenne que **la durée de l'intervention ne devrait pas excéder 1 heure et quart**.

Des conseils et commentaires ont été réunis ci-dessous concernant ces questions :

➤ **Concernant les conditions d'une intervention d'une personne extérieure :**

- "Plus la réunion est longue, plus les employés prendront le sujet au sérieux" estime un responsable. "Il faudra au moins 15 minutes, avec les retardataires, avant que la réunion ne commence vraiment" estime un autre. "Le temps imparti pour cette sensibilisation dépendra des objectifs que l'on peut espérer atteindre grâce à elle" explique un troisième.
- Beaucoup estiment qu'il sera difficile de réunir tout le personnel. "On ne peut pas contraindre le personnel à assister à une réunion de ce type". "Seuls les gens déjà intéressés viendront". Dans plusieurs établissements, "il est difficile de réunir plus de 20% des employés en même temps". Les cadres en particulier ont souvent d'autres obligations. À cause des RTT, les jours où il est le plus simple de réunir le personnel sont le mardi et le jeudi.
- 10 responsables d'établissements estiment que la sensibilisation a beaucoup plus de chance d'être efficace si elle est faite par une personne extérieure à l'établissement que par une personne en interne. D'une part l'intervention sera prise plus au sérieux par le personnel, qui sera plus motivé que par un intervenant interne. D'autre part, comme le fait remarquer un responsable : "il ne faut pas que les employés se sentent coupables de trop consommer". Il demande de bien préciser que c'est la région qui recherche des économies et pas directement l'établissement.
- Au moins 7 responsables, sans être contre l'idée d'une intervention extérieure, sont très sceptiques sur ses résultats éventuels : "il est illusoire de vouloir changer le comportement du personnel", "il est très difficile de changer le comportement des fonctionnaires", "il faut un gros travail pour intéresser les développeurs aux économies d'énergie", "la sensibilisation du personnel ne marche pas plus que la sensibilisation routière", "il est déjà difficile de sensibiliser le personnel à éteindre les lumières pour un établissement qui travaille dans l'environnement...". Il semble que les ingénieurs, cadres et chercheurs soient beaucoup plus difficiles à convaincre que les ouvriers qui, selon les responsables, sont plus concernés par les problèmes environnementaux : "les ingénieurs se foutent des économies d'énergie"; "le personnel chercheur n'aime pas les directives et ne viendra pas aux réunions".

➤ **Parmi les solutions alternatives** évoquées, les dirigeants proposent en particulier :

- "l'automatisation", "la mise sur horloge des appareils"...qui selon certains, donneront de bien meilleurs résultats que la sensibilisation du personnel ;
- l'envoi de notes de service, de plaquettes, de brochures et de courriers électroniques. Le risque serait bien sûr qu'ils ne soient pas lus. Selon un responsable, les plaquettes "sont importantes mais beaucoup d'employés ne les lisent pas". Dans un grand établissement, le responsable interrogé refuse une sensibilisation de tout son personnel,

mais estime qu'il "serait plus intéressant de diffuser par messagerie électronique des conseils d'utilisation simples des appareils", car près de 95% des employés ouvrent leurs courriels ;

- la sensibilisation **des intervenants extérieurs** à l'établissement : les agents de sécurité (ronde de nuit) et les agents d'entretien;
- plus généralement, avant une sensibilisation individuelle des employés, les dirigeants conseillent de commencer par sensibiliser les responsables en amont. Il faut commencer par sensibiliser les responsables informatiques si l'on souhaite qu'ils installent *Energy Star* sur les postes qu'ils gèrent. Plus en amont, on peut même imaginer sensibiliser les entreprises de maintenance informatique pour que les établissements dont ils s'occupent acceptent ensuite d'activer *E**;
- de même pour l'éclairage, il faut sensibiliser le responsable de la maintenance, qu'il appartienne à l'établissement ou à une société extérieure, afin qu'il étudie la possibilité de réduire les consommations d'éclairage dans l'établissement. Il est également préférable de nommer un seul responsable de la gestion de l'éclairage dans l'établissement qui sera chargé de sensibiliser ses collègues qui n'éteignent pas leur bureau;
- la sensibilisation directe des administrations **au niveau national**, qui prendront ensuite les mesures nécessaires pour sensibiliser les agences régionales et départementales;
- le lancement d'une démarche globale de l'établissement pour les économies d'énergies en essayant d'y impliquer les salariés au maximum. Par exemple, un responsable estime qu'il pourrait profiter du remplacement des écrans cathodiques par des écrans plats pour sensibiliser les utilisateurs aux économies d'énergies, et pour qu'ils s'engagent par la suite à éteindre lumières, ordinateurs... Ils participeraient ainsi à la nouvelle politique énergétique de l'établissement. Un autre responsable explique que cette démarche favorise la cohésion du personnel, et est également bénéfique à l'image de l'établissement.

Chaque responsable a déjà été confronté aux questions de sensibilisation de son personnel pour d'autres projets. Certains ont même déjà essayé de le sensibiliser aux économies d'énergie. Chacun d'entre eux a donc sa propre « recette » pour que la sensibilisation ait un impact maximal sur les employés. Cette recette dépend de la taille de l'établissement, de son activité, des fonctions des employés... La sensibilisation par un intervenant extérieur n'est sans doute pas la méthode la mieux adaptée dans certains établissements, alors qu'elle fonctionnera parfaitement dans d'autres.

8.3 - LA MISE EN PLACE DE SOLUTIONS ECONOMES

8.3.1 ACCORD POUR UNE RENOVATION DU MATERIEL

➤ deux tiers des responsables interrogés seraient **a priori d'accord pour s'engager dans une rénovation de l'installation d'éclairage ou du matériel informatique**. C'est une part importante des établissements qui serait donc intéressée par des solutions techniques lui permettant de diminuer les consommations d'éclairage et d'informatique.

➤ un tiers des responsables n'est a priori pas d'accord pour modifier une partie de leur installation d'éclairage ou informatique parce que :

- l'établissement n'a pas les moyens en ce moment d'investir dans ce type de projets;
- l'établissement est locataire des bureaux et le propriétaire ne voudra pas investir davantage (pour l'éclairage)
- le matériel est récent et le responsable préfère attendre une rénovation indispensable avant de le remplacer
- le responsable n'est pas intéressé.

8.3.2 AIDE NECESSAIRE

Nous avons demandé aux responsables s'ils pensaient avoir besoin d'aide pour mettre en place un programme de réduction des consommations électriques dans leur établissements :

Parmi 36 réponses,

- 23 établissements réclament une aide technique;
- 8 une aide financière (subvention);
- 6 une formation.

La première chose que souhaitent les établissements est donc une aide technique pour réaliser un diagnostic, un état des lieux de leurs consommations électriques. Comme on l'a vu, les responsables n'ont en général aucune idée de leur consommation d'éclairage, d'informatique ou de bureautique. Ils souhaitent d'abord connaître, d'une manière très rationnelle, ce qu'ils dépensent, ce qu'ils pourraient économiser et comment ils pourraient l'économiser, avant d'investir. Ensuite seulement, si l'enjeu et les motivations sont suffisantes, ils s'interrogeront sur le prix et les possibilités de subvention. Les responsables ne souhaitent donc pas qu'on leur dise ce qu'ils doivent faire, ni perdre du temps pour un projet qui ne leur apporte rien.

8.3.3 INTERVENTION D'UNE ESCO

Une **ESCO** est une société qui met en œuvre des dispositifs d'amélioration de l'efficacité énergétique (luminaires haute-performance, GTC, écrans plats...) dans un établissement, sans que cela ne coûte rien à cet établissement au départ. L'ESCO se rembourse ensuite pendant une durée contractuelle sur les économies d'énergie que l'établissement aura réalisées grâce à l'installation de ces nouveaux dispositifs.

Nous avons demandé aux responsables ce qu'ils pensaient de ce type de société, et s'ils étaient d'accord pour que l'une d'entre elles intervienne dans leur établissement.

➤ Parmi les établissements qui **ne se prononcent pas**, certains déménagent prochainement, d'autres doivent avoir un accord du siège...

Sur 32 établissements ayant répondu à cette question :

➤ 6 sont **tout à fait favorables** à ce type d'intervention. Plusieurs précisent que c'est bien l'investissement initial qui serait un frein à un programme de réduction des consommations électriques dans leur établissement ;

➤ 19 y sont **favorables a priori** mais souhaitent des compléments d'information (spécificités du contrat, durée d'engagement...) ou émettent des réserves. Certains responsables de petites structures se demandent comment ces ESCO pourront se payer avec les économies générées, d'autres responsables qui sont locataires de leurs locaux estiment que c'est au propriétaire de signer ce type de contrat... Un responsable estime qu'une telle société devrait fournir une accréditation d'un organisme public pour qu'il accepte de signer un contrat avec elle ;

➤ 7 sont **contre**. Les raisons invoquées sont d'une part le manque d'intérêt pour la démarche d'économie d'énergie, et d'autre part, selon certains responsables d'établissements publics, l'incompatibilité d'un tel système avec l'annualité budgétaire de l'administration française. Un autre petit établissement préfère également se débrouiller seul car l'investissement ne lui paraît pas très important.

On voit que la réponse des établissements dépend de leur taille, mais qu'ils seraient en général a priori d'accord pour laisser intervenir une ESCO dans leur établissement, ou au moins pour étudier le contrat qu'elle leur propose.

CONCLUSION

Le but de cette étude était de mieux préciser le contenu et les conditions de mise en œuvre des solutions de MDE dans les établissements de bureaux de la région PACA, à partir d'une enquête de terrain sur un échantillon de 50 établissements.

Cette enquête a été très riche d'enseignements. Elle était plus que nécessaire car aucune information fiable n'était disponible à ce jour dans les bureaux. On sait désormais de quels matériels sont équipés les bureaux, comment ces matériels sont utilisés, et surtout on connaît le regard de ceux qui les gèrent et de ceux qui les utilisent, à la fois sur la gestion de ces équipements et sur l'intérêt qu'ils portent à leur consommation d'électricité. On dispose donc aujourd'hui d'une excellente photographie de la situation qui va permettre de bâtir des stratégies MDE réalistes.

L'inventaire des luminaires installés a été très efficace : il a permis rapidement de déterminer les puissances surfaciques lumineuses installées (19,0 W/m² en moyenne par établissement), et de relativiser l'importance des différents types de pièce et des sources: plus de 3/4 de la puissance lumineuse est installée dans les pièces de bureaux ou les pièces communes, et près 2/3 de cette puissance provient de sources fluorescentes. Au niveau des technologies de l'information, l'inventaire a permis de montrer entre autre qu'il y a en moyenne plus de 1,3 ordinateurs par personne et une imprimante pour 2 personnes travaillant dans les bureaux. L'inventaire des appareils de bureautique va cependant évoluer rapidement en France, à cause de la dissémination rapide des imprimantes multifonctions qui vont remplacer une partie importante de ces appareils. Il sera de toute façon très intéressant, compte tenu de l'évolution rapide des techniques, de réaliser un nouvel inventaire des technologies de l'information avant 4 ans pour conserver une vision juste du parc. Au niveau de l'éclairage, les installations et les technologies évoluent beaucoup plus lentement et un inventaire pourrait être prévu tous les 8 ans. L'inventaire est une façon pragmatique, rapide et efficace d'obtenir des informations fiables sur le matériel utilisé. Ces chiffres précis sont nécessaire à l'élaboration et au choix des actions de MDE à mettre en place.

Les entretiens réalisés pour cette étude ont également été très enrichissants. Ils montrent tout d'abord que les responsables n'ont généralement aucune idée de ce que coûte à l'établissement l'éclairage ou les appareils de bureautique. Mais près de 2/3 seraient d'accord *a priori*, pour mettre en place des solutions performantes en énergie. Pour ces derniers, le temps de retour acceptable sur investissement d'une solution économe en énergie ne dépend pratiquement pas du type de solution mise en place (3,1 ans pour l'informatique et 3,4 ans pour l'éclairage), quelle que soit la durée de vie de ces solutions. Il semble qu'il soit difficile dans le secteur tertiaire d'envisager des temps de retour supérieurs à 4 ans. En revanche, sous certaines conditions, l'intervention d'ESCO est une solution qui pourrait être acceptée. Presque tous les dirigeants sont prêts à essayer des solutions qui sont "gratuites" ou ne nécessitent que des compétences internes, comme l'activation d'**Energy Star**, le retrait de lampes en excès dans certaines pièces ou la sensibilisation du personnel par un intervenant extérieur. Au niveau des usagers, les entretiens ont montré qu'ils souffraient de plus en plus fréquemment d'un suréclairage dans les pièces de bureaux. Ils ne connaissent généralement pas **Energy Star**, mais seraient presque tous d'accord pour qu'on l'active sur leur poste de travail.

LES PERSPECTIVES D'ACTIONS

Trois axes d'action apparaissent nécessaires :

1 - Développer des outils techniques et des outils de sensibilisation

L'enquête montre de façon très claire que les responsables d'entreprises ne sont pas hostiles *a priori*, aux économies d'électricité. Ils souhaitent des solutions techniques bien évaluées et fiables, ainsi qu'une aide technique pour la mise en œuvre. Ils indiquent clairement qu'une sensibilisation des personnels à différents niveaux leur paraît généralement nécessaire.

Il convient donc de construire les outils répondant à ces attentes. A minima on pourrait imaginer :

➤ une évaluation des consommations d'électricité et des gisements d'économie pour chaque type d'usage. La campagne de mesure décidée dans le cadre du plan **Eco-Energie** devrait répondre à cette attente,

➤ l'utilisation d'une partie des 50 bâtiments de notre échantillon (par exemple 10 ou 12) pour mettre en place un véritable laboratoire expérimental qui permettrait de tester en vraie grandeur toutes les solutions disponibles aujourd'hui. L'intérêt de cette plate-forme est évident : on disposerait d'un état des lieux complet qui permettrait d'évaluer l'intérêt de chaque solution mise en œuvre avec une grande finesse. On pourrait avoir une idée précise des coûts induits, des difficultés éventuelles de mise en œuvre, des spécifications précises des matériels et produits qui sont le plus adaptés et le plus performants.

La réalisation de cette expérimentation devrait se faire en relation avec des sociétés de services informatiques, voire des fabricants d'ordinateurs, afin de lever toutes les incertitudes qui semblent encore peser dans l'esprit des gestionnaires de parcs informatiques. L'expérience américaine doit être analysée avec soin. Ce pays a généralisé l'utilisation d'**Energy Star**.

Cette expérimentation, absolument essentielle, permettrait de publier des guides techniques, véritables références pour les maîtres d'ouvrage et les maîtres d'œuvre, dans lesquels on retrouverait toutes les indications techniques et économiques nécessaires à la mise en œuvre des solutions performantes : matériels à implanter, précautions d'installation, difficultés techniques potentielles, coûts, éventuellement aides et financement, etc.

➤ des outils de sensibilisation des différents acteurs. Ces outils seront évidemment différents selon qu'ils s'adressent aux gestionnaires ou aux usagers. Dans le premier cas, ils fourniront des informations techniques et financières. Dans le second cas, ils joueront plus sur l'approche environnementale, avec l'avantage que toute sensibilisation réussie aura deux champs d'application : le lieu de travail et le domicile !

2- Faire des campagnes de sensibilisation

Au moyen des outils développés, il faudra mettre en place des campagnes systématiques de sensibilisation en direction des entreprises et de leur personnel. Ces campagnes devront mobiliser à la fois des vecteurs très variés (courrier, site internet Plan Eco, bulletins, revues, syndicats professionnels, etc) mais aussi des services comme le déplacement dans l'entreprise d'un spécialiste pour donner aux personnels les explications nécessaires, etc.

Les cibles à atteindre pourraient être les suivantes :

- pour l'éclairage:
 - les responsables de maintenance
 - les entreprises de maintenance extérieure spécialisées dans l'éclairage
 - les agences d'entretien des bâtiments (qui sont chargées d'éteindre les locaux le soir après entretien) et les agents de sécurité (qui font des rondes nocturnes)
 - les propriétaires/gérants d'immeubles tertiaires
 - les maisons mères ou les administrations nationales
 - la CRAM, qui gère un catalogue des luminaires agréés. Les responsables de maintenance peuvent être informés des nouveautés durant les réunions des Commissions de Sécurité locales inter-établissements.

- pour l'informatique
 - les responsables du service informatique
 - les sociétés de maintenance informatique
 - les maisons mères ou les administrations nationales.

3- Développer des outils d'incitation fiscaux et financiers

Ce thème n'est pas celui qui ressort en premier dans les entretiens, mais il paraît évident que la création d'outils de ce type aura une influence déterminante sur le résultat de la campagne. Il semble possible, en association avec d'autres structures, de proposer des prêts bonifiés à des taux très intéressants (1,8 % en Aquitaine (de mémoire), 2 % en Allemagne). A des taux aussi faibles, le bilan en trésorerie des opérations de rénovation serait positif dès la première année, l'annuité de remboursement étant inférieure aux économies réalisées (fonctionnement + maintenance) ■



ANNEXES

ANNEXE 1 : METHODOLOGIE DE CALCUL

Cette annexe précise les méthodes de calcul utilisées pour trouver les résultats fournis dans ce rapport à partir des données relevées dans les 50 établissements de l'échantillon.

A1.1 - UTILITE D'UNE CORRECTION

Nous avons réuni un échantillon de 50 établissements de la région PACA. A partir de cet échantillon, nous souhaitons déterminer certaines caractéristiques valables pour l'ensemble de la région.

Exemple : le nombre d'ordinateurs moyen par personne, la puissance par m² installée dans les couloirs, la part des imprimantes laser...

On peut obtenir les moyennes de ces variables pour chaque établissement de l'échantillon, en considérant que la zone inventoriée de chaque établissement est représentative de l'ensemble de l'établissement.

Pour obtenir une moyenne régionale, on aurait pu se contenter de faire la moyenne des valeurs trouvées pour les 50 établissements de l'échantillon, si l'échantillon avait été vraiment représentatif.

Mais comme on le voit sur la figure ci-dessus, la répartition des effectifs des établissements de la région PACA est différente de celle des bureaux des établissements de l'échantillon. Les grands établissements (>200 personnes) sont sur-représentés et les petits (< 6 personnes) sont sous-représentés dans l'échantillon, notamment du fait de la présence d'une entreprise de 1.800 personnes.

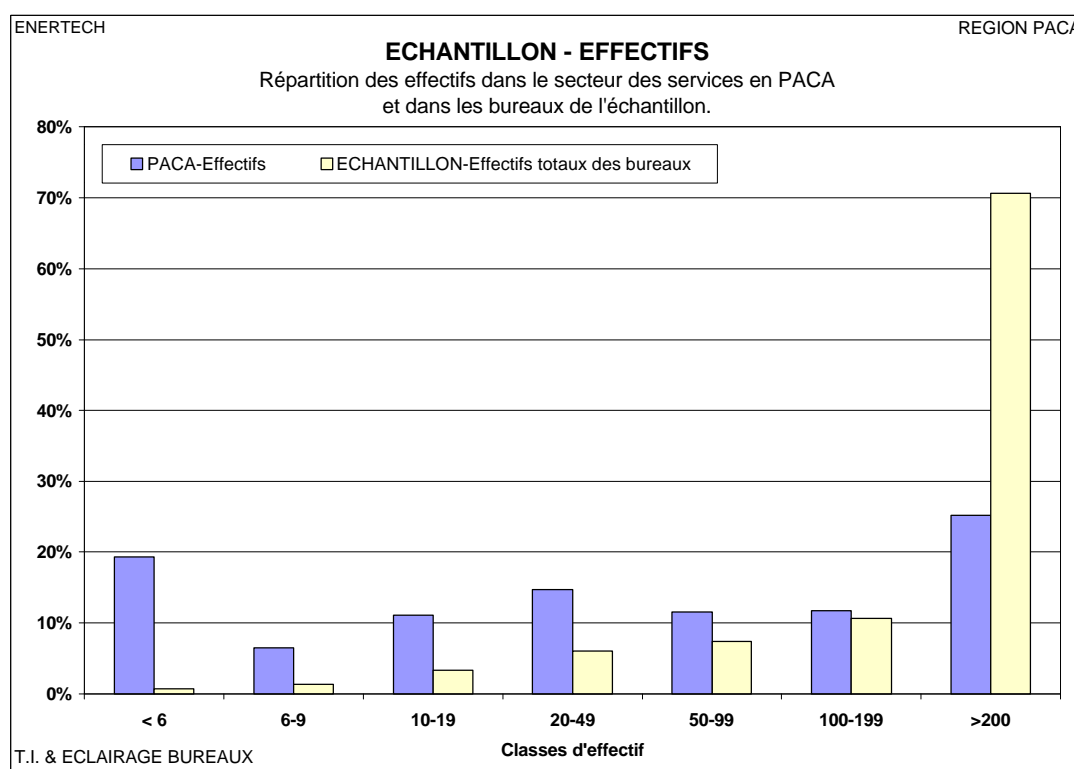


Figure A1.1 : répartition des effectifs en PACA

Pour avoir une image régionale plus conforme à la réalité, il est donc nécessaire de corriger notre échantillon, en attribuant un poids différent à chaque établissement en fonction de sa taille. On décide de ne pas attribuer le même poids à une grande entreprise de 1.000 personnes et à un petit établissement de 4 personnes, quand il s'agira de déterminer la moyenne régionale d'une variable donnée.

Pour calculer la valeur moyenne d'une variable dépendant de l'effectif (nombre d'ordinateurs pour 100 personnes...) au niveau régional, on calculera donc systématiquement la valeur moyenne de cette variable pour chaque classe d'effectif, puis on multipliera chacune de ces valeurs par un coefficient de pondération en effectif ($C_{\text{eff-k}}$) afin de déterminer la moyenne pondérée régionale.

De même, pour les variables dépendant de la surface, on utilisera un coefficient de pondération relatif à la surface ($C_{\text{surf-k}}$), pour chaque classe d'effectif.

Nous distinguerons clairement dans ce rapport les *moyennes régionales* ainsi obtenues qui peuvent être utilisées pour des calculs sur toute la région, et les *moyennes sur l'échantillon* obtenues en attribuant le même poids à chaque établissement de l'échantillon.

A1.2 - DETERMINATION DES COEFFICIENTS DE PONDERATION

Soit :

k : l'indice de l'une des 7 classes d'effectif considérées

i : l'indice de l'établissement considéré

N_k : le nombre d'établissements dans la classe k

$C_{\text{eff-k}}$: le coefficient de pondération **en effectif** pour la classe k

$C_{\text{surf-k}}$: le coefficient de pondération **en surface** pour la classe k

$S_{\text{pers-k}}$: la surface moyenne de bureau par personne pour la classe k

$V_{k,i}$: la variable étudiée de l'établissement $n^{\circ}i$ au sein de la classe k

Le tableau de la figure A1.2 donne au niveau régional, la répartition des effectifs (C_{eff}) et des surfaces (C_{surf}) en fonction de la classe d'effectif. Ces coefficients seront utilisés par la suite comme coefficients de pondération pour déterminer des moyennes applicables à la région entière à partir des valeurs obtenues pour chaque établissement de l'échantillon.

Effectif	C_{eff}	Surface de bureaux par personne (m ² /pers)	C_{surf}
<6	19%	31,7	25%
6-9	6%	25,5	7%
10-19	11%	26,6	12%
20-49	15%	24,3	15%
50-99	12%	20,9	10%
100-199	12%	20,5	10%
>200	25%	20,6	21%
	100%		100%

Figure A1.2 : Détermination des coefficients de pondération

La première colonne (en noir) du tableau indique les différentes classes d'effectif retenues pour cette étude.

La deuxième colonne du tableau 2 (en vert) indique la répartition de l'effectif des bureaux de la région PACA déjà représentée sur la figure A1.1 (*source : France Télécom*). C'est également le coefficient de **pondération en effectif**.

Exemple : 19% des employés des établissements de service dans la région PACA travaillent dans un établissement de moins de 6 salariés.

La 3^{ème} colonne (en rouge) donne la valeur moyenne par classe de la surface de bureaux par personne. Cette valeur a été déterminée à partir des surfaces de bureaux des zones inventoriées durant

notre enquête. Le faible nombre d'établissements dans chaque classe explique les quelques irrégularités de ces valeurs. Il faudrait un échantillon beaucoup plus large pour estimer avec précision la surface de bureau totale par personne. Ici on ne s'intéresse qu'à la valeur relative de ces surfaces, entre les petits et les grands établissements.

La 4^{ème} colonne (en bleu) indique une estimation de la répartition des surfaces de bureaux dans la région PACA. Les données concernant la répartition des surfaces de bureaux en PACA n'existent pas, et les surfaces totales indiquées par les responsables des bureaux de l'échantillon sont souvent très imprécises. Ces données ne semblent pas avoir été déterminées par aucun observatoire, et il nous est donc nécessaire de les estimer.

La répartition de la surface de bureau en PACA pour chaque classe d'effectif k, peut être calculée à partir de la répartition des effectifs, et de la surface de bureau par personne :

$$C_{surf-k} = (C_{eff-k} \times S_{pers-k}) / (\sum C_{eff-k} \times S_{pers-k})$$

A1.3 - ECLAIRAGE

A - DETERMINATION DES PUISSANCES DES LUMINAIRES INSTALLEES DANS LA REGION PACA PAR TYPE DE PIECE.

Pour calculer la puissance totale d'éclairage installée dans les bureaux en PACA, il faut :

- 1- déterminer la puissance installée par m² et par type de pièce ;
- 2- déterminer la puissance moyenne installée pour l'ensemble de l'établissement ;
- 3- déterminer le nombre de m² par personne en fonction de la classe d'effectif ;
- 4- et multiplier finalement par l'effectif des établissements en PACA.

$$P_{tot-paca} = (P/m^2 \times m^2/pers) \times effectif$$

1 : Détermination de la puissance surfacique par type de pièce

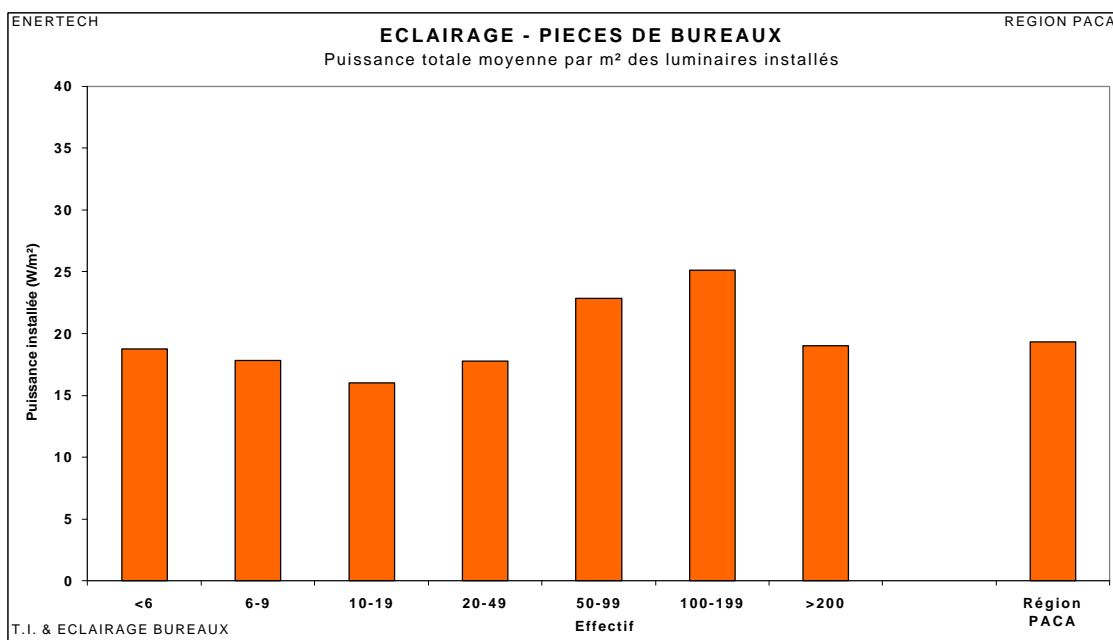


Figure A1.3 : puissance totale moyenne par m² des luminaires installés

a – par établissement

Pour chaque établissement i , on additionne les puissances installées par type de source pour un type de pièce donnée. On divise alors la puissance totale ainsi obtenue par la surface totale des pièces étudiées. On obtient ainsi une valeur $P_{m^2-j,i}$ où i représente l'établissement et j le type de luminaire (incandescent, halogène, tube fluorescent, ou lampe basse consommation (LBC)).

Exemple : on obtient la puissance installée des sources halogènes par m^2 dans les couloirs de l'établissement i .

b – par classe d'effectif

Pour avoir une valeur moyenne par classe d'effectif, on moyenne cette valeur sur les k établissements **de la classe k** , en leur attribuant exactement le même poids :

$$P_{m^2-j,k} = (\sum_i P_{m^2-j,i}) / N_k$$

c – moyenne régionale

Pour obtenir une moyenne pondérée représentative des établissements de la région, on considère la puissance totale P_{j-paca} en Watts, installée au niveau régional pour le type d'éclairage j :

$$P_{j-paca} = \sum_k (P_{m^2-j,k} \times C_{surf-k} \times S_{paca})$$

où \sum_k représente une somme sur les 7 classes d'effectif $n^o k$;
et S_{paca} est la surface totale des bureaux dans la région PACA.

La puissance moyenne régionale par m^2 installée pour les luminaires de type j est alors donnée par :

$$P_{m^2-j-paca} = P_{j-paca} / S_{paca} = \sum_k (P_{m^2-j,k} \times C_{surf-k})$$

Il faut pondérer les moyennes par classe obtenues, par les coefficients de répartition surfaciques C_{surf-k} pour obtenir la moyenne régionale.

2 : Détermination de la puissance surfacique moyenne par établissement

A partir des puissances surfaciques obtenues en §1 pour chaque type de pièce, on peut estimer la puissance surfacique de chaque établissement. Pour cela, on utilise trois coefficients qui donnent la part moyenne de chaque type de pièce dans l'établissement :

- $\alpha_{surf-salles}$ = Part de la surface totale de l'établissement comprenant des pièces de bureaux ou des pièces communes. On suppose que la puissance surfacique installée est identique pour les pièces de bureaux et les pièces communes;
- $\alpha_{surf-circul}$ = Part de la surface totale de l'établissement comprenant des couloirs ou des circulations;
- $\alpha_{surf-wc}$ = Part de la surface totale de l'établissement comprenant des toilettes, des douches ou des vestiaires.

On estimera ici que :

$$\alpha_{surf-salles}=75\% ; \alpha_{surf-circul}=20\% ; \alpha_{surf-wc}=5\%$$

La puissance moyenne pour l'établissement i est alors donnée par :

$$P_{m^2-i} = (\alpha_{surf-salles} \times P_{m^2-bureau-i}) + (\alpha_{surf-circul} \times P_{m^2-coul-i}) + (\alpha_{surf-wc} \times P_{m^2-WC-i})$$

On peut alors donner une valeur moyenne pour chaque classe d'effectif k , en attribuant le même poids à chaque établissement de cette classe :

$$P_{m^2-k} = (\sum P_{m^2-i}) / N_k$$

3 : Utilisation du nombre de m^2 / personne pour la classe d'effectif k

La puissance moyenne installée par personne dans les établissements de la classe k (notée P_{pers-k}) est alors égale à :

$$P_{pers-k} = P_{m^2-k} \times S_{pers-k}$$

Où S_{pers-k} représente la surface de bureaux moyenne par personne pour les établissements de la classe k .

4 : Détermination de la puissance totale installée en PACA

Soit $E_{ff-paca}$ l'effectif total des bureaux en PACA.

On connaît la répartition des effectifs C_{eff-k} des établissements de service en PACA d'après la figure A1.1.

Si l'effectif total E_{ff-k} des établissements de service en PACA dans la classe k est donné par :

$$E_{ff-k} = E_{ff-paca} \times C_{eff-k}$$

la puissance installée totale en PACA est alors donnée par :

$$P_{tot-PACA} = \sum (P_{pers-k} \times E_{ff-k})$$

$$P_{tot-PACA} = E_{ff-paca} \times \sum (P_{m^2-k} \times S_{pers-k} \times C_{eff-k})$$

B - REPARTITION DU NOMBRE DES SOURCES D'UN MEME TYPE

On cherche à déterminer pour un type de source donné (halogène, incandescent, fluorescent...), la répartition du nombre « d'ampoules » installées en fonction de leur puissance électrique. La figure A1.4 indique par exemple la répartition des ampoules incandescentes inventoriées :

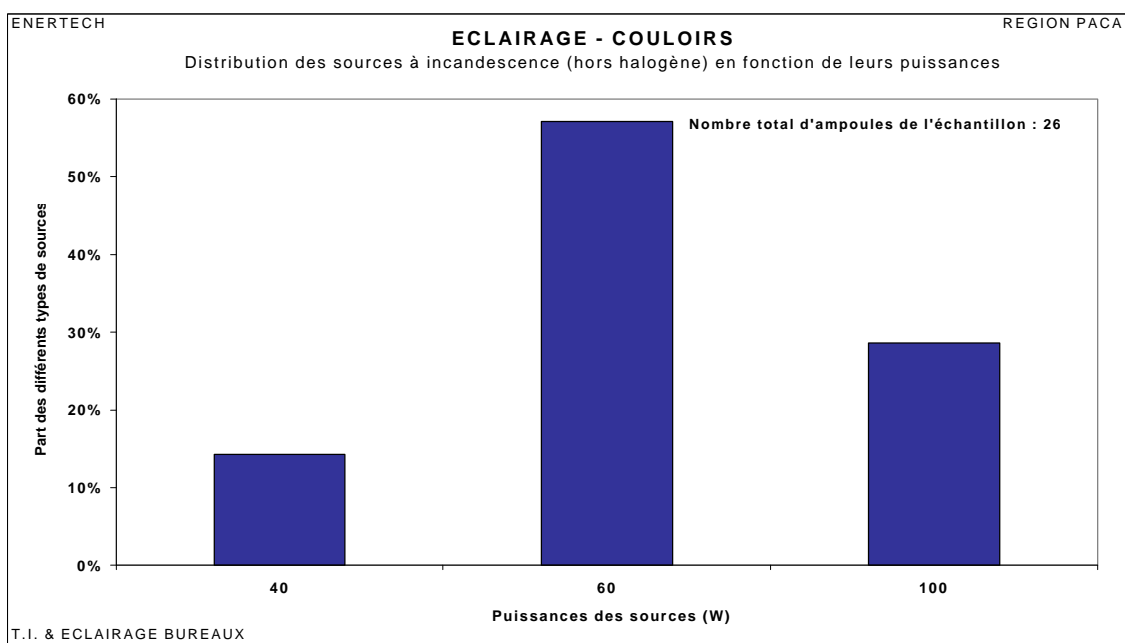


Figure A1.4 : distribution des sources incandescentes dans les couloirs

On peut voir sur la figure A1.4 que 57% des ampoules incandescentes inventoriées dans les couloirs sont des ampoules de 60 W.

Pour obtenir ce résultat pour les ampoules à incandescence dans les couloirs :

1- on détermine la part de chaque sous-type « j » de source incandescente pour chaque établissement « i »
Exemple : 57% des ampoules incandescentes dans les couloirs de l'établissement n°i sont des ampoules de 60 W. Cette part est appelée $p_{j,i}$

2- l'échantillon est trop petit pour pouvoir trouver une moyenne régionale. Par exemple, seulement 4 établissements utilisent des lampes basses consommation dans les couloirs. Nous avons donc choisi de calculer uniquement une **moyenne sur l'échantillon**, en attribuant le même poids à tous les établissements de cet échantillon. On obtient ainsi une valeur $p_{j,\text{échantillon}}$:

$$p_{j,\text{échantillon}} = \frac{\sum_i(p_{j,i})}{\sum_j(\sum_i(p_{j,i}))}$$

C - DETERMINATION DES DIFFERENTS TYPES DE SOURCE EN FONCTION DE LA TAILLE DE L'ETABLISSEMENT

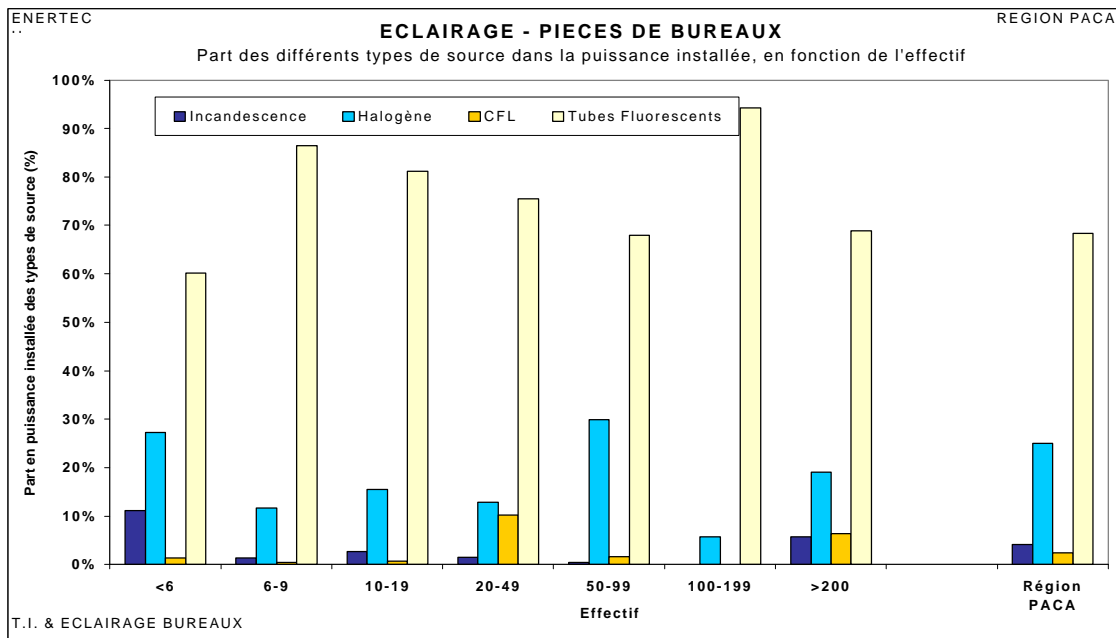


Figure A1.5 : part des différents types de source en fonction de l'effectif

1- Pour chaque établissement, on calcule la part de chaque technologie dans la puissance surfacique totale installée.

Exemple : $\hat{a}_{inc-i}=5\%$; $\hat{a}_{fluo-i}=70\%$; $\hat{a}_{hal-i}=20\%$; $\hat{a}_{lbc-i}=5\%$

2- pour chaque classe d'effectif k, on fait la moyenne de ces pourcentages, en attribuant le même poids à chaque établissement de cette classe :

$$\hat{a}_{j-k} = (\sum \hat{a}_{j-i}) / Nk$$

3- pour trouver la part en puissance installée au niveau régional du type de source j, on considère la puissance totale installée dans la région P_{j-paca} (en Watts) :

$$P_{j-paca} (W) = \sum_k(P_{m^2-j-k} \times S_k)$$

$$P_{j-paca} (W) = \sum_k(P_{m^2-j-k} \times C_{surf-k}) \times S_{tot}$$

$$\hat{a}_{j-paca} = P_{j-paca} / P_{tot} = \sum_k(P_{m^2-j-k} \times C_{surf-k}) / [\sum_j \sum_k(P_{m^2-j-k} \times C_{surf-k})]$$

A1.4 - BUREAUTIQUE / INFORMATIQUE

A - DETERMINATION DU NOMBRE D'ORDINATEURS ET D'APPAREILS DE BUREAUTIQUE PAR PERSONNE

On déterminera le nombre moyen d'appareils par personne pour trois ensembles différents :

- 1 - pour chaque établissement n^oi de l'échantillon
- 2 - pour chaque classe d'effectif k
- 3 - pour l'ensemble de la région PACA.

1-Détermination du nombre moyen d'appareils par personne pour chaque établissement de l'échantillon

On considère un appareil de bureautique/informatique quelconque (par exemple les photocopieurs).

Pour chaque établissement i, appelons :

$N_{b_{ET-i}}$: le nombre d'appareils de ce type déclaré pour la totalité de l'établissement

$E_{f_{ET-i}}$: l'effectif des bureaux de l'établissement

$N_{b_{ZI-i}}$: le nombre d'appareils de ce type déclaré dans la Zone Inventoriée (ZI) de l'établissement

$E_{f_{ZI-i}}$: l'effectif des bureaux dans la zone inventoriée de l'établissement

Soit alors pour cet établissement i :

$V_{ET-i} = N_{b_{ET-i}} / E_{f_{ET-i}}$ le nombre moyen d'appareils par personne déclaré pour l'établissement i ;

$V_{ZI-i} = N_{b_{ZI-i}} / E_{f_{ZI-i}}$ le nombre moyen d'appareils par personne pour la zone inventoriée.

Dans plus de la moitié des cas, $V_{ET-i} = V_{ZI-i}$. Mais ces deux valeurs peuvent être différentes dans les plus grands établissements car :

- seule une partie de l'établissement a été alors inventorié (et cette partie n'est pas toujours représentative de l'ensemble)
- les responsables ne connaissent pas avec précision le nombre de personnes et d'appareils qui sont dans leurs locaux.

Nous avons choisi de conserver dans tous les cas la valeur inventoriée comme étant représentative de l'ensemble de l'établissement, et l'avons nommée V_{r-i} .

$$V_{r-i} = V_{ZI-i}$$

2-Détermination du nombre moyen d'appareils par personne pour chaque classe d'effectif

Pour trouver la valeur moyenne pour la classe d'effectif k, il suffit de moyenniser les N_k valeurs correspondant au N_k établissements compris dans cette classe, **en leur attribuant à toutes le même poids.**

$$V_{r-k} = (\sum V_{r-i}) / N_k$$

3-Détermination de la valeur moyenne du nombre d'appareils par personne, pour l'ensemble de la région PACA

Soit $N_{\text{eff-paca}}$ la somme des effectifs de bureaux pour tous les établissements de la région PACA.

A partir de la répartition des effectifs par classe donnée dans le tableau de la figure A1.2, on estime le nombre de personnes travaillant dans des bureaux de la classe k par :

$$N_{\text{eff-paca-k}} = N_{\text{eff-paca}} \times C_{\text{eff-k}}$$

Et le nombre total d'appareils pour les établissements de la classe k en PACA est alors donné par :

$$N_{\text{app-paca-k}} = N_{\text{eff-paca-k}} \times V_{r-k} = N_{\text{eff-paca}} \times (C_{\text{eff-k}} \times V_{r-k})$$

où V_{r-k} représente le nombre moyen d'appareils par personne pour la classe k calculé au paragraphe précédent.

La valeur moyenne régionale du nombre d'appareil par personne est égale au nombre total d'appareils (toutes classes confondues) par l'effectif total des bureaux en PACA :

$$V_{r-paca} = (\sum N_{\text{app-paca-k}}) / N_{\text{eff-paca}}$$

$$V_{r-paca} = \sum (C_{\text{eff-k}} \times V_{r-k})$$

Il suffit donc de pondérer les valeurs moyennes par classe avec les coefficients de répartition d'effectif pour obtenir la valeur moyenne régionale.

B - DETERMINATION DU NOMBRE D'ORDINATEURS ET D'APPAREILS DE BUREAUTIQUE PAR M²

On cherche à déterminer les valeurs moyennes du nombre d'appareils par m², au niveau d'un établissement, ou d'une classe d'établissement, ou au niveau régional. La démarche est similaire à la précédente. Nous avons encore classé les établissements en fonction de leur effectif et non de leur surface, car la répartition des surfaces de bureaux dans la région PACA n'est pas une donnée connue.

1 - Détermination du nombre moyen d'appareils par m² pour chaque établissement de l'échantillon

Pour chaque établissement visité n^oi, le nombre moyen d'appareils par m² (W_{zi-i}) est donné pour la zone inventoriée par :

$$W_{zi-i} = Nb_{ZI-i} / S_{ZI-i}$$

Où :

Nb_{ZI-i} est le nombre d'appareils dans la zone inventoriée de l'établissement n^oi

S_{ZI-i} est la surface totale de la zone de bureaux inventoriée.

Nous avons supposé ici encore que la donnée obtenue à partir de relevés sur site, était plus fiable que celle qui avait été donnée par les responsables pour l'ensemble de l'établissement. En effet, les surfaces annoncées étaient la plupart du temps très imprécises et quelquefois totalement inconnues, ou comprenaient des zones non-tertiaires (salles blanches ou grises, magasins, surfaces de vente...).

Nous avons également supposé que cette donnée obtenue pour la zone inventoriée était représentative de l'établissement tout entier.

$$W_{r-i} = W_{zi-i}$$

où W_{r-i} est la valeur retenue du nombre d'appareils par m² pour l'établissement n^oi.

2 - Détermination du nombre moyen d'appareils par m² pour chaque classe d'effectif

Pour trouver la valeur moyenne pour la classe d'effectif k, il suffit de moyenniser les N_k valeurs qui correspondent aux N_k établissements compris dans cette classe, **en leur attribuant le même poids.**

$$W_{r-k} = (\sum W_{r-i}) / N_k$$

3 - Détermination de la valeur moyenne du nombre d'appareils par m², pour l'ensemble de la région PACA

Comme précédemment, on peut montrer que la valeur moyenne du nombre d'appareils par m² au niveau régional est donnée par :

$$W_{r-paca} = \Sigma (C_{surf-k} \times V_{r-k})$$

Nous proposons de pondérer les valeurs moyennes par classe avec les coefficients de répartition en surface, pour obtenir une valeur moyenne régionale.

C - DETERMINATION DES CARACTERISTIQUES DES APPAREILS INVENTORIES AU NIVEAU REGIONAL

On souhaite connaître par exemple, la répartition des imprimantes par type (laser, jet d'encre ou matricielle), ou la répartition des systèmes d'exploitation utilisés sur les ordinateurs, au niveau régional.

Hypothèse : on suppose que les appareils inventoriés et les usagers interrogés sont représentatifs de l'établissement tout entier.

Dans ce qui suit, nous prendrons l'exemple de la répartition des types d'imprimantes.

Soit j le type d'imprimante considéré (laser, jet d'encre ou matricielle) ;

Soit $T_{j,i}$ (%) la part des imprimantes de type j dans la zone inventoriée de l'établissement i .

- 1- On détermine dans un premier temps, **pour chaque établissement** la répartition des appareils par type. Pour cela, on divise le nombre d'appareils inventoriés de chaque type par le nombre total d'appareils inventoriés.

Exemple : 5 imprimantes laser (type j) sur 15 imprimantes inventoriées dans l'établissement n° i :

$$T_{j,i} = 33\%$$

- 2- La moyenne de la part des appareils de type j **pour la classe d'effectif k** est alors calculée en attribuant le même poids aux établissements de cette classe. Cette moyenne est égale à la somme sur tous les établissements i de la classe n° k , des valeurs $T_{j,i}$, divisée par le nombre N_k d'établissements dans cette classe :

$$T_{j,k} = (\Sigma_i T_{j,i}) / N_k$$

- 3- La part des appareils de type j **au niveau régional** est alors calculée de la manière suivante :

Soit :

$N_{app/pers-k}$: le nombre d'appareils par personne calculé pour la classe k (voir plus haut)

$N_{eff-paca}$ = l'effectif total des bureaux en PACA.

Le nombre total d'appareils de type j au niveau régional pour les établissements de la classe k est donné par :

$$N_{app-j,k} = T_{j,k} \times N_{app/pers-k} \times (C_{eff-k} \times N_{eff-paca})$$

En additionnant le nombre d'appareils de type j pour toutes les classes k , on obtient le nombre total d'appareils de type j en PACA :

$$N_{app-j} = \Sigma_k(N_{app-j,k})$$

Et la part des appareils de type j au niveau régional est égale à :

$$T_{j-paca} = N_{app-j} / \sum_j(N_{app-j})$$

$$T_{j-paca} = [\sum_k (T_{j,k} \times N_{app/pers-k} \times C_{eff-k})] / [\sum_j \sum_k (T_{j,k} \times N_{app/pers-k} \times C_{eff-k})]$$

ANNEXE 2 : LES QUESTIONNAIRES UTILISES

Les 4 questionnaires présentés ci-après ont été utilisés lors des entretiens avec les usagers et les responsables de l'établissement.

A2.1 - LE QUESTIONNAIRE USAGER

O-ECLAIRAGE	Quantité d'éclairage naturel dans la pièce: Insuffisant - Suffisant - Excessif	I	S	E									
	Quantité d'éclairage artificiel (mur et plafond) : Insuffisant - Suffisant - Excessif	I	S	E									
	Utilisez-vous les l'éclairage principal (Jamais, Rarement, Souvent)	J	R	S									
	Utilisez-vous une lampe d'appoint (Jamais, Rarement, Souvent)	J	R	S									
	% des soirs où vous pensez à éteindre en partant vos luminaires	%											
O-BUREAUTIC	Appareil												
	Système d'exploitation (pour UC)												
	ACTIVATION automatique d'un gestionnaire de veille (vérification)	O	N		O	N	O	N					
	SI ACTIVATION Volonté Usager, Volonté Admin, Involontaire	VU	YA	INV	VU	YA	INV	VU	YA	INV			
	Si PAS ACTIVE pourquoi: Pas De Gestionnaire, Ne Connait Pas E', Ne Sait Pas l'activer, Pas responsable	PDG	NCP	NSP	PR	PDG	NCP	NSP	PR	PDG	NCP	NSP	PR
	ARRET MANUEL quand inutilisé: en Journée , le Midi, la Nuit, le WE	J	M			J	M			J	M		
	Si PAS ARRETE pourquoi: Imposé, Pas Interessé, Oubli, Habitude	I	P-I	O	H	I	P-I	O	H	I	P-I	O	H
	% temps d'utilisation effective de l'appareil	%				%				%			
REMARQUES (PIECE...)													

A2.3 - LE QUESTIONNAIRE ECLAIRAGE

UTILISATION	Opinion du responsable sur les avantages et inconvénients de chaque type d'éclairage
	Stratégie de contrôle général des luminaires par type de source et de pièce (commande centralisée, horloge, détecteurs...)?
	Extinction de l'éclairage le soir et allumage le matin (gardien avec consignes ou sans, centralisé sur horloge...)
	Age et vétusté des luminaires par type de source et par bâtiment
	Stratégie et périodicité du renouvellement des luminaires par type de source
	Problèmes particuliers liés à la maintenance de l'éclairage
GESTION D'ENERGIE	La consommation d'éclairage est-elle coûteuse pour l'entreprise?
	D'après vous, existe t'il des solutions alternatives et économes? Lesquelles? <i>Information sur les techniques de gestion et d'éclairage performant</i>
	Serait-il intéressé par ces techniques, <u>et temps de retour acceptable</u>
	Quel type d'aide vous semble nécessaire pour entreprendre ces travaux? Que pensez des solutions type ESCO?

A2.4 - LE QUESTIONNAIRE BUREAUTIQUE

UTILISATION	AGE ET VETUSTE DU MATERIEL
	Stratégie de l'entreprise pour le REMPLACEMENT des PCs et appareils de bureautique: périodicité, commande _
ADMINISTRATEUR	Des serveurs fonctionnent-ils toujours la nuit et le WE? Pourquoi et dans quel but ? (back-up, mise à jour de programmes, d'antivirus)
	Est ce que ces serveurs pourraient être éteints le reste de la nuit après une sauvegarde ou une tâche de maintenance?
	Role des onduleurs (alimentent les serveurs, tout ou partie des PCs...). Existence d'un réseau ondulé? Les onduleurs sont-ils éteints la nuit? Sinon pourquoi?
GESTION DES UC	Exigez-vous que le gestionnaire d'énergie E* soit activé à la livraison de vos machines? Pourquoi?
	A l'installation des PC, les gestionnaires de veille sont-ils activés et configurés O/N? Pourquoi?
	Les salariés sont-ils autorisés à utiliser un gestionnaire de veille sur leur PC? Pourquoi?
	Les salariés sont-ils autorisés à arrêter leurs ORDINATEURS lorsqu'ils ne les utilisent pas? Sinon Pourquoi?
	Les salariés sont-ils autorisés à arrêter leurs ECRANS lorsqu'ils ne les utilisent pas? Sinon Pourquoi?
	Gestion des MIA sur les autres appareils de bureautique (Imprimantes Photocopieur, Scanner...)?
PROJETS	Quelles solutions sont envisagées pour diminuer les consommations informatiques ? <i>Information sur les consommations des PC et les économies envisageables (1MWh/PC/an)</i>
	Qu'est ce qui pose problème pour mettre en place une gestion optimale ?
	Quel type d'aide serait nécessaire pour mettre en place cette gestion (technique, formation, etc.) ?

ANNEXE 3 : LES LAMPES DE BUREAU

- Seules 13 établissements sur les 50 (soit 26%) n'ont aucune lampe de bureau dans leurs locaux.
- Si l'on prend tous les établissements en compte, on trouve au moins une lampe de bureau dans 32% des pièces de bureaux de l'échantillon;
- Comme le montre la figure A3.1, 33% des postes de travail de la région sont équipés d'une lampe de bureau. Le taux d'équipement de l'échantillon est plus élevé pour les petits et les très grands établissements.

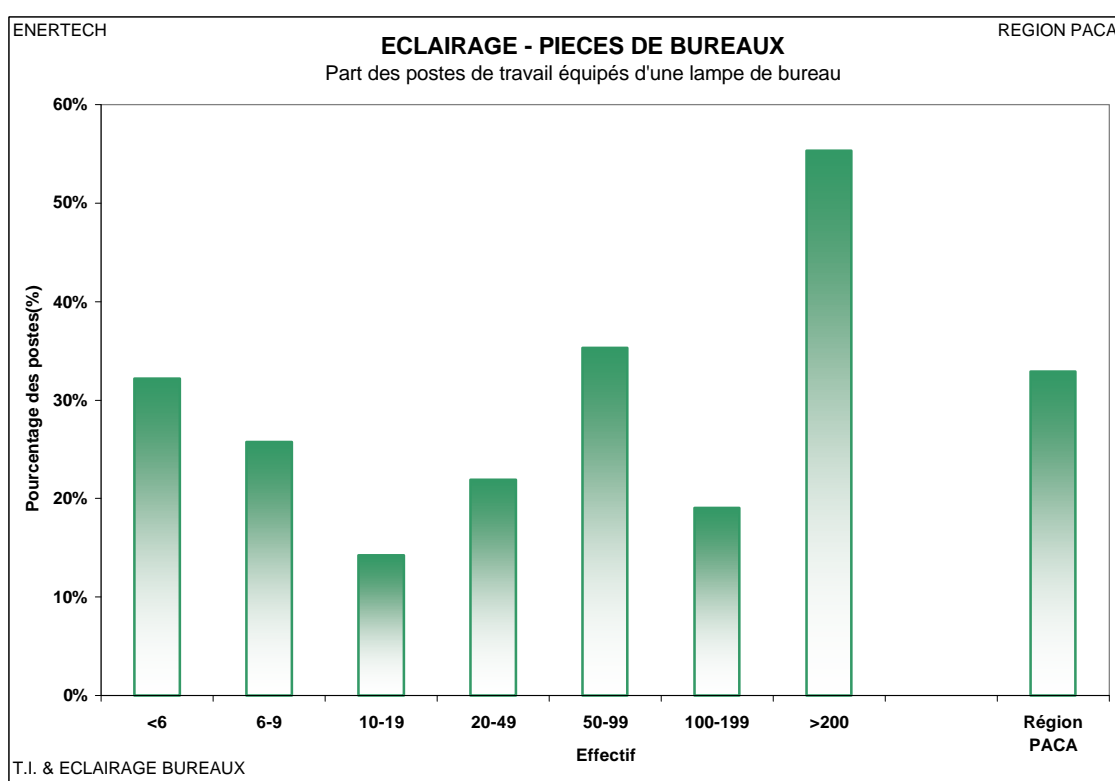


Figure A3.1 : part des postes de travail équipés d'une lampe de bureau, en fonction de l'effectif

➤ Dans les établissements de la région où des lampes de bureaux sont utilisées, plus de la moitié (51%) des luminaires installés dans les pièces de bureaux sont des lampes de bureaux. Si l'on prend en compte tous les établissements, **39% des luminaires des pièces de bureaux sont des lampes de bureaux.**

➤ Par contre, au niveau régional, **les lampes de bureau ne participent qu'à hauteur de 7,3 % à la puissance installée dans les pièces de bureaux.** Cet important écart entre la puissance installée et le nombre de luminaires présents peut être facilement expliqué par la faible puissance des lampes de bureau par rapport à l'éclairage principal des pièces.

➤ La figure A3.2 indique, **pour l'échantillon**, les différents types de lampes de bureau rencontrés.

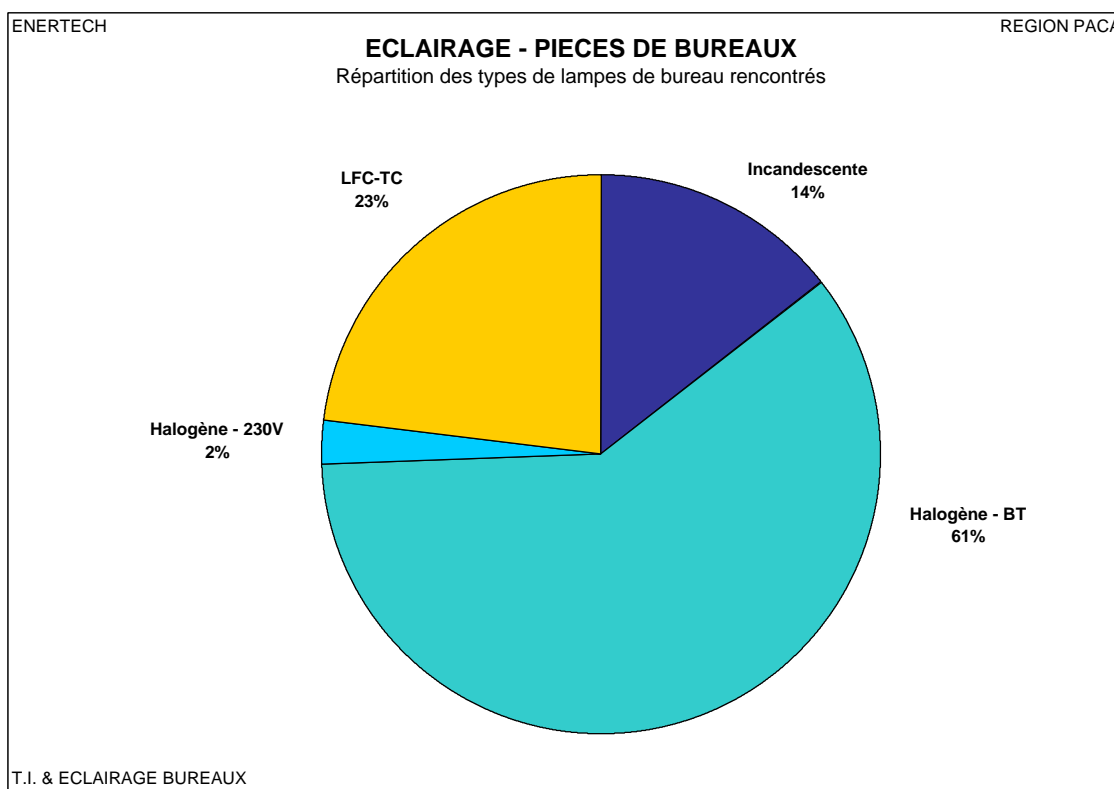


Figure A3.2 : distribution du nombre des lampes de bureau inventoriées

➤ 61% des lampes de bureau inventoriées sont des lampes halogènes basse tension. Généralement les ampoules ont une puissance de 50W, et l'utilisateur peut choisir entre deux niveaux de puissance lumineuse. Presque un quart des lampes de bureau sont des lampes basse consommation, de type TC de 11 W. Elles sont beaucoup plus efficaces que les lampes de bureau halogènes, et consomment près de 5 fois moins pour un éclairage équivalent.

ANNEXE 4 : L'ECLAIRAGE INDIRECT DANS LES PIECES DE BUREAUX

L'éclairage indirect est utilisé depuis plus de 15 ans dans les bureaux, principalement par l'utilisation de sources halogènes en applique ou sur pied. Mais l'éclairage indirect halogène est très peu efficace : la source halogène a une faible efficacité lumineuse (environ 17 lumens/watt) et une grande partie de la lumière dirigée sur le plafond est absorbée par celui-ci. Ce type d'éclairage est donc déconseillé dans les bureaux.

Dans notre échantillon nous avons pu constater que trois très grandes entreprises et une petite commençaient à utiliser des tubes fluorescents ou des lampes basse consommation comme source d'éclairage indirect.

- **Dans les toilettes**, on ne trouve de l'éclairage indirect dans aucun des établissements de l'échantillon.
- **Dans les couloirs**, seul un établissement utilise des halogènes en applique murale. Tous les autres utilisent uniquement de l'éclairage direct.
- C'est uniquement **dans les pièces de bureaux** que l'éclairage indirect est utilisé, car c'est là que l'éclairage direct gêne beaucoup le confort des usagers.

La figure A4.1 indique la part de l'éclairage indirect dans la puissance totale installée dans les pièces de bureaux des 50 établissements.

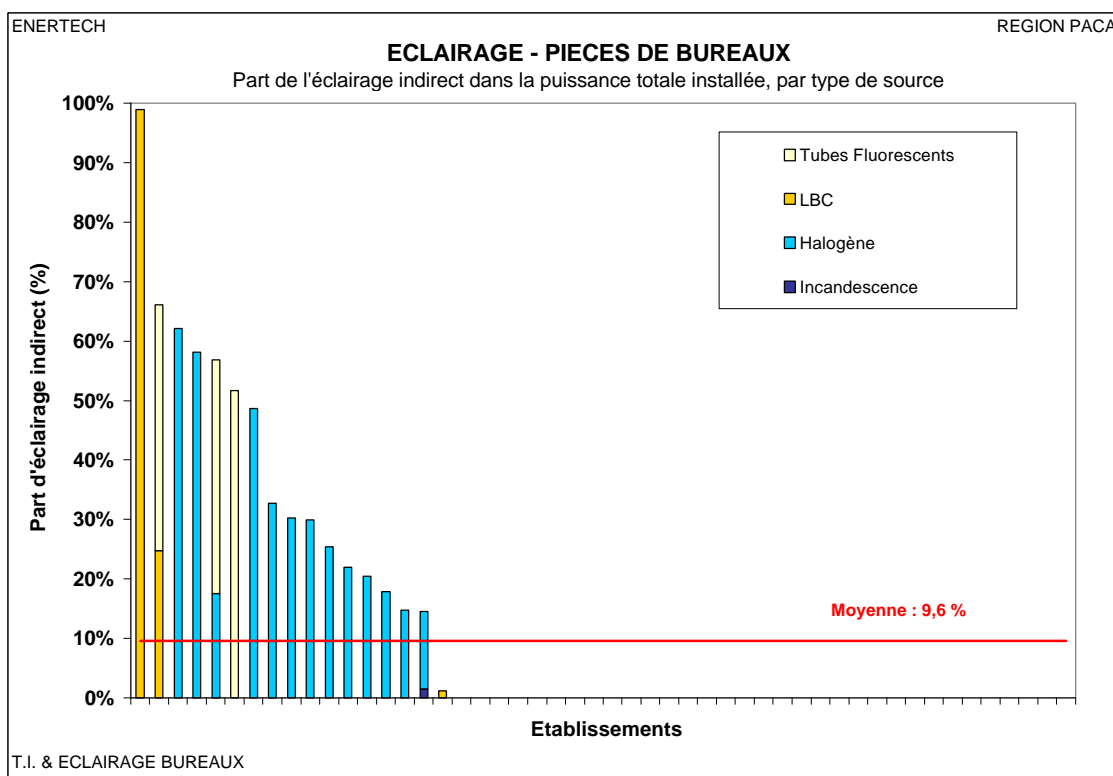


Figure A4.1 : part d'éclairage indirect dans la puissance installée, pour les pièces de bureaux des 50 établissements

13 établissements sur 50 utilisent des sources halogènes en éclairage indirect, et déjà 4 établissements utilisent des sources fluorescentes (tubes ou lampes basse consommation) pour de l'éclairage indirect.

Au niveau régional, la part de l'éclairage indirect dans la puissance totale installée dans les pièces de bureaux atteint presque 10%.

La figure A4.2 indique la part en puissance installée des différents types de source dans la puissance totale des luminaires indirects des bureaux en PACA.

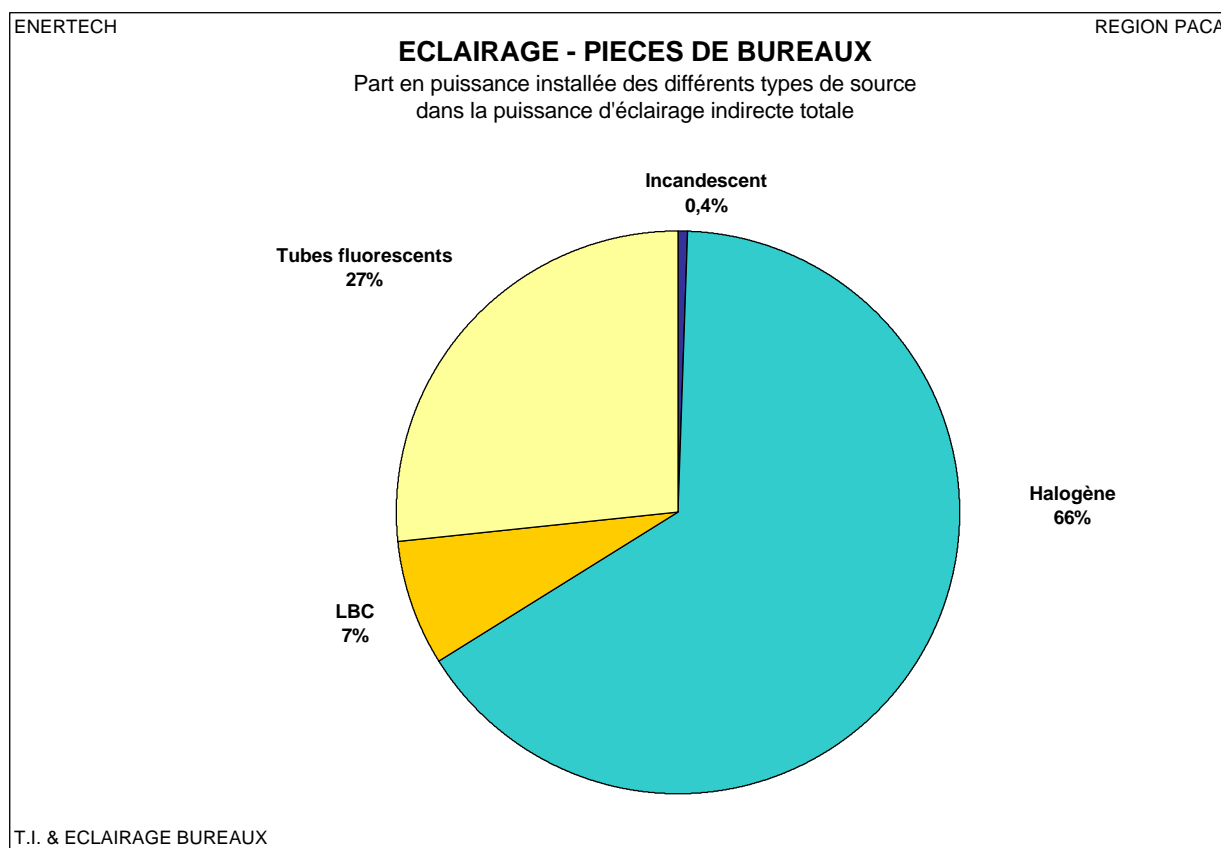


Figure A4.2 : part en puissance des différents types de source dans la puissance totale des luminaires indirects

2/3 de la puissance indirecte installée dans les pièces de bureaux est d'origine halogène. Mais presque un tiers de cette puissance est fournie par des sources fluorescentes à plus haut rendement.

La figure A4.3 précise la fraction de la puissance installée qui est indirecte, pour un type de source donnée, dans les pièces de bureaux.

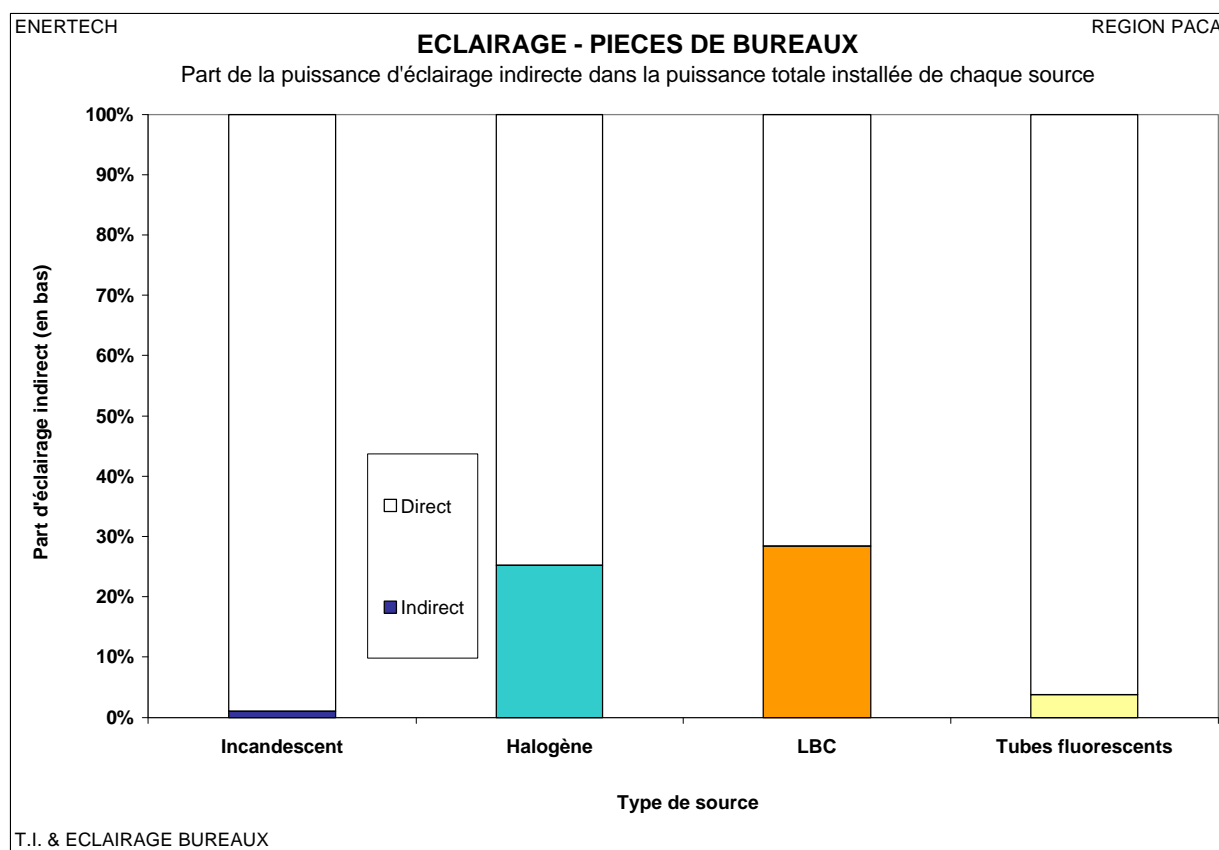


Figure A4.3 : part de l'éclairage direct et indirect pour chaque type de source, au niveau régional dans les pièces de bureaux

Il est notable que 28% de la puissance des lampes basse consommation installées sert à l'éclairage indirect. 25% de la puissance des luminaires halogènes installés dans les pièces de bureaux est utilisée pour de l'éclairage indirect. En revanche, seule 4% de la puissance des tubes fluorescents est utilisée en indirect.

Il semble que l'utilisation d'éclairage indirect fluorescent progresse rapidement dans les pièces de bureaux, en remplacement des vieux lampadaires halogènes. De nombreux types de luminaires indirects apparaissent sur le marché : tubes suspendus, lampadaires à lampes basse consommation (circulaires ou non)... L'efficacité lumineuse de ces luminaires indirects peut varier beaucoup suivant que la source est un tube fluorescent ou une lampe basse consommation, mais aussi suivant le design du luminaire lui-même. Ainsi on trouve des luminaires qui émettent une partie de leur lumière vers le plafond et une autre partie directement vers les postes de travail à l'aide de jours prévus à cet effet). On peut également noter que plus la source indirecte sera éloignée du plafond, plus l'efficacité lumineuse de l'ensemble sera élevée... Dans ce cas, l'efficacité lumineuse du luminaire pourra être légèrement accrue, mais sera toujours bien inférieure à celle d'un luminaire émettant uniquement de la lumière directe.

Ces considérations et d'autres devraient être prises en compte par les établissements qui comptent s'équiper prochainement de ce type de luminaires dans les pièces de bureaux pour un meilleur confort du personnel. Ces luminaires ne devraient pas être utilisés dans les autres types de pièce de l'établissement (circulations, toilettes, salles communes).

ANNEXE 5 : LES SURFACES VITREES DANS LES BUREAUX

Nous avons mesuré pour chaque pièce inventoriée la surface vitrée. Ceci nous a permis de déterminer pour les trois types de pièces de chaque établissement, le ratio moyen de la surface vitrée à la surface au sol. Ces données pourront être utiles pour estimer l'importance de l'éclairage naturel dans les pièces de bureaux.

On peut donc remarquer que :

- **dans les pièces de bureaux et les pièces communes**, au niveau régional le rapport moyen de la surface vitrée à la surface au sol est estimé à **29,5 %**. On peut noter que pour les établissements de Draguignan, ce ratio est égal à 21%, alors qu'il est égal à 32% pour les établissements de Sophia-Antipolis. Il est par ailleurs notable que seuls 6 % des pièces de bureaux inventoriées sont borgnes (aucune vitre ne donnant sur l'extérieur).
- **dans les circulations**, la surface vitrée représente seulement en moyenne **6,1%** de la surface au sol. C'est presque de 5 fois plus faible que dans les bureaux. Plus de 80 % des couloirs inventoriés sont en effet borgnes car situés au centre des bâtiments ;
- **dans les toilettes**, la surface vitrée ne représente que **1,9 %** de la surface au sol. Près de 87% des toilettes inventoriées sont borgnes;
- **dans l'ensemble d'un établissement**, si on estime que la surface des bureaux est répartie de la manière suivante :
 - ☞ pièces de bureaux et pièces communes : 75% de la surface au sol;
 - ☞ circulations : 20% de la surface au sol;
 - ☞ toilettes : 5% de la surface au sol;

on en déduit que **le ratio de la surface vitrée d'un établissement à sa surface au sol est égal à 23,5% pour les établissements de la région.**

Cette valeur est très élevée, et plutôt caractéristique de bâtiments récents (comme ceux de Sophia Antipolis qui ont un poids important dans l'échantillon). Le recours à de grandes surfaces vitrées invite néanmoins à réfléchir. Car si l'objectif initial des architectes est d'ouvrir les locaux sur l'extérieur, notamment pour que ceux-ci bénéficient d'éclairage naturel, l'observation du fonctionnement de ce type de bâtiment laisse un peu perplexe. D'abord, les occupants ne sont pas très satisfaits de la quantité d'éclairage naturel puisque ils occultent souvent les ouvrants et activent l'éclairage naturel qu'ils contrôlent mieux. Ensuite, ces surfaces vitrées obligent presque systématiquement à climatiser l'été. Enfin, elles augmentent de façon conséquente les consommations de chauffage puisque 10 m² de vitrage sont équivalents, du point de vue thermique, à 1 m² de mur.

PLAN ÉCO-ÉNERGIE

*J'y pense
J'y gagne !*

