

Commission des Communautés Européennes

Maîtrise de la demande d'Electricité

Campagne de mesures par usage dans 400 logements de la Communauté Européenne

Evaluation des gisements d'économie d'électricité

PROJET *EURECO*

PROGRAMME SAVE CONTRAT N° 4.1031/Z/98-267

Janvier 2002

Extrait Thématique L'éclairage

ADEME

500, route des Lucioles
06560 Valbonne - France
Tél : +33- 4.93.95.79.35

CCE

Estrada de Alfragide, Praceta 1
2720 Alfragide - Portugal
Tél : +351 1 472.28.00

CRES

19th km Marathon Avenue
19009 Pikermi - Grèce
Tél : +30 1 603.99.00

Odense Elforsyning Net A/S

Klosterbakken 12
5100 Odense C - Danemark
Tél : +45 66.14.88.14
sous traitant

Polytecnico di Milano

Piazza Leonardo da Vinci 32
20133 Milano - Italie
Tél : +39 02.23.99.38.70

Servizi Territorio

Via Garibaldi 21
20092 Cinisello Balsamo (MI) - Italie
Tél : +39 02.61.25.677

ENERTECH

Proposant principal
Chef de projet
26160 Félines/Rimandoule - France
Tél : +33- 4 75 90 18 54

Préambule de l'extrait thématique

Le présent document est un extrait du Rapport final du projet Eureco qui peut être consulté dans son intégralité sur le site <http://perso.club-internet.fr/sidler>.

Les différents extraits thématiques publiés sont :

- Le froid ménager
- Les appareils de lavage et de séchage
- L'éclairage
- L'audiovisuel et l'informatique
- Les veilles
- L'évaluation des gisements potentiels d'économie

Dans chaque extrait thématique on trouvera également les généralités (enjeux, objectifs, partenaires, méthodologie,...) du projet Eureco.

NB : la numérotation des pages de l'extrait thématique correspond à celle du document intégral.

TABLE DES MATIERES de l'extrait thématique

PREMIERE PARTIE : GENERALITES

1 - LES ENJEUX ET LES OBJECTIFS DU PROJET EURECO	7
1.1 Le contexte	7
1.2 Rappel des résultats du projet <i>Ecodrôme</i>	7
1.3 Les objectifs du projet <i>Euréco</i>	10
2 - LES PARTENAIRES	12
2.1 Les partenaires opérationnels	12
2.2 Les partenaires financiers	12
3 - METHODOLOGIE GENERALE ET MOYENS	13
3.1 Description de la méthode générale	13
3.1.1 Généralités	13
3.1.2 Caractéristiques générales des campagnes de mesure	13
3.2 Les moyens de mesure	15
3.2.1 Le système de mesure Diace	15
3.2.2 Le lampemètre	16
3.3 Le traitement des données	16
3.4 Description des échantillons	17
3.4.1 Répartition entre appartements et villas	17
3.4.2 Nombre d'habitants par logement	18
3.4.3 Taille des logements	18
3.4.4 Consommation annuelle d'électricité en 1999 (avant la campagne)	19
3.4.5 Type de tarification électrique	21
3.4.6 Type d'alimentation mono ou triphasée	21
3.4.7 Caractéristiques de la production d'eau chaude sanitaire	21

SECONDE PARTIE : RESULTATS DE LA CAMPAGNE DE MESURE

7 - L'ECLAIRAGE	110
7.1 Etude des caractéristiques de l'éclairage en place	110
7.1.1 Nombre de sources lumineuses par type	110
7.1.2 Nombre de sources lumineuses et de commandes par logement	112
7.1.3 Nombre de points lumineux par m ²	112
7.1.4 Répartition du nombre d'ampoules par pièce et par source lumineuse	115
7.2 Etude de la puissance d'éclairage installée	117
7.2.1 Puissance totale installée	117
7.2.2 Puissance installée par type de source lumineuse	119

7.2.2.1 Puissance installée totale par type de source lumineuse	119
7.2.2.2 Distribution de la part de puissance installée par type de source	119
7.2.3 Puissance installée par type de pièce	125
7.2.4 Répartition de la puissance installée par source et par pièce	125
7.2.5 Puissance installée par m ²	128
7.2.5.1 Puissance installée totale par m ²	128
7.2.5.2 Puissance installée par type de source et par m ²	128
7.2.6 Distribution de la puissance lumineuse unitaire par type de source	134
7.3 Consommations annualisées d'éclairage	139
7.3.1 Consommations annualisées par logement	139
7.3.2 Consommations annualisées par personne	141
7.3.3 Consommations annualisées par m ²	141
7.3.4 Consommations annualisées par type de pièce	144
7.4 Structure de la consommation annualisée d'éclairage	146
7.4.1 Structure de la consommation par type de pièce, vu du réseau	146
7.4.2 Structure de la consommation par type d'éclairage, vu du réseau	147
7.5 Courbe de charge horaire moyenne	148
7.5.1 Structure de la courbe de charge horaire en fonction du type de source lumineuse	148
7.5.2 Courbe de charge horaire par pièce	151
7.6 Durée de fonctionnement de l'éclairage	158
7.6.1 Durée annuelle par logement	158
7.6.2 Durée annuelle totale par type de source lumineuse	160
7.6.3 Durée annuelle par pièce, par luminaire et par type de source	161
7.6.4 Fréquences cumulées des durées d'allumage par pièce et par luminaire	165
7.7 Puissance appelée par l'éclairage	172
7.8 Part de la consommation d'éclairage pendant les heures de jour	175
7.9 Tableau récapitulatif des principaux résultats	177

Première partie : Généralités

CHAPITRE 1 : LES ENJEUX ET LES OBJECTIFS DU PROJET EURECO

1-1 LE CONTEXTE

Le champ d'investigation du projet *Euréco* est la maîtrise de la demande des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel. Ces usages occupent une part de plus en plus importante dans les bilans énergétiques des états de la communauté européenne, et leur impact en terme de nuisances environnementales (rejets de CO₂, déchets radioactifs), nécessite des actions rapides.

Il a été démontré depuis longtemps que l'on pouvait réduire les consommations d'électricité des ménages sans modifier le niveau de service rendu ni le confort. Une première démonstration avait été effectuée de 1995 à 1997 en France avec le projet *Ecodrôme* conduit par le cabinet SIDLER (devenu ENERTECH) et financé par la Communauté Européenne (contrat n° 4.1031/S/94-093) et l'ADEME (Agence Française de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie). Les résultats de ce projet avaient montré que l'on pouvait économiser 40 % des usages spécifiques de l'électricité des logements en utilisant des appareils performants. A l'échelle d'un logement, 1.200 kWh/an avait été économisés. En se risquant à des extrapolations nationales (françaises) et européennes à partir de cette valeur, on est conduit à des gisements d'économie de 26 TWh/an en France et de 180 TWh pour l'Europe, cette dernière valeur représentant la consommation annuelle totale d'électricité de l'Italie.

L'objectif assigné au projet *Euréco* est de vérifier si les conclusions d'*Ecodrôme* sont les mêmes dans les autres pays de la Communauté Européenne.

1-2 RAPPEL DES RESULTATS DU PROJET ECODROME

Le projet *Ecodrôme* (voir ref(1)) a cherché à évaluer le gisement d'économie uniquement à partir de campagnes de mesure, sans procéder à aucune évaluation théorique. Pour cela, on a instrumenté l'ensemble des usages spécifiques de l'électricité dans vingt logements, y compris les départs des circuits lumière. Cette première campagne de mesure a duré une année. Elle a permis de déterminer avec précision les caractéristiques de fonctionnement des différents types d'appareils en place, et notamment leur consommation annuelle. Elle a aussi permis de reconstituer la courbe de charge en précisant le poids de chacun des usages. La figure 1.1 représente la structure de la courbe de charge à 20h.

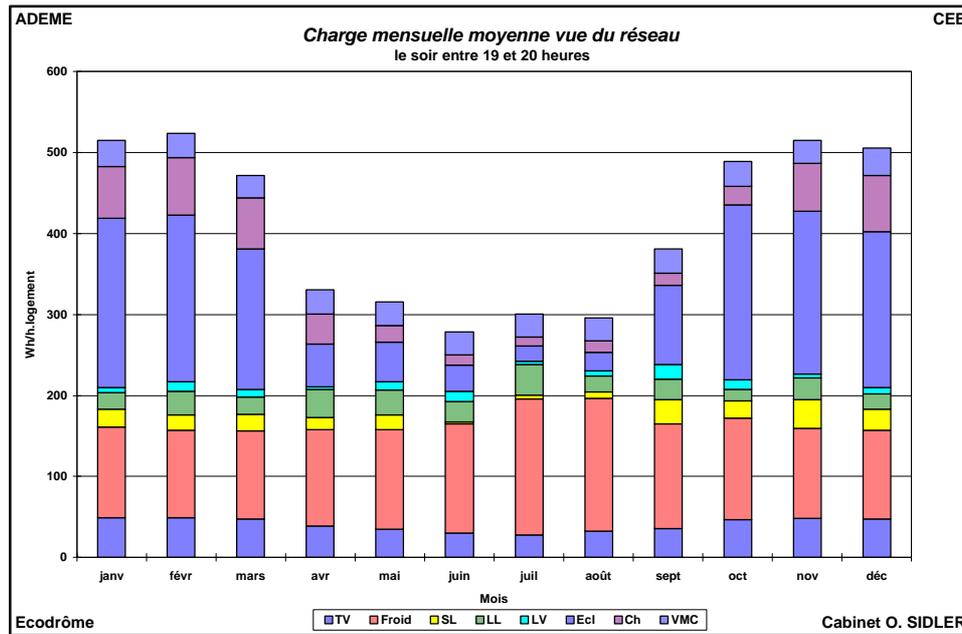


Figure 1.1 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 19 et 20 heures (projet Ecodrôme)

A la fin de cette première année, l'ensemble des appareils électriques en place a été remplacé par des appareils performants de classe énergétique A, l'éclairage a été assuré par des ampoules fluocompactes et le circulateur des chaudières a été asservi au thermostat d'ambiance. Les mesures ont été reconduites pour une seconde année. Les principaux résultats observés ont été les suivants :

- les appareils de production de froid ont permis de diviser par 3,2 les consommations de la première année. Par foyer l'économie moyenne mesurée a été de 723 kWh/an,
- les lampes basse consommation ont permis de diviser par 4,0 la consommation initiale du poste éclairage. En incluant les lampes sur prises de courant, les économies annuelles ont été de 340 kWh,
- pour les chaudières dont le circulateur a été asservi au thermostat d'ambiance, la consommation initiale d'électricité a été divisée par 3,6. Economie: 227 kWh/an,
- la consommation des lave-linge performants a permis de diviser par 1,39 la consommation initiale. Economie : 70 kWh/an/logement,
- division par 1,38 pour les sèche-linge, mais là il faut signaler que l'on avait couplé le changement des sèche-linge avec des lave-linge à essorage très rapide (1300 t/min),
- l'économie globale brute moyenne a été de **1192 kWh/an** soit un gain de 38,4 %. Il faut signaler que les veilles n'ont en général pas été supprimées la seconde année, ce qui accroît encore le gisement d'économie potentielle. Mais il est intéressant de noter que 85 % des économies ont été obtenues avec seulement trois dispositions : le changement des appareils de froid et des ampoules, l'asservissement du circulateur des chaudières au thermostat d'ambiance,
- la puissance appelée des usages spécifiques de l'électricité a été réduite en moyenne de 50% sur l'ensemble de l'année. La figure 1.2 représente la structure de la courbe de charge à l'heure de pointe du soir. Elle montre que toute l'année cette puissance a été divisée par un facteur 2. L'usage des appareils performants apparaît donc comme un excellent moyen d'agir sur la gestion des pointes à l'échelle d'un territoire, même de petite taille.

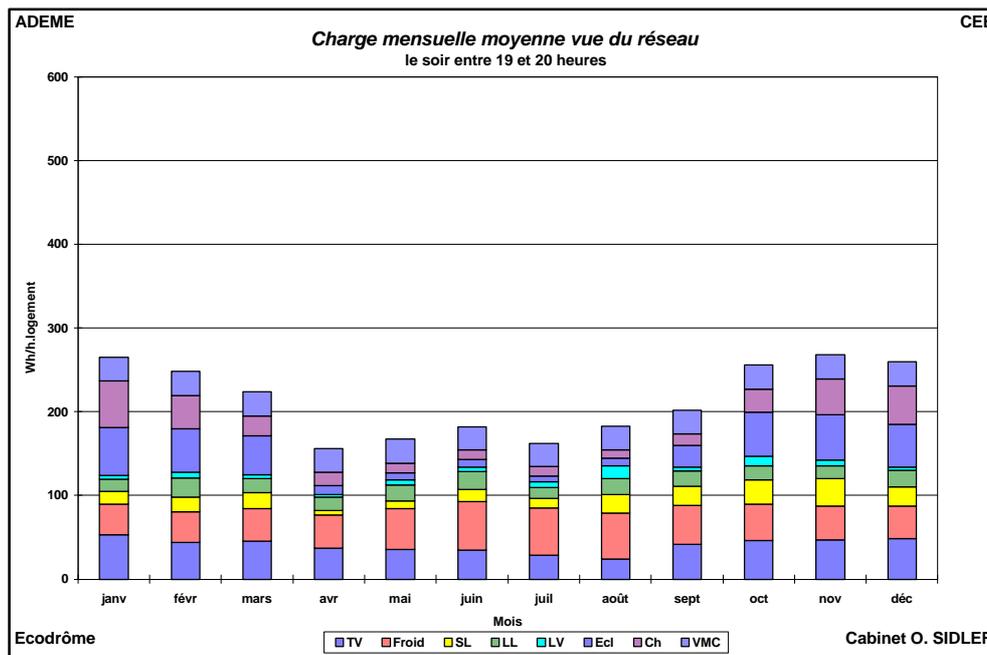


Figure 1.2 : charge mensuelle moyenne vue du réseau entre 19 et 20 heures avec appareils performants (projet Ecodrôme)

Le projet *Ecodrôme* faisait donc apparaître que la MDE des usages spécifiques de l'électricité dans le secteur résidentiel est à la fois un formidable gisement d'économie et un outil très efficace de gestion des pointes. Mais ces résultats étaient-ils utilisables dans les autres pays d'Europe ?

A l'échelle française, une seconde évaluation des gisements d'économie disponibles dans les logements par utilisation de matériels performants a été conduite récemment par ENERTECH (voir réf (2)) à Montreuil en proche banlieue parisienne. Cinquante logements ont été analysés mais de façon beaucoup plus légère, au moyen de la mesure des consommations des appareils de froid, des consommations de veille des appareils, et de la puissance absorbée par les différents régimes de fonctionnement des chaudières au gaz. Les gisements d'économie n'ont porté que sur les quatre dispositions suivantes les plus productives :

- remplacement de tous les appareils de froid par des appareils de classe A,
- remplacement de toutes les ampoules par des LBC,
- suppression de 90 % des veilles,
- asservissement des chaudières au thermostat d'ambiance.

L'économie par logement a été de 1334 kWh/an soit 43 % de la consommation des logements. La figure 1.3 compare les économies observées dans *Ecodrôme* et estimées dans le projet de Montreuil. Les résultats du projet *Ecodrôme* sont confirmés, mais la répartition des économies n'est pas tout à fait la même : le poste froid présente un gisement plus faible (ce qui peut s'expliquer par la transformation du parc entre 1996 (date du projet *Ecodrôme*) et 2000 (date du projet de Montreuil), transformation induite par la pénétration de l'étiquette énergie et de la réglementation sur la consommation des appareils), l'éclairage un gisement plus important. Mais il y a aussi l'apparition d'un gisement de veille qui n'existait pas dans le projet *Ecodrôme* et dont l'importance devrait être confirmée, notamment par le présent projet.

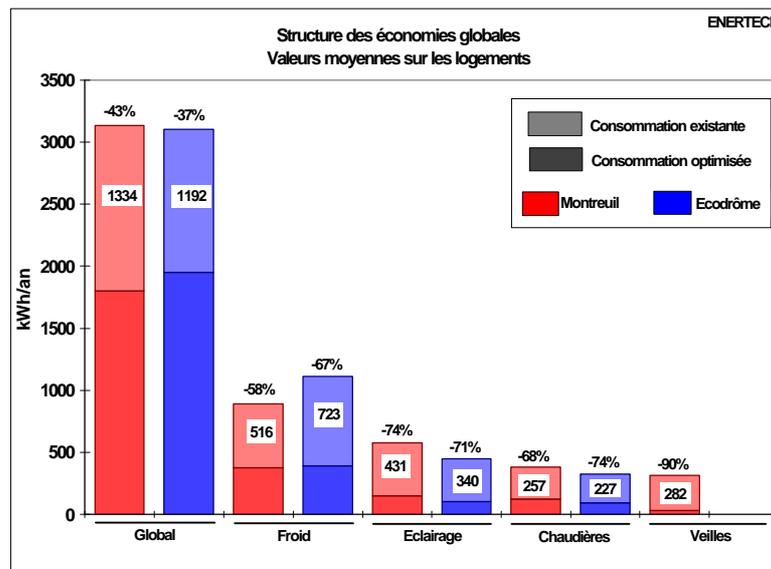


Figure 1.3 : comparaison des économies obtenues par utilisation d'appareils électroménagers performants dans le projet Ecodrôme et sur l'opération de Montreuil (France)

1-3 LES OBJECTIFS DU PROJET EURECO

L'objectif de cette étude est donc de confirmer les résultats acquis en France. Mais la méthode utilisée dans *Ecodrôme* était trop lourde, trop longue et trop coûteuse pour être reproduite dans plusieurs pays. Le projet *Euréco* doit mettre en oeuvre une méthodologie qui tienne compte de ces impératifs imposés par la Commission des Communautés Européennes.

La méthode adoptée (voir description au § 3.1) est basée sur une très grande campagne de mesure par usages dans quatre pays de la Communauté Européenne. Cette campagne a pour premier objectif de décrire très précisément l'état et la structure des consommations d'électricité à usage spécifique dans le secteur résidentiel de chacun des pays choisis. Ce premier objectif d'*Euréco* doit se concrétiser par la production d'informations de référence à l'échelle européenne qui permettront à toutes les équipes de chercheurs, à tous les organismes faisant de la modélisation et des prévisions de consommations, d'asseoir leurs travaux sur des bases saines et des données fiables. Il n'y a pas d'action pertinente qui puisse faire l'économie d'une analyse précise de la situation initiale. Le projet *Euréco* se donne pour première mission de décrire avec le plus de rigueur possible l'état des consommations électrodomestiques dans les pays ayant fait l'objet de suivi. L'approche descriptive est une des contributions les plus importantes de ce projet.

Le second objectif d'*Euréco* est de faire émerger certaines tendances nouvelles, ou certaines consommations encore mal appréhendées ou mal définies, qui pourraient présenter un enjeu important dans un futur proche. *Euréco* se veut être un guetteur susceptible d'évaluer et d'anticiper des tendances dominantes dans l'avenir.

Enfin, le troisième objectif d'*Euréco* est d'évaluer les gisements d'économie mobilisables dans les logements par substitution des appareils en place par des appareils

performants, et de confirmer les résultats d'*Ecodrôme*. Au-delà de cette confirmation, il serait intéressant également de pouvoir fournir quelques outils d'aide à la décision afin de mieux quantifier l'impact énergétique de telle ou telle mesure sur les gisements d'économie. A titre

d'exemple, combien d'ampoules faut-il changer dans un logement pour accéder à 80 % du gisement d'économie de l'éclairage ?

Parmi les usages électrodomestiques, les consommations de veille occupent une place un peu particulière parce qu'elles ne sont pas, à l'heure actuelle, génératrices d'un service rendu. Ces consommations apparaissent comme des consommations inutiles et probablement en grande partie évitables, généralement pour un coût relativement modeste. Cet aspect, qui n'avait pas du tout été abordé dans le projet *Ecodrôme* a paru essentiel, d'autant plus que le développement des consommations de veille semble exponentiel et que leur part dans la consommation électrique des ménages croît de façon inquiétante (en 2000, ENERTECH a mesuré une puissance de veille de 117 W dans un logement social, représentant 1.025 kWh/an). Les veilles ont donc fait l'objet d'une investigation lourde afin, là aussi, de définir avec le plus de précision possible la nature et l'ampleur des consommations induites. L'analyse du fonctionnement en veille des appareils en place a été conduite avec une grande finesse et il a même été créé une base de données spécifique contenant les caractéristiques en veille des principaux appareils. Cette base de données a fait l'objet d'une analyse détaillée pour les appareils européens présentant les niveaux de veille les plus importants. Elle complète, à l'échelle européenne, une première étude assez exhaustive conduite en France par le Cabinet SIDLER (voir réf (3)).

Enfin, le projet *Ecodrôme* avait suivi l'ensemble des circuits lumière à partir du tableau d'abonné mais n'avait pas pu suivre la consommation des lampes placées sur prises de courant. On ne disposait donc que d'une valeur partielle de la consommation d'éclairage, et on n'avait aucune indication sur la répartition de cette consommation entre les différentes pièces et les différents foyers lumineux des logements. Grâce au développement du lampemètre par ENERTECH, il a été possible dans le projet *Euréco* d'instrumenter de façon individuelle tous les foyers lumineux de chaque logement. Ceci a permis une approche très fine des consommations d'éclairage, et par voie de conséquence de l'analyse des solutions performantes. Il faut signaler que cet aspect métrologique est une innovation apportée en cours d'exécution puisqu'à l'origine l'éclairage devait être abordé dans *Euréco* comme dans *Ecodrôme*. L'analyse très détaillée qui en résulte (voir chapitre 7) ne pouvait donc figurer, à l'origine, dans les objectifs du projet, mais elle constitue aujourd'hui l'un des points les plus intéressants de la présente étude car elle est, à notre connaissance, la première approche exhaustive de l'analyse des consommations d'éclairage dans les logements en Europe et probablement au monde ■

CHAPITRE 2 : LES PARTENAIRES

2-1 LES PARTENAIRES OPERATIONNELS

Le projet *Euréco* a associé cinq pays : le Danemark, la Grèce, l'Italie, le Portugal et la France. Les campagnes de mesure se sont déroulées dans les quatre premiers, et la France a eu en charge, du fait de son expérience, le traitement des données.

Les équipes opérationnelles dans chaque pays étaient :

- Danemark : Odensee Elforsyning Net A/S représentée par Martin Thomsen et Birgitt Andersen. Cette équipe a eu en charge la totalité de l'instrumentation des logements,
- Grèce : le CRES a réuni le Dr Koras, G. Markogiannakis, C. Lerta, C. Dimosthenous qui ont assuré la conception et l'instrumentation en Grèce,
- Italie : l'équipe de Servizi Territorio autour de F. Agostinelli a assuré l'instrumentation avec la collaboration du Politecnico di Milano (Pr Pagliano, A. Pindar, F. Di Andréa, G. Ruggieri) qui a été également associé au traitement des données (chapitre 10),
- Portugal : l'AGEEN (anciennement CCE) avec N. Paiva, J. Matias, et P. Lima ont assuré l'instrumentation et une partie de l'analyse des données (questionnaires),
- France : l'équipe d'ENERTECH a mobilisé M. Dupret, J.P. Zimmermann, J. Lemoine, P. Fristot et O. Sidler pour assurer les missions de pilotage général, coordination, aide à l'instrumentation, traitement général et valorisation des données.

2-2 LES PARTENAIRES FINANCIERS

Ce projet n'aurait pu voir le jour s'il n'avait reçu l'assistance financière d'organismes ou la participation en autofinancement de sociétés qui ont pris une part active au projet :

- la Commission des Communautés Européennes,
- la société danoise Odensee Elforsyning Net A/S,
- l'Agence française de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME)
- le Ministère grec du Développement,
- le Ministero dell'Ambiente et le Comitato Nazionale per le Celebrazioni Voltiane,
- Electricité du Portugal (EDP) et ERSE (Entidade Reguladora do Sector Electrico).

CHAPITRE 3 : METHODOLOGIE GENERALE ET MOYENS

3-1 DESCRIPTION DE LA METHODE GENERALE

3.1.1 GENERALITES

L'évaluation des gisements d'économie ne pouvait pas être envisagée, comme dans le projet *Ecodrôme*, par substitution d'appareils performants aux appareils en place. Cette procédure idéale pour la qualité des résultats était trop coûteuse et trop longue à mettre en œuvre. La méthode adoptée s'appuie sur des campagnes de mesure visant à décrire le mieux possible le comportement des appareils existant, notamment leur consommation annuelle, puis par des algorithmes ou des simulations, à définir le niveau de consommation des appareils performants placés dans les mêmes conditions d'exploitation, et par déduction, le gisement d'économie potentiel.

La méthode est donc basée sur les principes suivants :

- choisir 4 pays qui, avec la France, permettront de donner une assez bonne représentation des différentes configurations européennes nationales : les pays choisis et participant avec la France à ce projet sont le Danemark, la Grèce, l'Italie et le Portugal. On peut regretter une insuffisance de représentation des pays du nord de l'Europe, mais il n'a pas été possible, pour différentes raisons, de s'associer à un partenaire anglais ou allemand,

- conduire dans chacun des quatre pays une campagne de mesure sur l'ensemble des appareils ménagers susceptibles d'être remplacés par des appareils plus performants, et dont le niveau de consommation annuelle est significatif,

- analyser les données obtenues et déterminer par simulation les gisements d'économie qui seraient acquis avec des matériels performants ou des pratiques différentes. Cette méthode est applicable à l'éclairage, à l'analyse des veilles,

- déterminer des règles, notamment pour les appareils de froid, qui permettent de déterminer, à partir des caractéristiques dimensionnelles et de fonctionnement des appareils existants, quelle serait la consommation des appareils de classe A placés dans les mêmes conditions.

3.1.2 CARACTERISTIQUES GENERALES DES CAMPAGNES DE MESURE

Dans chaque pays 100 logements ont été instrumentés. Le choix de ces logements n'a pas été fait pour avoir un échantillon représentatif de chacun des pays, mais plutôt pour disposer du grand nombre possible d'appareils à instrumenter afin d'avoir des bases de données les plus riches possibles pour chaque type d'appareils. Ce choix a conduit dans la pratique à placer les appareils de mesure dans des logements peu représentatifs à l'échelle nationale (voir détail dans le § 3.4).

La durée des campagnes de mesure a été de 1 mois dans chaque logement. Compte tenu du temps nécessaire à déplacer les mesureurs entre deux campagnes, cette durée devait

conduire à ce que l'on observe tous les types d'appareils pendant une année complète, ce qui était intéressant afin de disposer de l'influence de la saisonnalité. Le choix d'une durée d'un mois était un compromis : l'année complète aurait été idéale, mais trop chère et trop longue pour cette étude. Elle aurait aussi nécessité l'achat de 10 fois plus de mesureurs. En un mois, on peut s'affranchir, notamment pour le froid, des phénomènes perturbateurs localisés. L'équipe a donc jugé que cette période était un compromis acceptable.

Le pas de temps entre les mesures était de 10 minutes, ce qui fournit une finesse descriptive en général suffisante et limite la taille des bases de données.

Le choix des appareils suivis a également fait l'objet d'un compromis. Suivre tous les appareils sans distinction aurait coûté trop cher. Il fallait donc faire une sélection, compte tenu des objectifs assignés. Comme chaque pays ne disposait pas, pour des questions budgétaires, du même nombre de mesureurs, il a été décidé que l'instrumentation répondrait aux règles suivantes :

- liste des appareils à intrumenter obligatoirement (liste prioritaire) :
 - comptage général du logement,
 - tous les appareils de froid présents dans le logement, avec un mesureur pour chacun,
 - totalité des foyers d'éclairage (à raison d'un mesureur par point de commande),
 - sites audiovisuels. Le choix a été fait de ne pas chercher à suivre individuellement les différents appareils des sites audiovisuels, mais de donner une image globale du fonctionnement de ceux-ci. Les sites audiovisuels regroupent les TV, magnétoscopes, décodeurs, démodulateurs, chaînes HiFi et éventuellement antenne individuelle, etc.
 - le lave-linge.

Une sonde de température d'air ambiant devait obligatoirement être placée dans la pièce où se trouvait l'appareil de froid. Sa pose devait se faire de façon à n'être influencée par aucune source de chaleur extérieure (ni le condenseur de l'appareil, ni l'ensoleillement, ni un mur extérieur, etc). Dans la pratique, la qualité de cette mesure a parfois posé des problèmes.

La mesure ponctuelle des puissances de veille (par wattmètre portatif) de tous les appareils présents dans le logement devait être faite par les opérateurs.

- liste secondaire (à utiliser en fonction du nombre d'appareils de mesure disponibles) :
 - pompe de circulation des chaudières,
 - site informatique. Comme pour le site audiovisuel, on a fait le choix de suivre la totalité du site informatique plutôt que d'instrumenter individuellement les matériels. Ceci est essentiellement dû à une question budgétaire. Le site informatique inclut l'unité centrale, l'écran et l'ensemble des périphériques,
 - le lave-vaisselle.

Par ailleurs, et bien qu'*Euréco* ait pour objectif d'étudier uniquement la consommation des usages spécifiques de l'électricité, il a été accepté, à la demande de certains partenaires, de suivre des usages thermiques comme les chauffe-eau et les climatiseurs. Ces matériels ont fait l'objet d'une analyse des données qui figure au chapitre 10.

Enfin, chaque partenaires pouvaient, en fonction des mesureurs encore disponibles après avoir respecté les éléments de ces deux listes, instrumenter librement d'autres appareils.

Dans chaque logement, les opérateurs devaient remplir un questionnaire portant sur l'ensemble des appareils électriques présents ainsi que sur leurs principales caractéristiques

(volume des appareils de froid, etc.). Un second questionnaire spécifique pour l'éclairage permettait de connaître avec précision l'ensemble des spécifications propres aux foyers lumineux présents dans chaque pièce (nature du foyer, puissance installée, nombre d'ampoules, etc.).

Chaque pays disposait d'un ensemble de dix systèmes de mesure permettant de suivre mensuellement 10 logements, ainsi que d'une station de collecte des données recevant chaque nuit les mesures effectuées la veille dans chaque logement (voir § suivant).

3-2 LES MOYENS DE MESURE

Pour résumer, l'ensemble des mesures mises en place porte sur :

- un comptage annuel général d'électricité aux bornes du logement,
- des mesures et comptages individuels d'électricité sur tous les appareils à suivre, au moyen du système Diace,
- le relevé des températures ambiantes dans les logements, toujours au moyen du système Diace,
- un dispositif spécial baptisé « lampemètre » pour le comptage individuel de chacun des foyers lumineux.

3.2.1 LE SYSTEME DE MESURE DIACE

Le système de mesures DIACE permet à la fois des mesures d'énergie (ou de température) et un transfert des données depuis les points de mesure jusqu'à un collecteur grâce à l'usage des courants porteurs. Ce collecteur est associé à un modem lui permettant chaque nuit de vider sa mémoire vers une station de saisie regroupant les données des différents sites expérimentaux. Ces sites étaient gérés par les équipes nationales. Le transfert depuis chaque pays vers la société Enertech en France où étaient traitées les données s'effectuait de façon hebdomadaire par Internet.

Ce dispositif est intéressant pour au moins trois raisons :

- la pose des appareils de mesures dans les logements est simple, discrète, et ne nécessite aucun fil de liaison qui aurait pu gêner les occupants,
- la collecte des données est entièrement automatique depuis les prises de mesures jusqu'à l'ordinateur. Un contrôle quotidien du bon déroulement reste nécessaire,
- il effectue non seulement la mesure de la consommation d'énergie, mais aussi celle de la puissance appelée et peut également transmettre, avec d'autres types de capteurs, des mesures de températures,

Les caractéristiques des différents composants sont les suivantes :

- **boîtiers de mesure** : leurs dimensions sont 11 x 4,5 x 7,0 (cm). Ils sont placés dans les logements entre l'alimentation du secteur et l'appareil que l'on désire suivre. Ces boîtiers assurent deux types de mesures :

* l'énergie - Elle est mesurée avec une précision de l'ordre de 2%. Mais l'appareil est limité en valeur inférieure à des puissances d'environ à 3 W. On doit considérer qu'en dessous de ce niveau de puissance le compteur d'énergie n'est pas incrémenté.

* la puissance - Elle est déterminée par la mesure sur dix secondes de la consommation d'énergie exprimée en watt. Cette valeur est mémorisée et remise à jour toutes les dix secondes. La précision est de +/- 5%.

- **sondes de température** : elles comprennent un capteur et un boîtier. Plage de mesure de -30 à +50°C avec résolution de 0,1°C. Erreur maximum de +/-0,3°C entre +15°C et +25°C. Le boîtier permet, par liaison DIN, de reprendre l'information du capteur et, à partir de son alimentation électrique, de communiquer par courants porteurs avec le concentrateur.

- le **concentrateur** : ses dimensions sont 19 x 12 x 4,5 (cm). Egalement placé dans le logement, à proximité du téléphone. Sa fonction est double. Toutes les dix minutes il interroge par courants porteurs chacune des prises compteuses placées sous son contrôle. Il regroupe ainsi toutes les données qu'il envoie ensuite pendant la nuit, via un modem, vers la station de saisie.

- la **station de saisie et l'ordinateur**. Placés à l'autre extrémité de la chaîne de mesures, ils permettent l'acquisition et le traitement quotidien des données.

Les mesures de tous les types (énergie, puissance, tension, température) sont effectuées toutes dix minutes rigoureusement au même instant, ce qui permet des analyses précises et cohérentes. Elles sont toutes transmises par courants porteurs. Les fichiers quotidiens regroupent toutes les dix minutes l'ensemble des mesures effectuées (énergie ou température).

3.2.2 LE LAMPEMETRE

Ce dispositif récemment développé par Enertech a permis une mesure de chacun des foyers lumineux de façon individuelle, plutôt qu'une mesure globale au tableau d'abonné.

Il s'agit d'un enregistreur autonome qui mémorise la durée de fonctionnement d'un point d'éclairage par périodes réglables de 1 minute à 1 h (dans le projet **Euréco** une période de 10 minutes a été choisie). Il mémorise également l'état (allumé ou éteint) de ce point lumineux à la fin de chaque période de mesure ainsi que le nombre total d'allumages effectués pendant la totalité de la période d'observation. Il comprend :

- un micro-contrôleur à très faible consommation électrique,
- une mémoire non volatile de forte capacité,
- une pile au lithium standard,
- un indicateur d'état de fonctionnement de l'appareil,
- échantillonnage à 1 % de la période de mesure (le lampemètre mémorise le pourcentage de durée d'allumage de la lampe avec une précision de 1 %),
- mesure du nombre total d'allumages et de la durée moyenne d'allumage.

3-3 LE TRAITEMENT DES DONNEES

Les données brutes une fois reçues par Enertech étaient alors passées au crible d'outils destinés à vérifier la cohérence des enregistrements transmis, retirer les codes d'erreur, éliminer les données incohérentes inévitables sur les opérations de terrain, notamment en secteur domestique. Elles étaient ensuite introduites en base de données. Ce travail de filtrage et de préparation est un travail très long et très minutieux. Mais il est nécessaire afin d'être certain que les données utilisées sont de bonne qualité, et surtout fiables. Le parti adopté a été d'éliminer de la base de données toute information peu fiable ou suspecte. Ceci explique pourquoi, sur les différents graphiques présentés dans ce rapport, le nombre d'éléments des échantillons ne sont jamais les mêmes : seule une partie des mesures a été utilisées dans chaque

cas. Par exemple les logements dont le comptage général a paru douteux (parce que la somme des consommations des usages était supérieure à l'index du comptage général) ont été éliminés de l'analyse sur la consommation générale. Mais ces logements ont été conservés lors de l'analyse des appareils domestiques.

Au total environ 30 millions de mesures d'énergie et 21 millions de mesures d'éclairage ont été collectées. Elles ont été placées dans deux bases de données distinctes, mais on a extrait de la base de données éclairage la somme, toutes les dix minutes, de la consommation de tous les foyers lumineux de chaque logement que l'on a réintroduit dans la base de données générales. Ceci a permis de faciliter les analyses, et notamment de fournir une approche très détaillée sur l'éclairage (voir chapitre 7).

Concernant le calcul des consommations, les appareils ont été caractérisés par leur consommation « annualisée » obtenue à partir de leur consommation sur la période d'observation annualisée au prorata de la durée de cette période. La caractérisation des matériels d'un même type a été obtenue en effectuant la moyenne des consommations des appareils du type observés au cours de l'année. En effet, on a admis que l'impact de la saisonnalité était pris en compte par la présence en chaque mois de l'année d'appareils du même type, en nombre sensiblement identiques.

3-4 DESCRIPTION DES ECHANTILLONS

3.4.1 REPARTITION ENTRE APPARTEMENTS ET VILLAS

La figure 3.1 représente la répartition entre appartements et villas dans les échantillons des 4 pays.

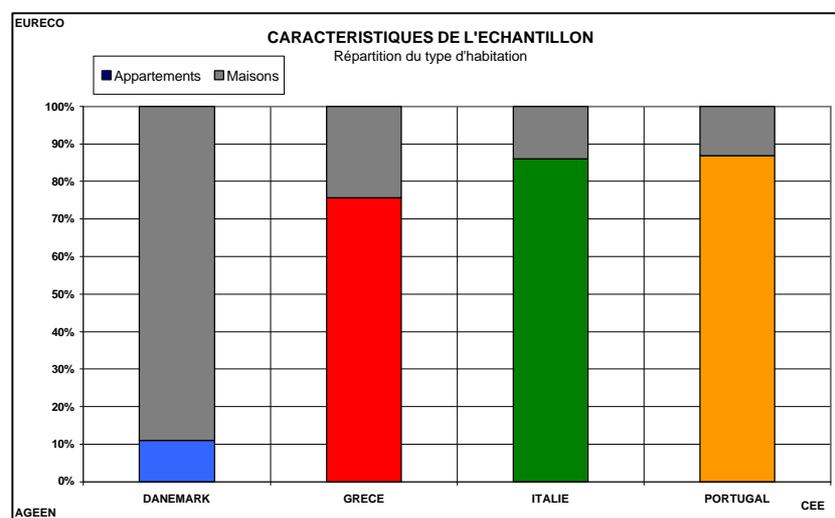


Figure 3.1 : répartition entre villas et appartements dans les échantillons

Hormis le Danemark pour lequel 90 % des logements sont des villas, l'essentiel des panels observés dans les autres pays est constitué d'appartements (entre 75 et 85 %). La situation du Danemark est un peu particulière car toutes les mesures ont été effectuées dans la seule ville d'Odensee puisque l'opérateur de notre équipe (Odensee Elforsyning Net) est le distributeur local d'électricité. En Italie la structure du parc comporte 72 % d'appartements (contre 86 % dans notre échantillon) alors qu'au Portugal le parc ne comporte que 44 %

d'appartements (contre 87 % dans notre échantillon). La sur-représentativité des appartements traduit le fait que l'essentiel des campagnes de mesure a été conduit dans les villes.

3.4.2 NOMBRE D'HABITANTS PAR LOGEMENT

La figure 3.2 fournit la distribution du nombre de personnes par logement dans les 4 échantillons. Entre 74 % (Grèce) et 86 % (Italie) des logements ont de 2 à 4 occupants.

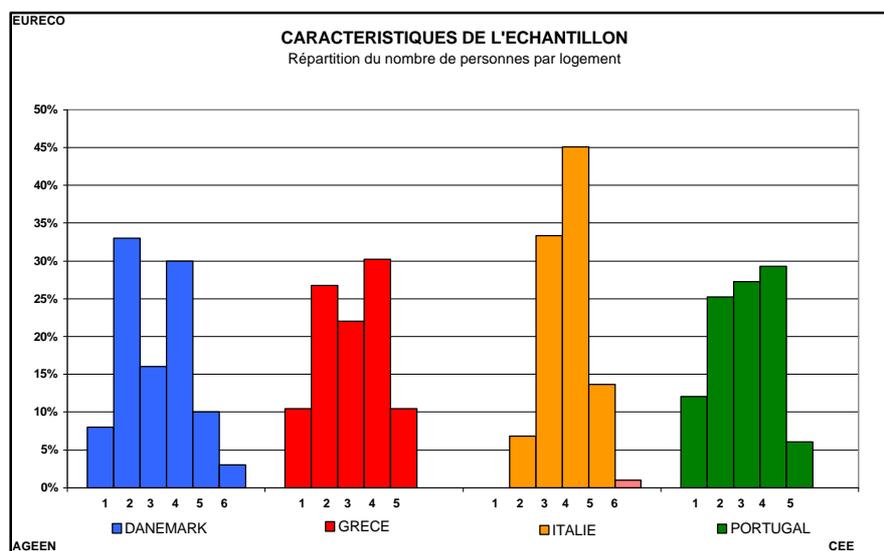


Figure 3.2 : distribution du nombre de personnes par logement dans les échantillons

Le tableau de la figure 3.3 indique le nombre exact de logements dans chaque échantillon ainsi que la valeur moyenne du nombre de personnes par logement dans l'échantillon et en moyenne dans chaque pays (statistiques nationales).

Pays	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	Moyenne
Nombre de logements suivis	100	96	102	99	99,25
Nombre de personnes/logement dans l'échantillon	3,10	3,04	3,69	2,92	3,19
Nombre de personnes/logement dans le pays	2,24	3,21	2,70	2,05	2,55

Figure 3.3 : comparaison des densités de population par logement dans l'échantillon et dans chaque pays

On observe que, hormis en Grèce, le nombre d'occupants par logement est toujours supérieur dans nos échantillons aux moyennes nationales. Ceci trouve sa légitimité dans le fait que nous avons recherché des logements comprenant le plus d'appareils possibles, donc plutôt des logements grands et fortement occupés.

3.4.3 TAILLE DES LOGEMENTS

La figure 3.4 représente la distribution des surfaces des logements de chaque pays.

Le tableau de la figure 3.5 indique la surface moyenne des logements de chaque échantillon :

Pays	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	Moyenne
Surface moyenne des logements dans l'échantillon	134,1	113,1	107,6	116,6	117,9

en m²

Figure 3.5 : surface moyenne des logements de chaque échantillon

3.4.4 CONSOMMATION ANNUELLE D'ELECTRICITE EN 1999 (AVANT LA CAMPAGNE)

La figure 3.6 représente la distribution des consommations d'électricité, pour l'année 1999 (il s'agit de l'année précédant la campagne de mesure), pour l'ensemble des logements instrumentés, à l'exception du Portugal (données non disponibles).

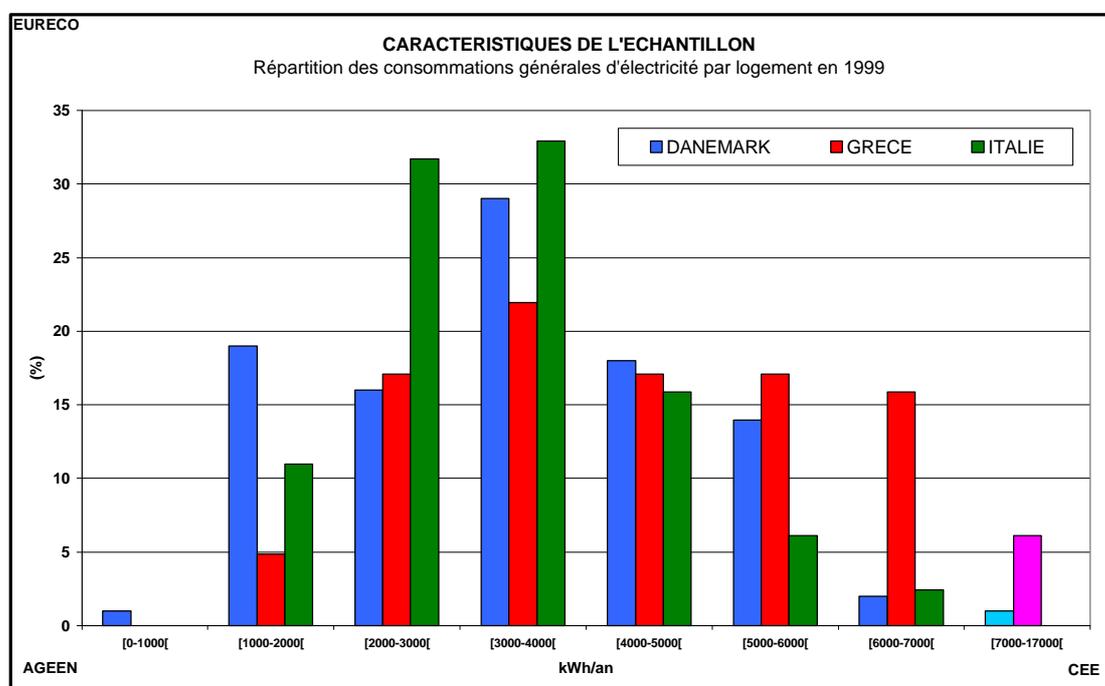


Figure 3.6 : distribution des consommations d'électricité des logements de chaque échantillon pour l'année 1999 (précédent la campagne de mesure)

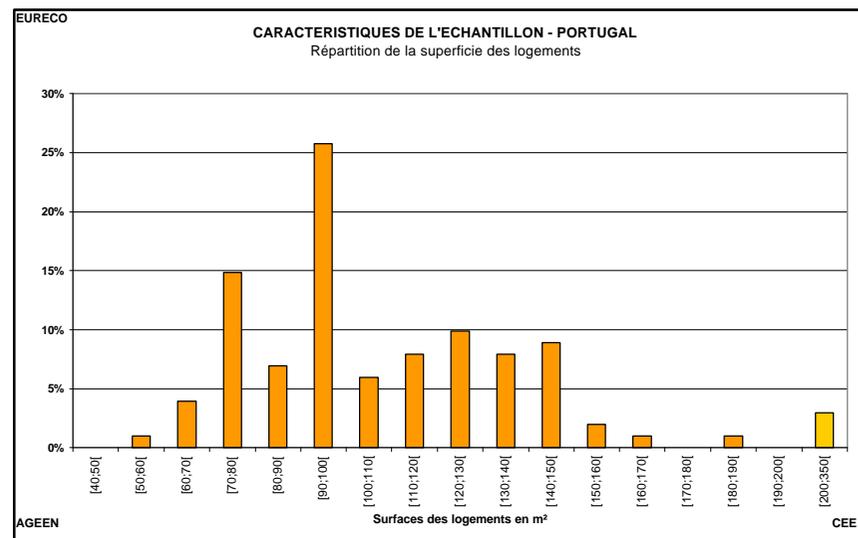
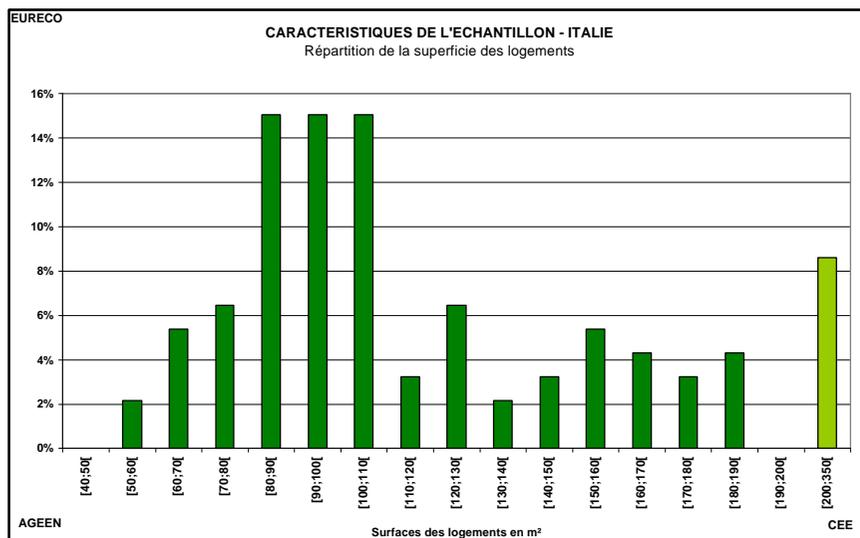
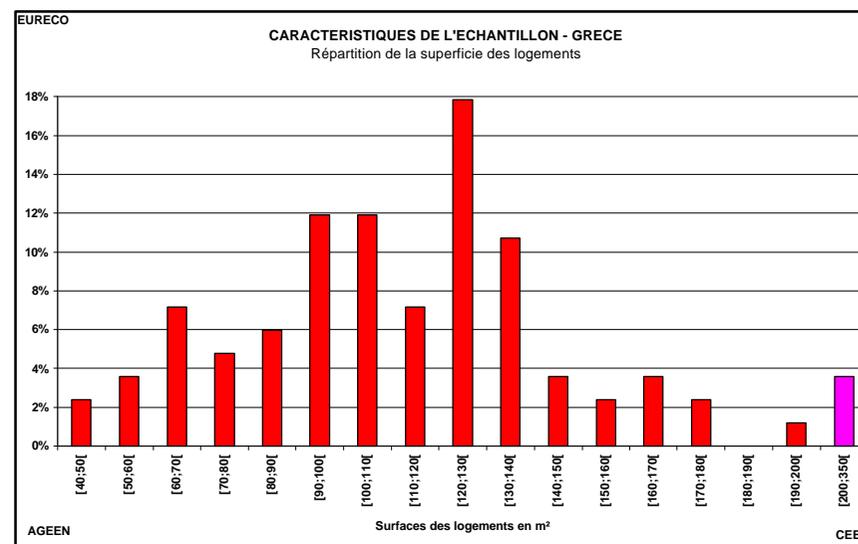
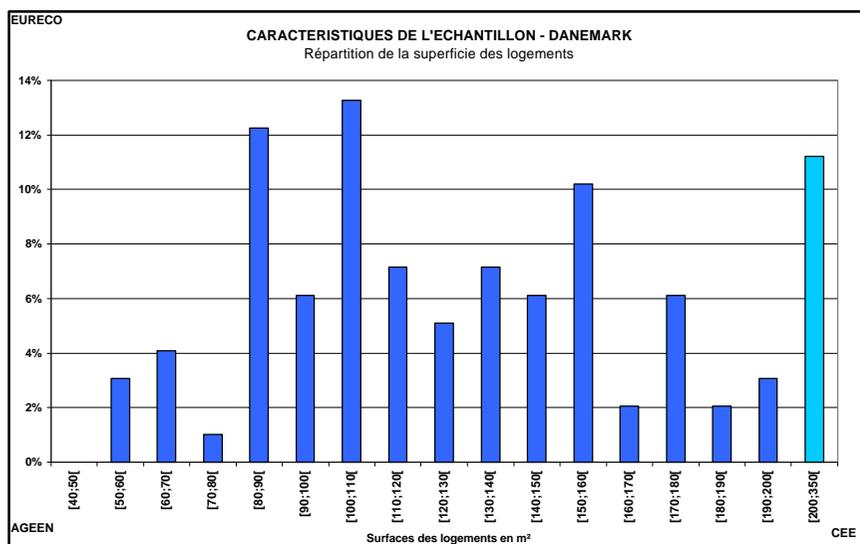


Figure 3.4 : distribution des logements en fonction de leur surface

On observe que pour tous les pays la classe dominante est la classe 3000-4000 kWh/an, ce qui confirme le caractère supérieur à la moyenne des logements choisis. On note aussi que les distributions du Danemark et de l'Italie sont sensiblement symétriques par rapport à la classe dominante, alors que pour la Grèce, il existe une sur-représentativité des classes les plus élevées alors même que le taux d'occupation est inférieur à celui de la moyenne nationale. L'explication tient en ce qu'en Grèce la plupart des chauffe-eau de l'échantillon sont électriques, même si nombre d'entre eux sont aussi solaires.

3.4.5 TYPE DE TARIFICATION ELECTRIQUE

Au Danemark et en Italie, la totalité des logements suivis bénéficiaient d'un abonnement électrique simple tarif, contre 62 % en Grèce et 66 % au Portugal.

3.4.6 TYPE D'ALIMENTATION MONO OU TRIPHASEE

La totalité des logements instrumentés au Danemark étaient en triphasé, contre 42 % en Grèce, 1 % en Italie et 28 % au Portugal.

3.4.7 CARACTERISTIQUES DE LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE

La nature de la production d'eau chaude sanitaire est importante car dans un certain nombre de pays cette production est en partie électrique, si bien que l'analyse des consommations des usages spécifiques de l'électricité peut présenter quelques difficultés.

La figure 3.7 fournit la répartition des sources d'énergie destinées à la production ecs.

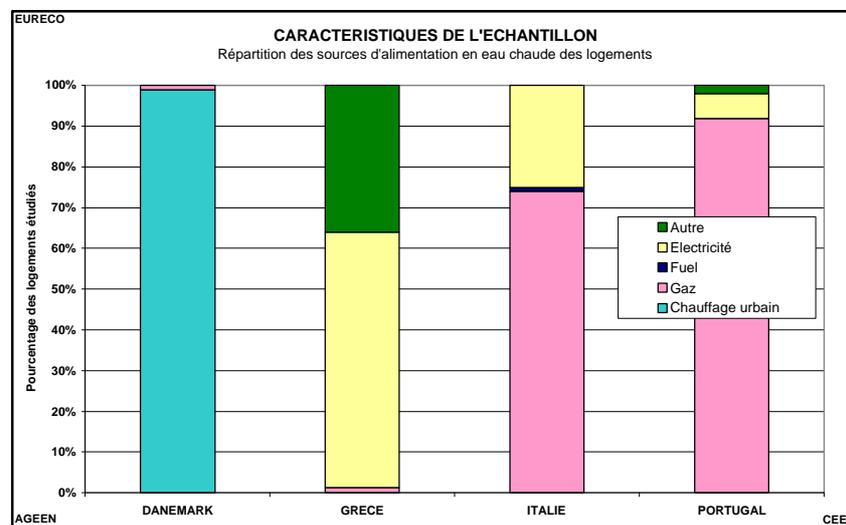


Figure 3.7 : répartition des sources d'énergie destinées à la production ecs

On observe quelques particularités de chaque échantillon :

- au Danemark la quasi totalité de la production ecs est assurée par le chauffage urbain,
- en Grèce, 63 % des logements font appel à l'électricité contre 25 % en Italie et seulement 6 % dans l'échantillon portugais.

Les figures 3.8 à 3.10 décrivent les caractéristiques du volume du ballon d'ecs. On observe des disparités importantes d'un échantillon à l'autre (de 67 l à 178 l pour le volume moyen des ballons, ou de 27 à 67 l/personne selon les pays).

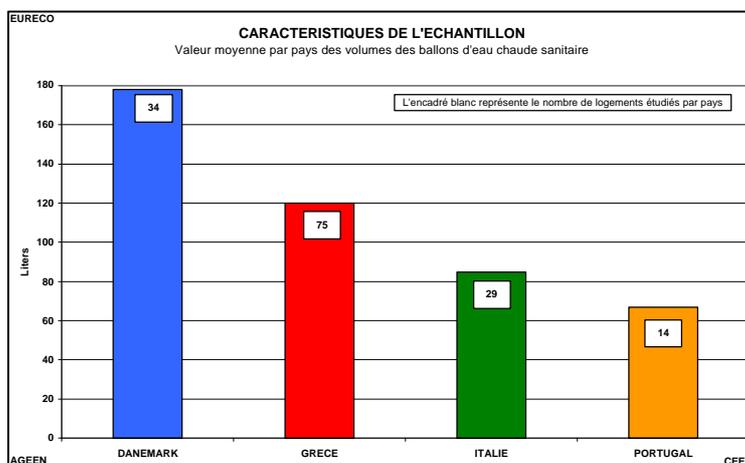


Figure 3.8 : volume moyen du ballon ecs par pays

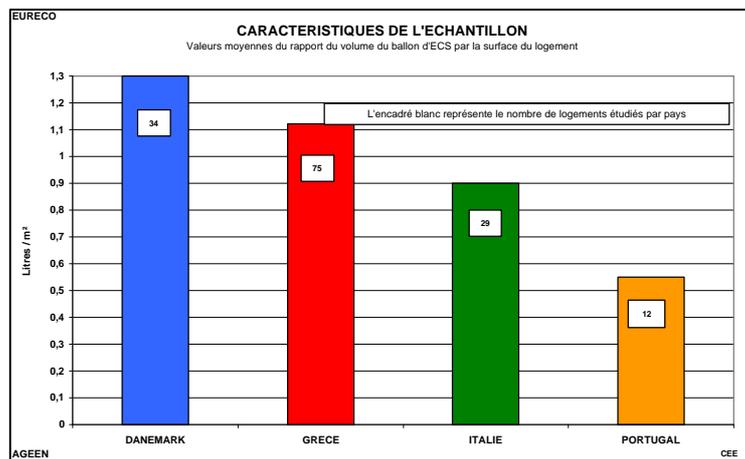


Figure 3.9 : volume moyen du ballon ecs par m² et par pays

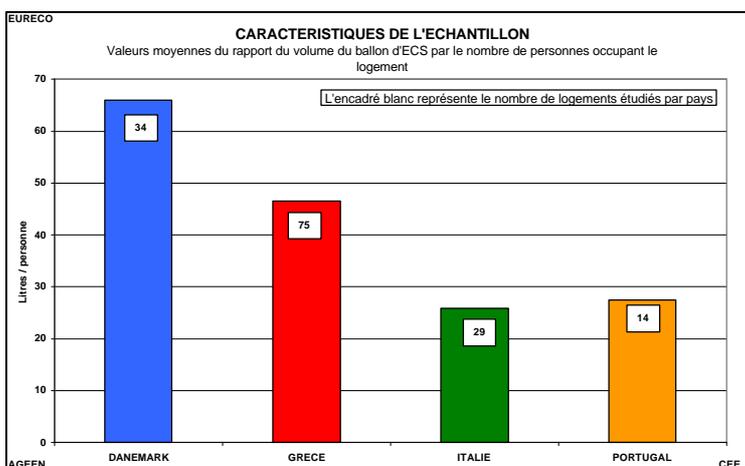


Figure 3.10 : volume moyen du ballon ecs par personne et par pays

CHAPITRE 7 : L'ECLAIRAGE

L'analyse qui suit a pu être réalisée grâce à l'utilisation d'un mesureur individuel associé à chaque point de commande d'éclairage. Ce mesureur, doté d'un capteur optique (voir description au § 3.2.2), enregistre, par pas de temps de dix minutes, la durée de fonctionnement de l'ensemble des points lumineux asservis à la même commande. Il suffit donc de relever la puissance installée pour chaque ensemble de points lumineux pour connaître la consommation d'énergie associée aux durées de fonctionnement mesurées. Ce type de dispositif ne convient évidemment pas pour les éclairages dotés de gradateur (comme les halogènes) qui ont été, eux, mesurés par une prise Diace traditionnelle.

En principe tous les foyers lumineux devaient être suivis lors des campagnes de mesure. Lorsque cela n'a pas été le cas, nous avons éliminé les logements de l'échantillon. Toutefois, dans le cas du Portugal, il n'a pas été possible d'éliminer tous les logements pour lesquels un doute subsistait. Nous recommandons une certaine prudence dans l'interprétation des résultats trouvés pour ce pays. Pour des raisons matérielles diverses il n'a en effet pas été possible d'avoir confirmation que tous les foyers lumineux avaient été suivis, si bien qu'un doute subsiste et que les valeurs trouvées doivent être considérées comme plutôt minorantes des valeurs réelles.

Rappelons qu'un questionnaire permettait également d'avoir une identification par type de source et par pièce de la puissance lumineuse installée.

Remarque : dans ce qui suit on utilisera indistinctement les abréviations de CFL, LFC, LBC pour désigner les lampes fluocompactes aussi dites à basse consommation.

7-1 ETUDE DES CARACTERISTIQUES DE L'ECLAIRAGE EN PLACE

7.1.1 NOMBRE DE SOURCES LUMINEUSES PAR TYPE

Par source lumineuse il faut entendre toute ampoule, tube fluo, lampe basse consommation, ou projecteur halogène. Si un luminaire comporte plusieurs sources, chacune d'entre elles est prise en compte dans les bilans qui suivent.

Le nombre total de sources lumineuses, tous types confondus, est de 23,7 au Danemark, 10,4 en Grèce, 14,0 en Italie, et 6,9 au Portugal.

La figure 7.1 fournit pour chaque échantillon le nombre moyen de sources lumineuses de chaque type par logement.

La part des lampes à incandescence varie de 57 % (Danemark) à 82 % (Italie). Mais la surprise vient plutôt de la part des LBC (lampes fluocompactes) qui vaut 18,8 % dans l'échantillon Portugais, 16,2 % en Italie, 14,8 % au Danemark et 5,8 % en Grèce. Les valeurs trouvées sont très élevées. Le choix non représentatif de l'échantillon est une volonté dont nous nous sommes expliqués (voir § 3.4), mais il est probable que ce choix a, pour certains pays, probablement un peu déformé la composition de certains parcs d'équipement, notamment concernant l'éclairage.

On relèvera aussi la part assez importante des halogènes au Danemark (19,4 %), mais également des tubes fluorescents au Danemark (8,4 %) et surtout au Portugal (14,5 %).

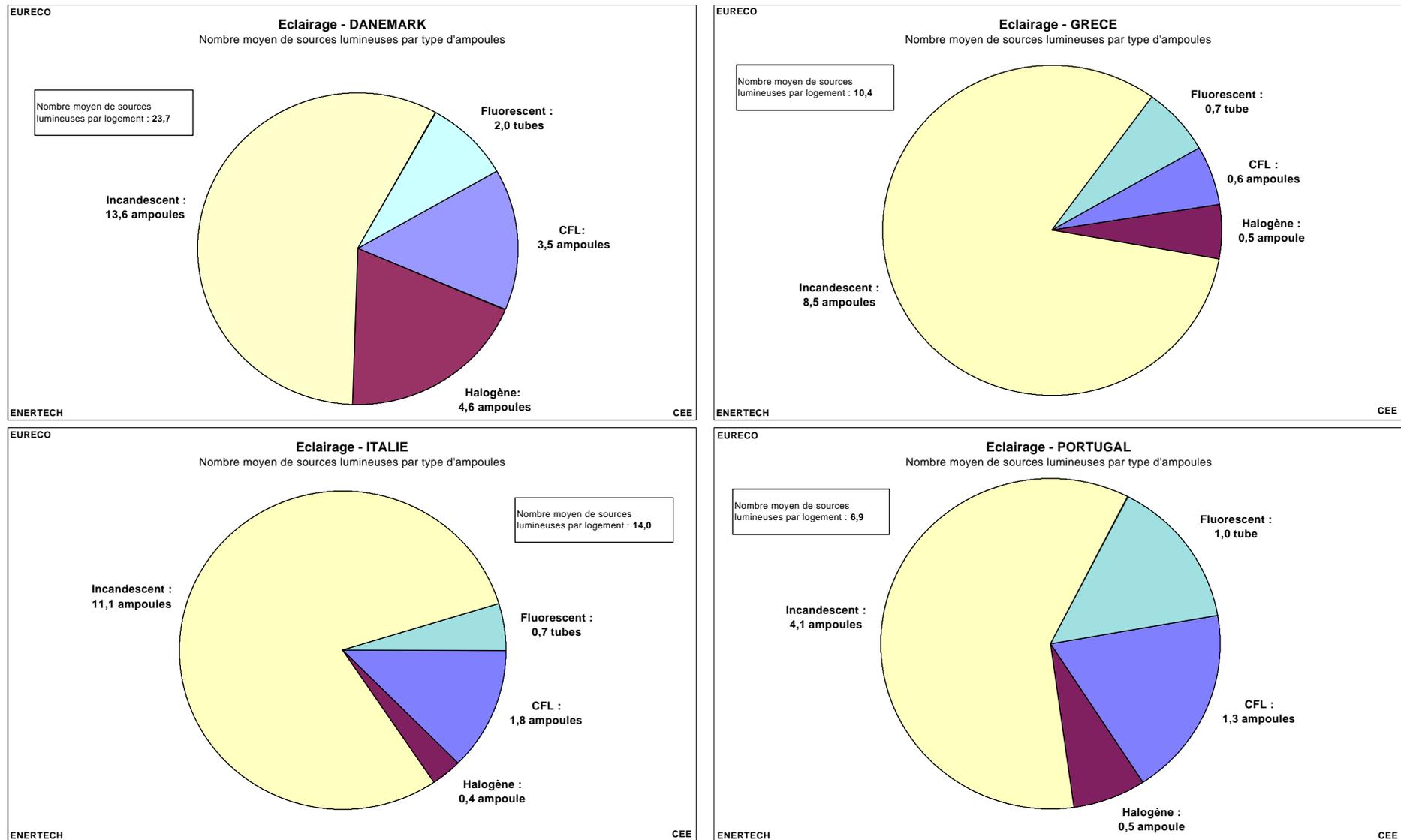


Figure 7.1 : nombre de sources lumineuses par type

7.1.2 NOMBRE DE SOURCES LUMINEUSES ET DE COMMANDES PAR LOGEMENT

La figure 7.3 fournit pour chaque échantillon le nombre moyen de sources lumineuses et le nombre moyen de commandes (un seul interrupteur est compté en cas de va-et-vient) par type de pièce.

En Italie, Grèce et Portugal c'est toujours dans le séjour/salle à manger qu'il y a le plus de sources : entre 5,5 et 6,0 par pays en moyenne, avec entre 2,5 et 3,0 points de commande. Au Danemark c'est dans la cuisine avec 5,8 sources associées à 2,3 commandes.

La chambre à coucher vient en second au Danemark et en Italie (alors qu'elle n'est qu'en troisième place au Portugal et en quatrième place en Grèce). Parmi les locaux richement dotés en points lumineux on trouve le hall d'entrée en Grèce et en Italie (respectivement 5 et 4 sources de lumière), la cuisine en Italie et au Portugal (et bien sûr au Danemark, mais pas en Grèce où c'est le lieu le moins pourvu de points lumineux).

Le plus grand nombre de points de commande se trouve dans les chambres à coucher en Italie et au Danemark (3,5 dans les deux cas).

7.1.3 NOMBRE DE SOURCES LUMINEUSES PAR M²

La figure 7.4 fournit la distribution du nombre d'ampoules par m² pour chacun des échantillons. Le tableau de la figure 7.2 fournit les valeurs caractéristiques principales :

Pays	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	<i>Ecodrôme</i> (rappel)
Nombre total de sources lumineuses	23,7	10,4	14,0	6,9	18,5
Valeur moyenne du nombre de sources lumineuses par m ²	0,18	0,10	0,14	0,06	0,23
Valeur moyenne du nombre de m ² par source lumineuse	5,6	10,0	7,1	16,7	4,4
Valeur max du nombre de sources lumineuses par m ²	0,31	0,28	0,29	0,28	--
Valeur min du nombre de sources lumineuses par m ²	0,04	0,02	0,008	0,01	--
Rapport max/min	1 : 7,8	1 : 14	1 : 37	1 : 28	--

Figure 7.2 : valeurs caractéristiques du nombre de sources lumineuses par m²

La densité de foyers lumineux varie de 0,06 foyer/m² à 0,18 soit un rapport de 1 à 3. Mais il faut rester prudent sur l'interprétation des données enregistrées au Portugal puisque la certitude d'avoir suivi l'ensemble des foyers n'a pu être acquise.

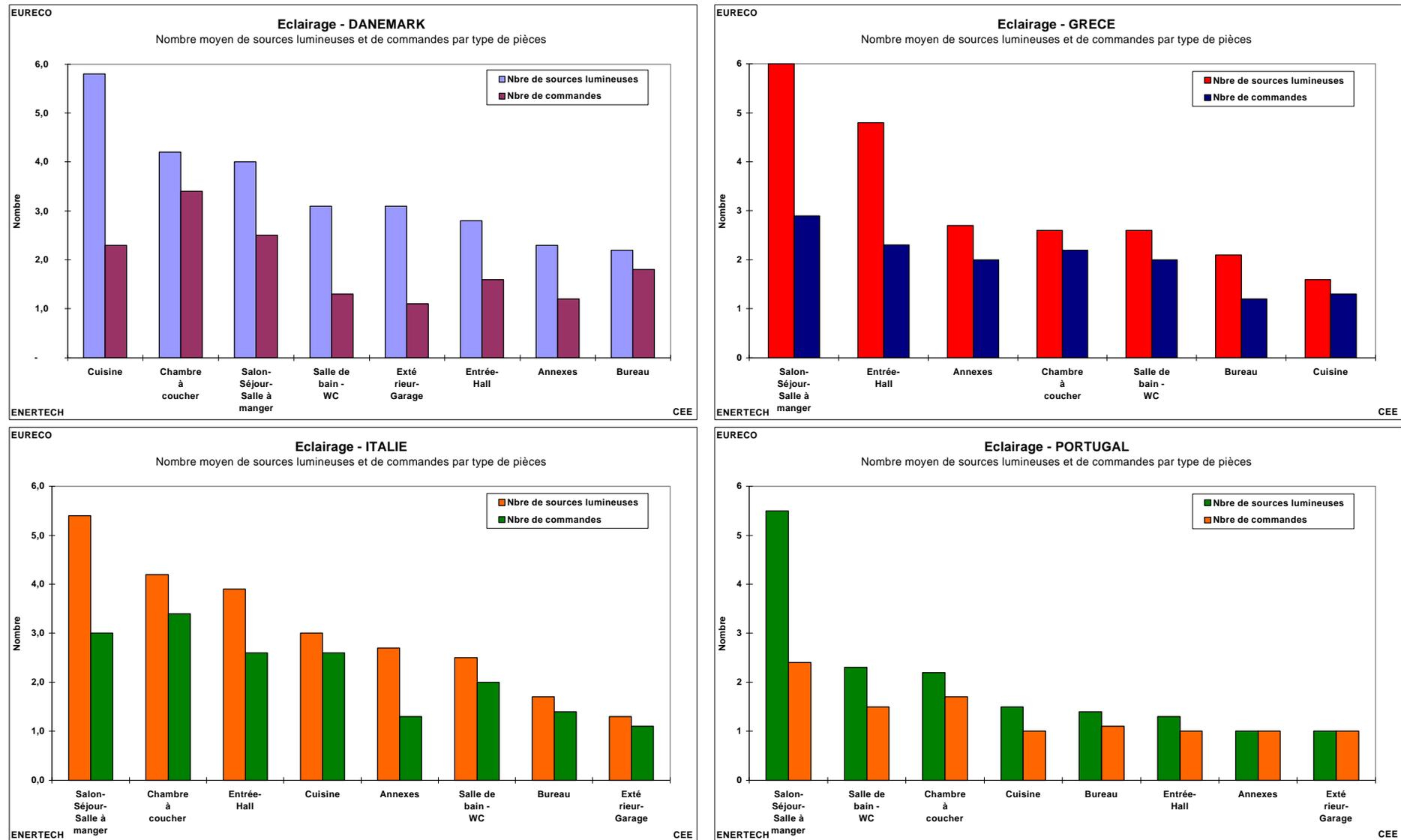


Figure 7.3 : nombre de sources lumineuses et de commandes par type de pièce

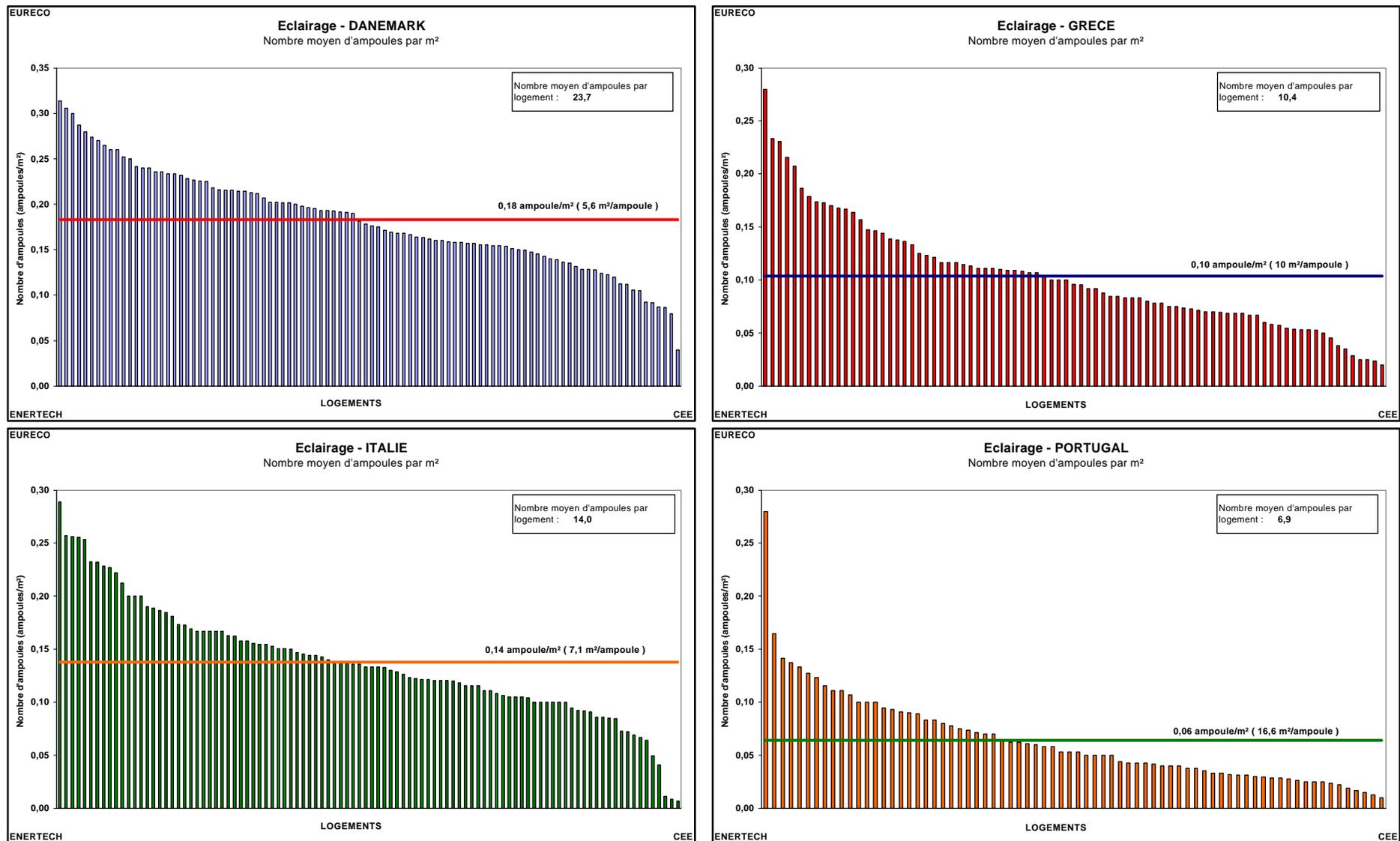


Figure 7.4 : nombre de sources lumineuses par m²

7.1.4 REPARTITION DU NOMBRE D'AMPOULES PAR PIERCE ET PAR SOURCE LUMINEUSE

La figure 7.5 donne pour chaque échantillon la répartition du nombre de sources lumineuses installées en fonction de leur nature et du type de pièce.

On peut remarquer que :

- la cuisine est la pièce où l'incandescence est la moins représentée dans l'ensemble des échantillons. C'est aussi la pièce où la part occupée par les tubes fluo est la plus importante (avec les annexes au Danemark et en Italie) : le record est atteint au Portugal où les tubes fluo représentent près de 80 % des sources lumineuses en cuisine,

- on trouve des halogènes partout sauf dans les cuisines du Portugal et d'Italie, et dans les annexes en Italie,

- il y a des LBC dans tous les types de pièces de tous les pays. Mais leur présence est dominante dans le bureau au Danemark, la cuisine et le bureau en Grèce, la cuisine et la chambre à coucher en Italie, et le hall d'entrée au Portugal (40 % des sources lumineuses),

- les pièces où il y a le moins de LBC sont la salle de bains au Danemark et au Portugal, les annexes et le séjour en Italie, et la chambre à coucher en Grèce.

On constate une grande hétérogénéité dans le choix des sources lumineuses, probablement liées à des habitudes culturelles. Concernant les LBC la suite de l'étude démontrera si le choix des pièces où elles ont été posées était pertinent compte tenu du temps annuel d'utilisation.

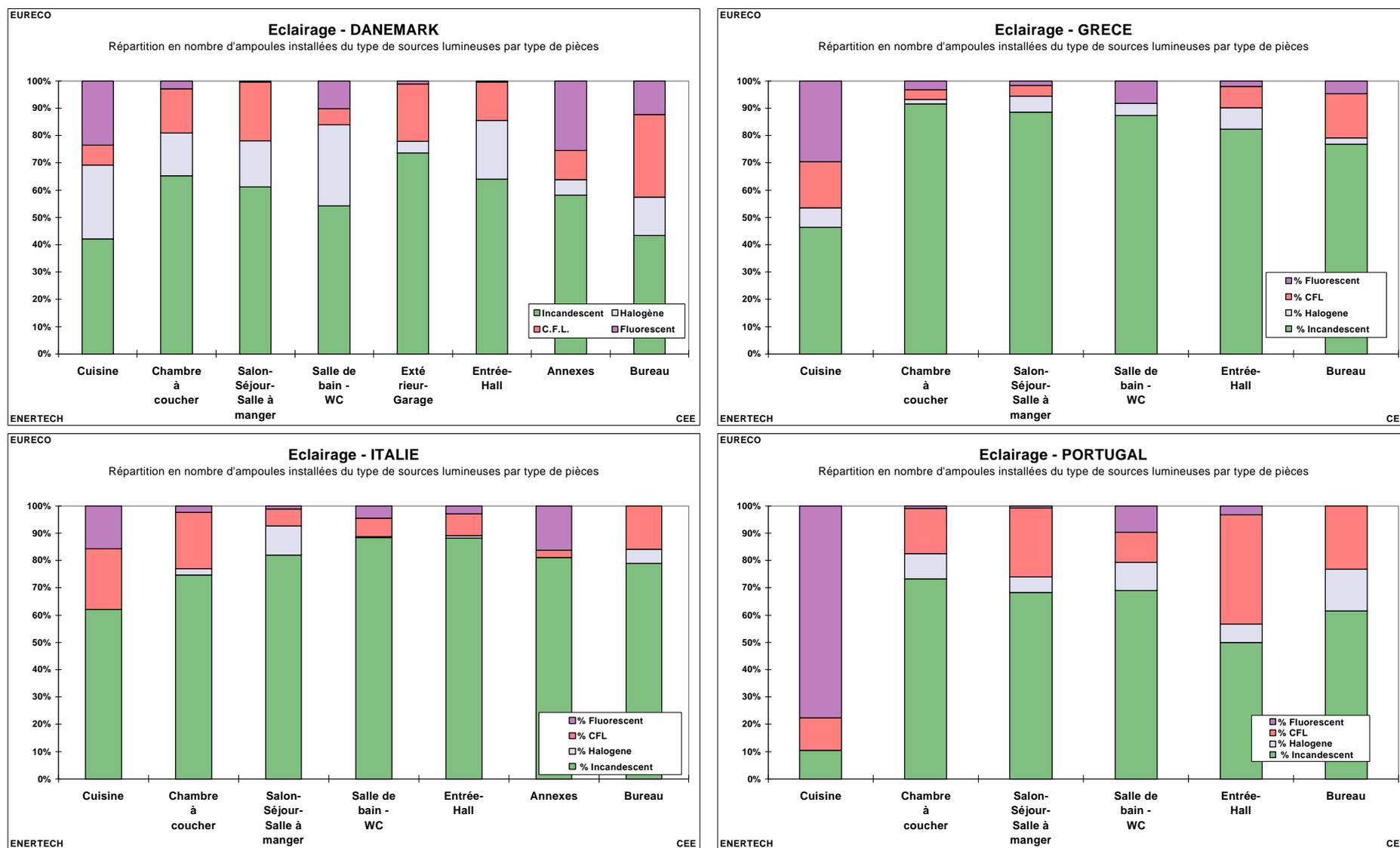


Figure 7.5 : répartition du nombre d'ampoules installées par type de pièce et par type de source lumineuse

7-2 ETUDE DE LA PUISSANCE D'ECLAIRAGE INSTALLEE

7.2.1 PUISSANCE TOTALE INSTALLEE

On trouvera sur la figure 7.7 la distribution des puissances lumineuses totales installées dans les logements des quatre échantillons. En moyenne la puissance lumineuse installée, toutes sources confondues est de 740 W au Danemark, 675 W en Grèce , 883 W en Italie et 274 W au Portugal. Le tableau de la figure 7.6 fait figurer les principales valeurs caractéristiques de cette distribution.

Pays	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	<i>Ecodrôme</i> (rappel)
Valeur moyenne de la puissance lumineuse par logement	740	675	883	274 ?	1308
Valeur max de la puissance lumineuse par logement	2401	1626	1895	1115	1851
Valeur min de la puissance lumineuse par logement	120	110	18 ? ? ?	37	966
Rapport max/min	1 : 20	1 : 14,8	1 : 100 ?	1 : 30	1 : 1.91

Figure 7.6 : valeurs caractéristiques de la puissance lumineuse installée

On relève l'écart très important de puissance installée moyenne entre les logements du projet *Ecodrôme* qui étaient pourtant tous des logements sociaux, et les logements des quatre échantillons du projet *Euréco*. L'une des raisons était probablement qu'il n'y avait (en 1995) aucune LFC dans les logements et très peu d'éclairage fluo (en moyenne 36 W/logement). L'éclairage des logements était en quasi totalité assuré par des lampes à incandescence.

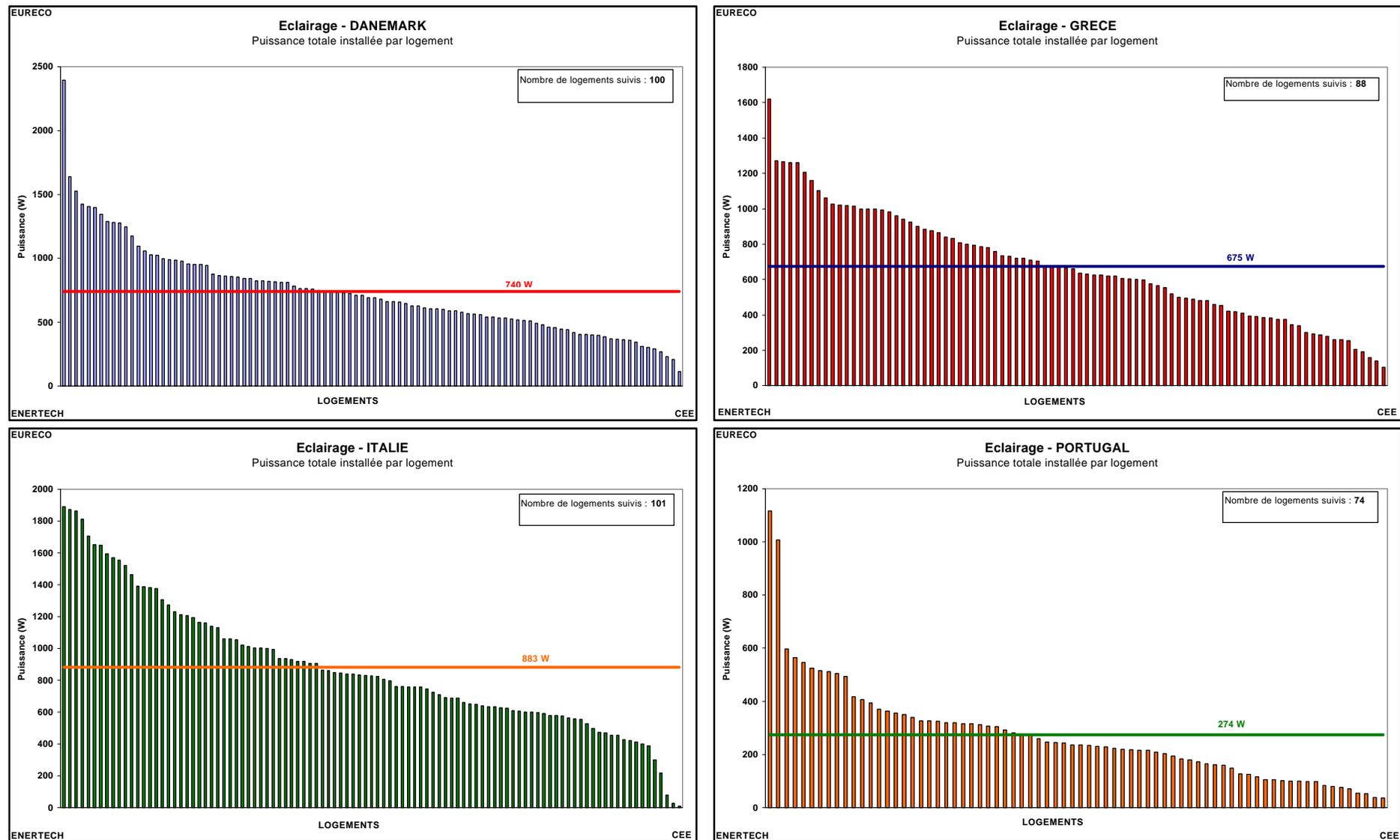


Figure 7.7 : distribution de la puissance lumineuse totale installée

7.2.2 PUISSANCE INSTALLEE PAR TYPE DE SOURCE LUMINEUSE

7.2.2.1 Puissance installée totale par type de source lumineuse

La figure 7.9 indique pour chaque échantillon la part de la puissance installée assurée par chaque type de source lumineuse. Cette représentation conduit évidemment à donner une faible représentation aux LBC et autres tubes fluo.

On observe que l'incandescence représente de 70 % (Portugal) à 83 % (Grèce) de la puissance lumineuse installée, que l'halogène se situe de façon très constante entre 11 et 14 %, que les LBC couvrent de 2 % (Grèce) à 7 % (Portugal) et les tubes fluo de 2 % (Italie) à 12 % (Portugal). L'échantillon du Portugal apparaît encore comme le plus tourné vers l'usage des LBC.

Toutes sources fluorescentes confondues (tubes fluo et LBC), c'est l'échantillon portugais qui possède la part de la puissance installée la plus élevée (19 %), devant le Danemark (13 %) et l'Italie et la Grèce (6 %).

7.2.2.2 Distribution de la part de puissance installée par type de source

Les figures 7.10 à 7.13 fournissent pour chacun des quatre échantillons la distribution du poids de chaque type de source lumineuse dans la puissance installée totale.

Le tableau de la figure 7.8 regroupe le pourcentage de logements équipés d'au moins une source lumineuse de chaque type.

Type de sources lumineuses	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	<i>Ecodrôme</i> (rappel)
Lampes à incandescence	100	100	99	98	100
Lampes halogènes	62	27	31	20	40
Tubes fluorescents	72	44	38	55	35
Lampes fluocompactes	71	26	67	50	0

en %

Figure 7.8 : pourcentage des logements équipés d'au moins une source lumineuse du type

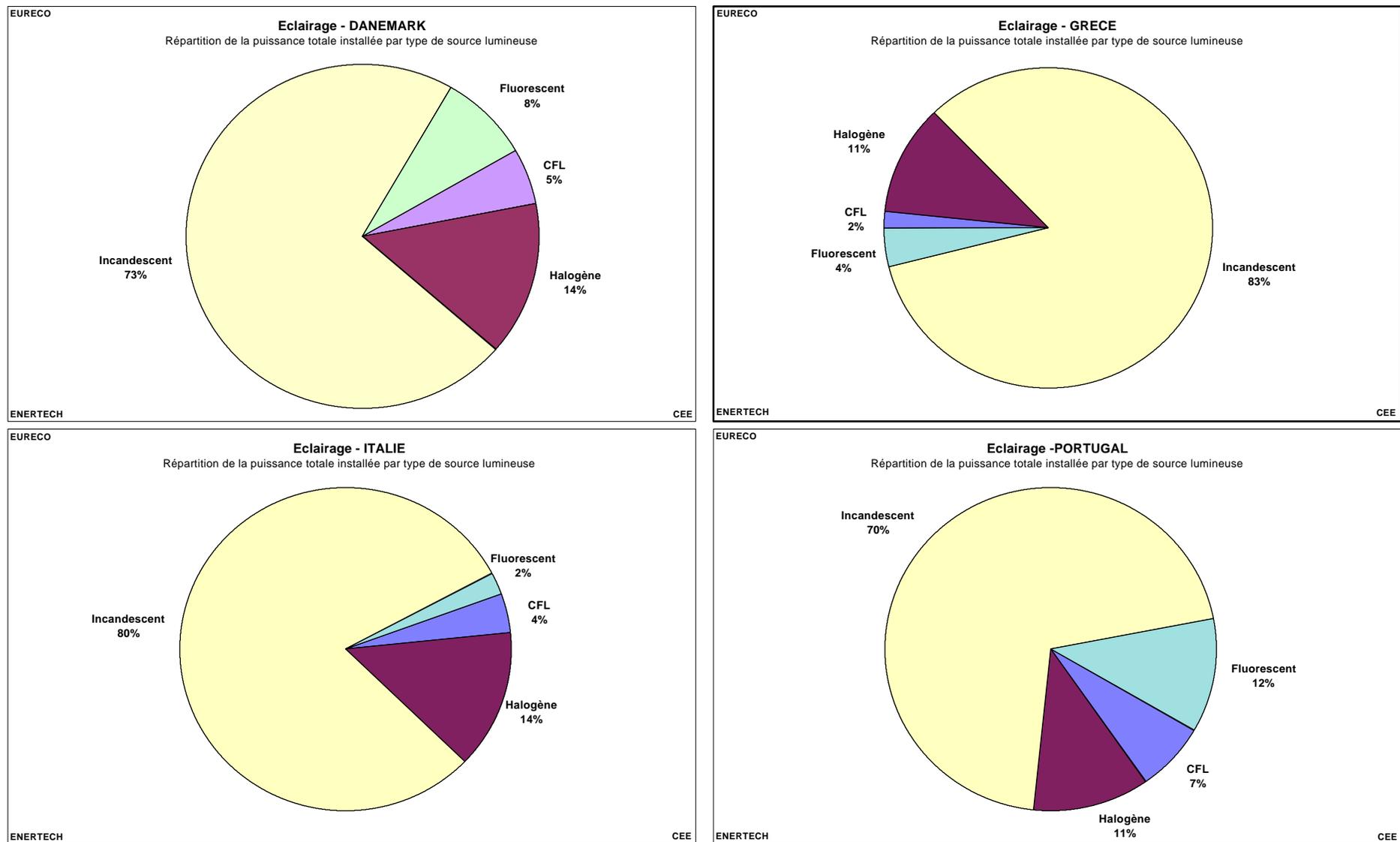


Figure 7.9 : part de la puissance installée assurée par chaque type de source lumineuse

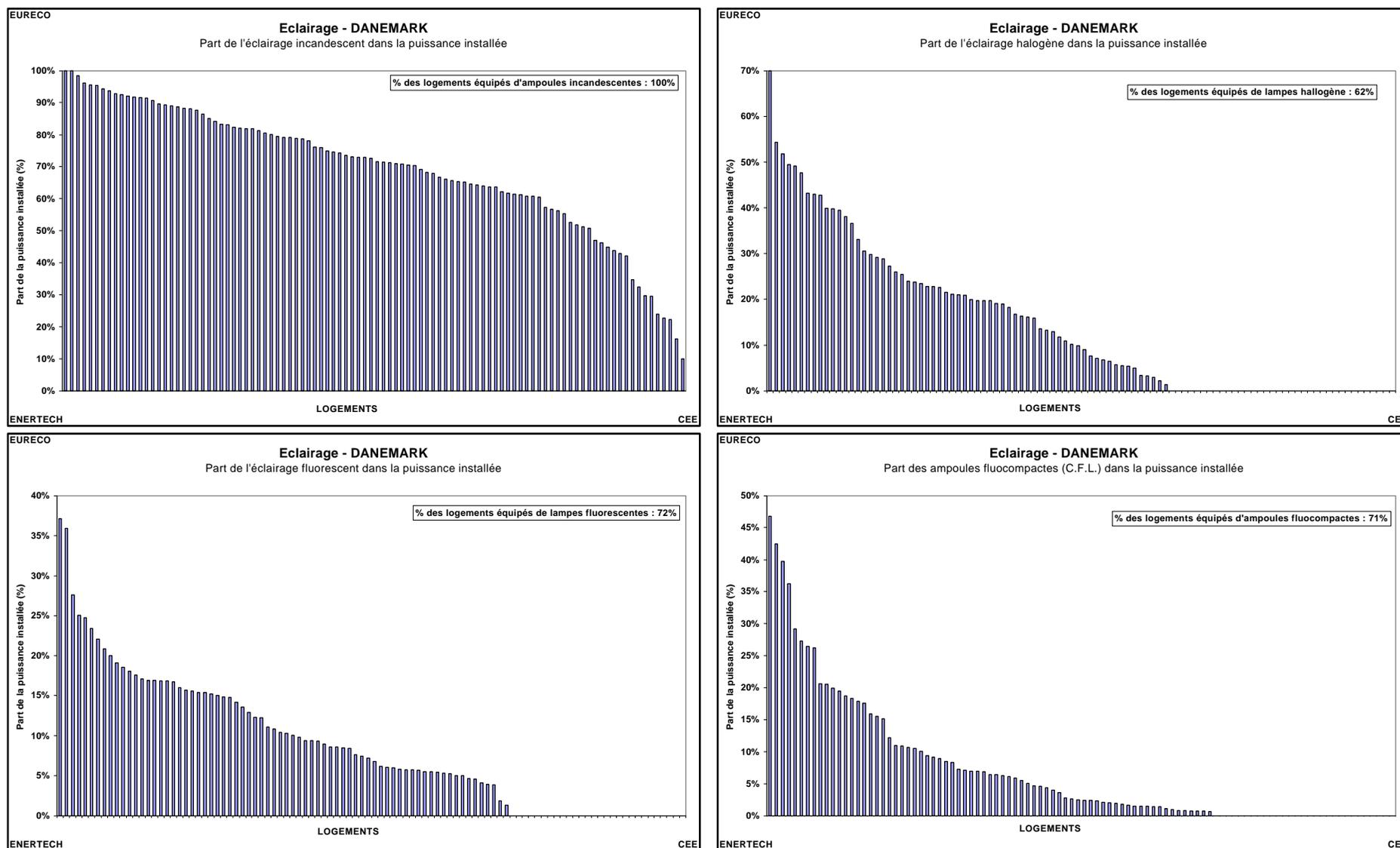


Figure 7.10 : DANEMARK - distribution du poids des différentes sources lumineuses dans la puissance installée totale

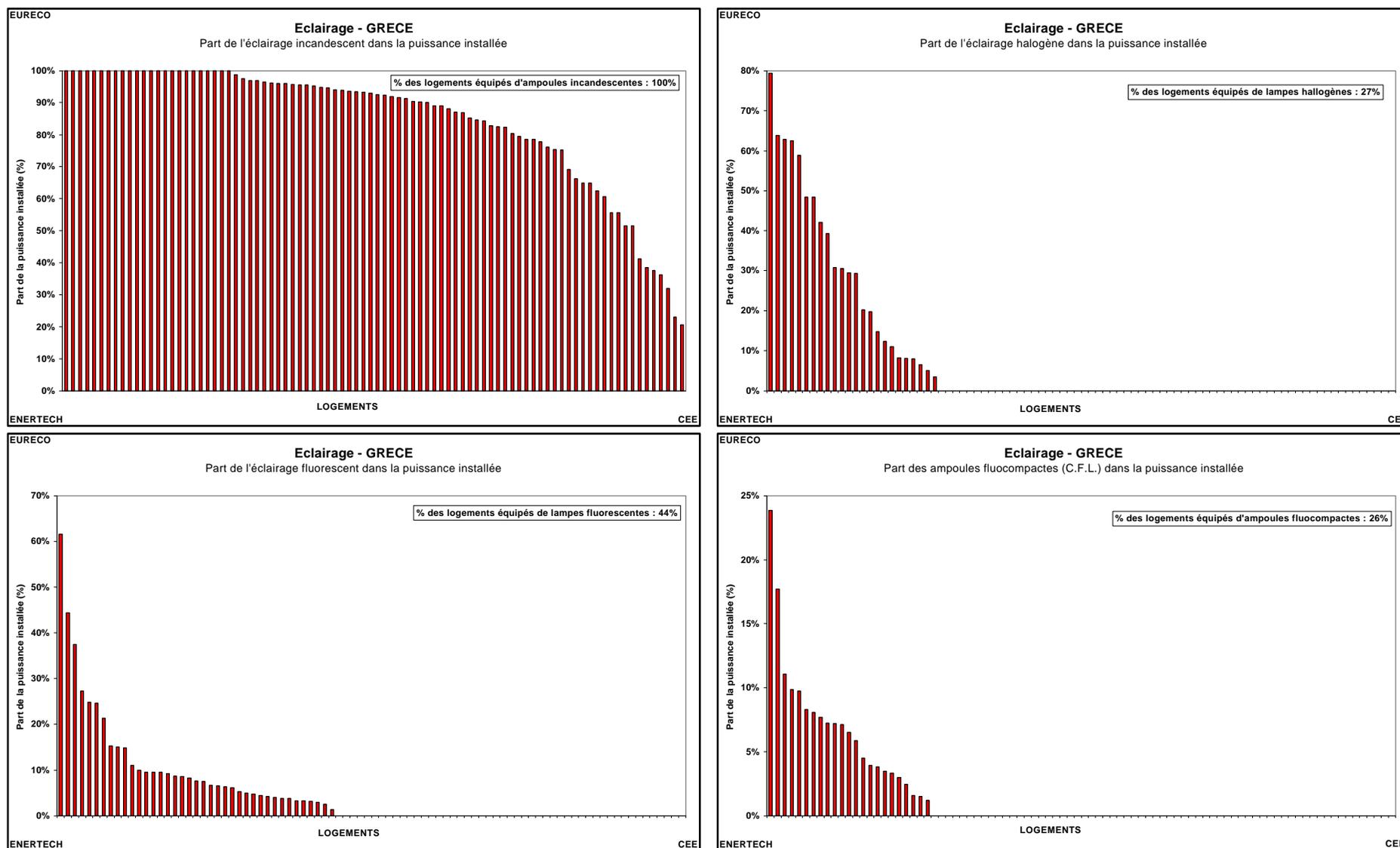


Figure 7.11 : GRECE - distribution du poids des différentes sources lumineuses dans la puissance installée totale

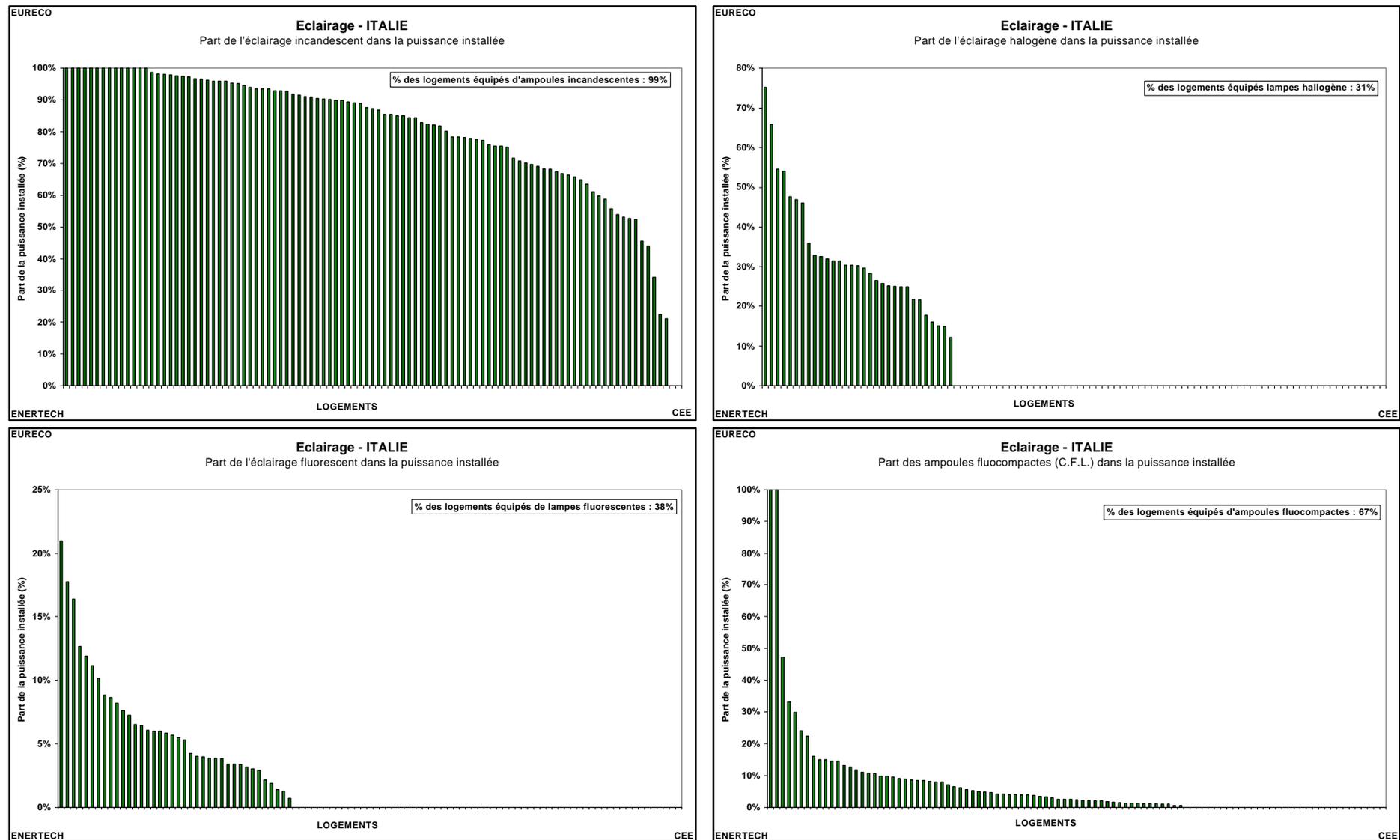


Figure 7.12 : ITALIE - distribution du poids des différentes sources lumineuses dans la puissance installée totale

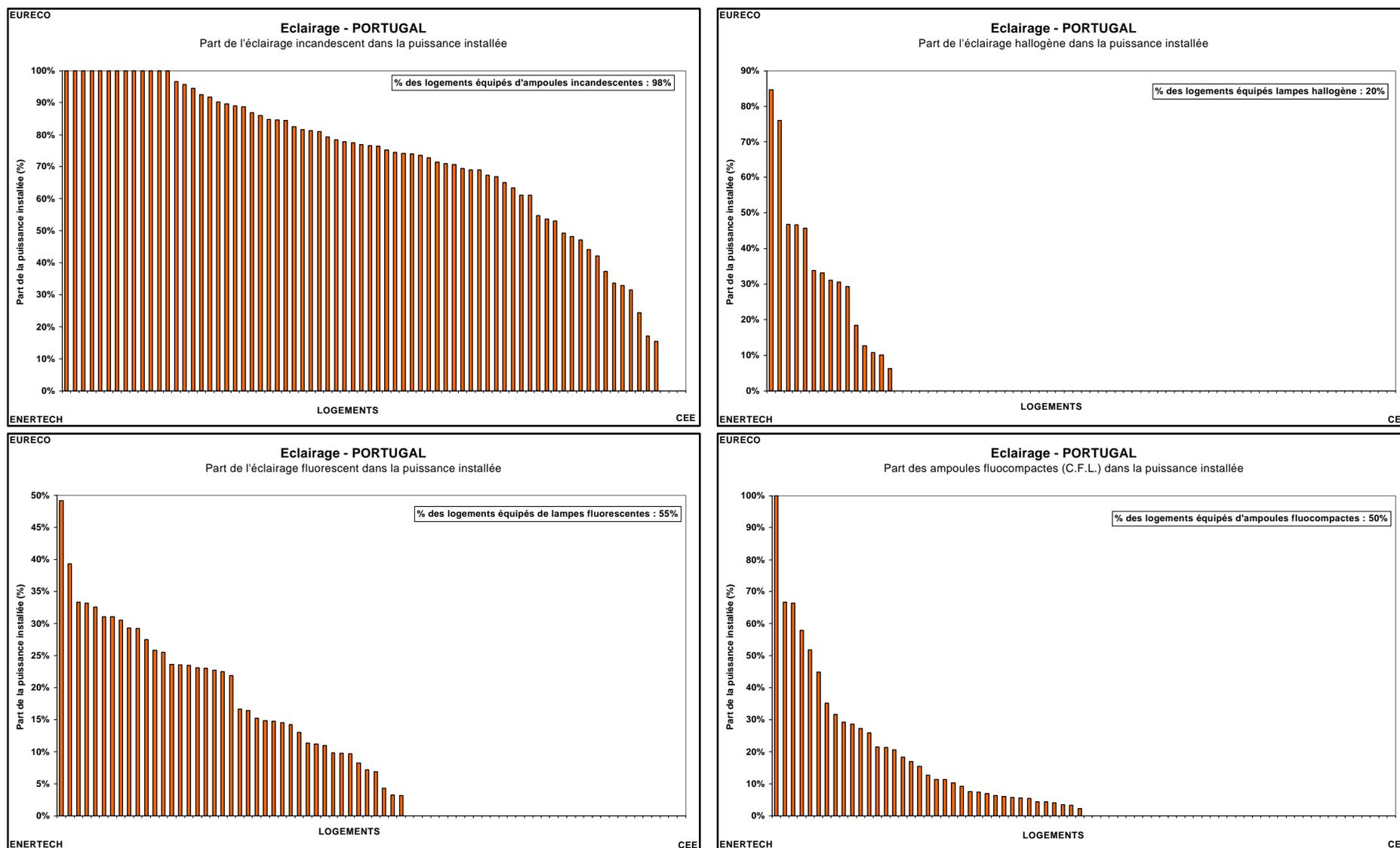


Figure 7.13 : PORTUGAL - distribution du poids des différentes sources lumineuses dans la puissance installée totale

Figure 1.1 : schéma

7.2.3 PUISSANCE INSTALLEE PAR TYPE DE PIECE

La figure 7.14 indique que dans tous les échantillons, la pièce disposant de la puissance installée la plus élevée est le salon/séjour/salle à manger, sauf au Portugal où ce sont les annexes (le séjour arrive en second). Viennent ensuite les chambres à coucher (prises individuellement et non pas dans leur ensemble). La puissance installée dans les séjours au Danemark est en moyenne deux fois plus importante que dans les autres échantillons.

Les valeurs de ces graphiques sont des moyennes observées sur l'ensemble des pièces d'un même type. L'addition de l'ensemble des différentes puissances n'a donc aucune signification physique et sera toujours différente de la puissance moyenne installée dans les logements telle que mesurée au § 7.2.1.

7.2.4 REPARTITION DE LA PUISSANCE INSTALLEE PAR SOURCE ET PAR PIECE

La figure 7.15 fournit la structure de la puissance installée en fonction du type de source lumineuse et du type de pièce. Cette figure complète les informations de la figure 7.5 qui fournissait la structure du nombre de foyers lumineux installés selon les mêmes critères.

Curieusement la part des tubes fluo est presque la même que l'on s'intéresse au nombre de sources lumineuses ou à la puissance installée, ce qui signifie que la puissance des tubes fluo en place est assez importante. C'est assez justifié et montre que ce sont *a priori* les foyers qui demandent le plus de lumière qui ont été équipés prioritairement de tubes fluo.

La part des LBC est évidemment assez faible, sauf dans les halls d'entrée au Portugal où ils représentent 15 % de la puissance installée et dans le bureau au Danemark où ils représentent 10 %.

L'éclairage halogène occupe une part assez importante qui peut atteindre 22 % dans les salles de bains au Danemark, 19 % dans les séjours en Grèce, 35% dans les séjours en Italie et 32 % dans les halls d'entrée au Portugal.

L'incandescence reste partout la source la plus importante en puissance, sauf dans les cuisines au Portugal où les tubes fluo représentent 75 % de la puissance installée.

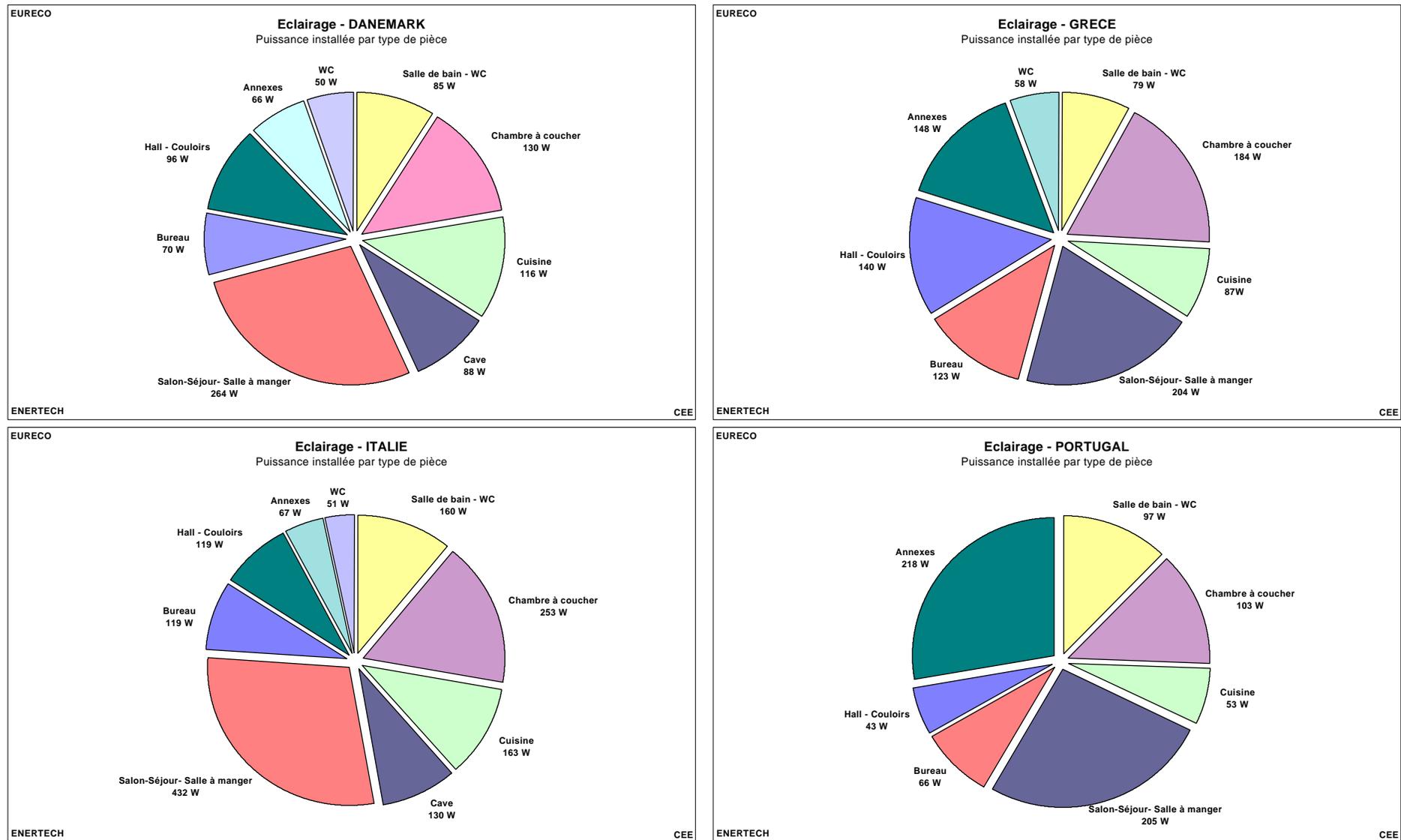


Figure 7.14 : valeurs moyennes de la puissance lumineuse installée par type de pièce

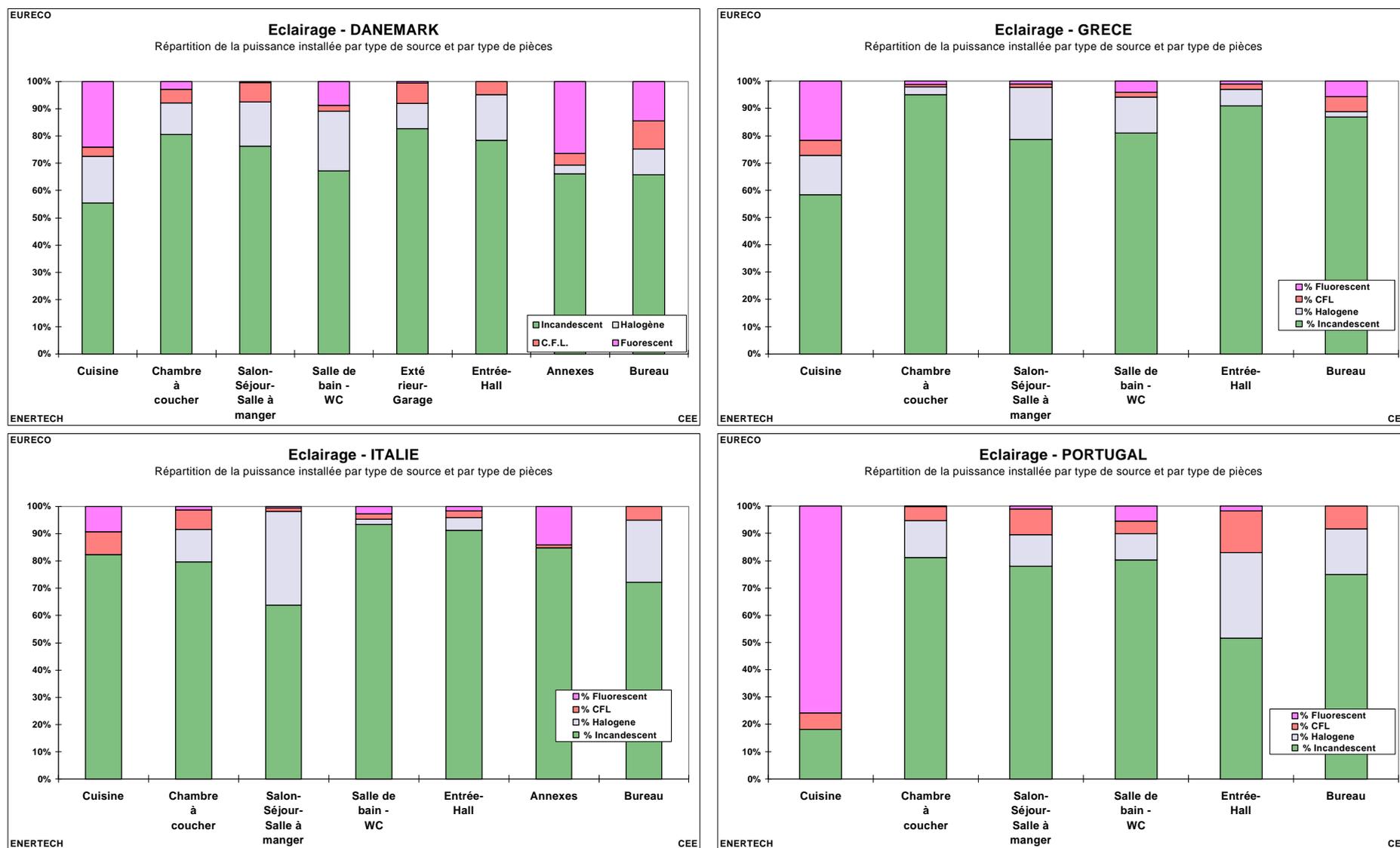


Figure 7.15 : répartition de la puissance lumineuse installée par type de source et par type de pièce

7.2.5 PUISSANCE TOTALE INSTALLEE

7.2.5.1 Puissance installée totale par m²

La figure 7.17 fournit pour chaque échantillon la distribution des puissances moyennes installées par m².

Le tableau 7.16 regroupe les principales caractéristiques de ces distributions :

Pays	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	<i>Ecodrôme</i> (rappel)
Valeur moyenne de la puissance installée par m ² (en W/m ²)	5,7	6,6	8,6	2,5 (?)	16,1
Valeur max de la puissance installée par m ² (en W/m ²)	10,9	19,8	20,9	11,2	-
Valeur min de la puissance installée par m ² (en W/m ²)	1,2	1,3	3,2	0,3	-
Rapport max/min	1 : 9,1	1 : 15,2	1 : 6,5	1 : 37,3	-

Figure 7.16 : caractéristiques principales des distributions de puissances lumineuses installées par m²

Les valeurs observées sont à nouveau très contrastées, à la fois d'un pays à l'autre, mais aussi à l'intérieur d'un même pays. Ceci traduit des différences culturelles, des recours différenciés aux différentes technologies d'éclairage disponibles, et peut être aussi des différences de ressources dans les revenus des ménages. Mais cette dernière remarque est un peu mise en défaut par le niveau assez élevé de la puissance installée dans les logements du projet *Ecodrôme*. Il est vrai que 40 % des logements disposaient d'halogène de puissance (qui représentaient en moyenne 3 W/m² sur l'ensemble de l'échantillon), mais peut-être aussi d'un grand nombre de sources permettant la création d'ambiances lumineuses locales.

7.2.5.2 Puissance installée par type de source et par m²

Les figures 7.18 à 7.21 fournissent par échantillon les distributions de la puissance installée par m² pour chaque type de source lumineuse.

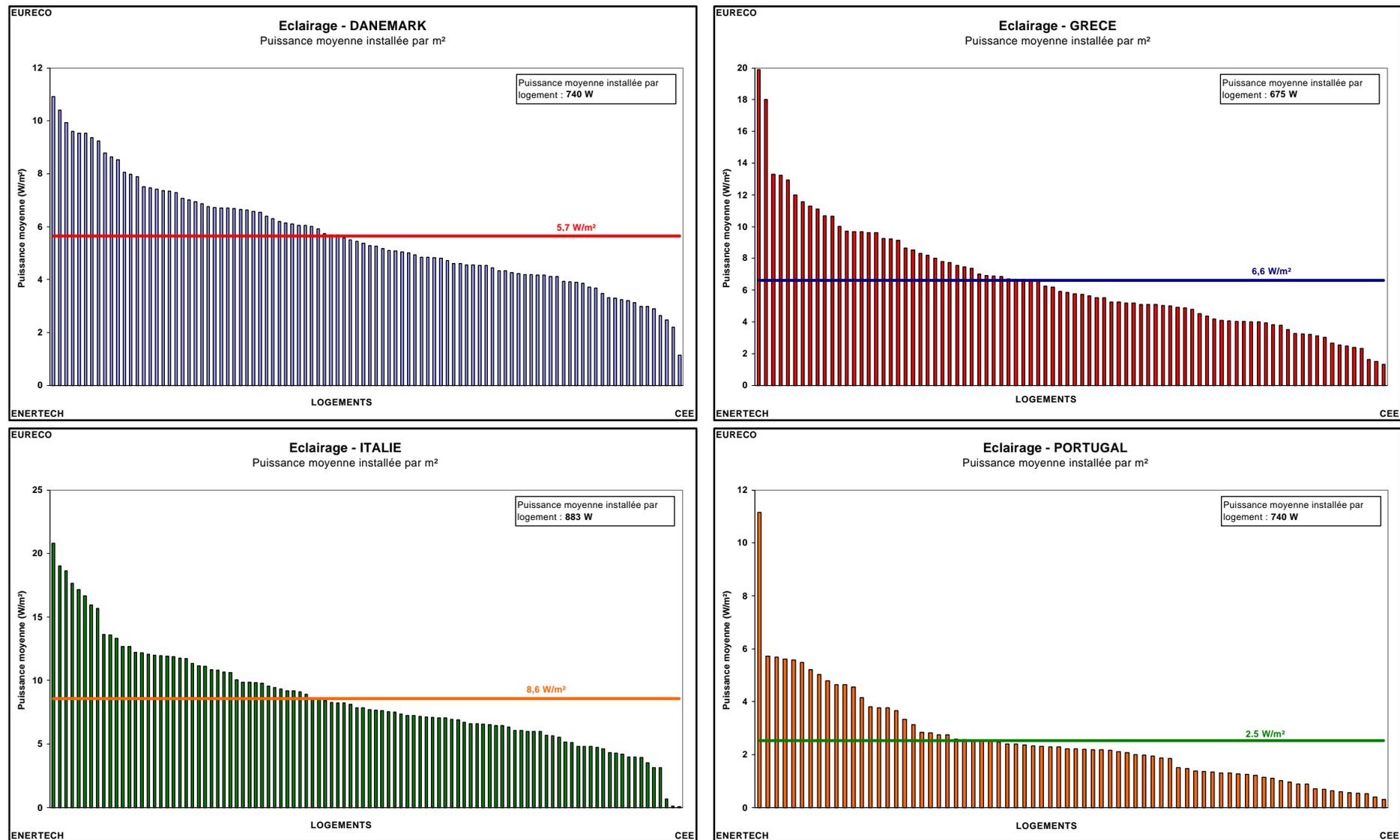


Figure 7.17 : distribution des puissances d'éclairage moyennes installées par m²

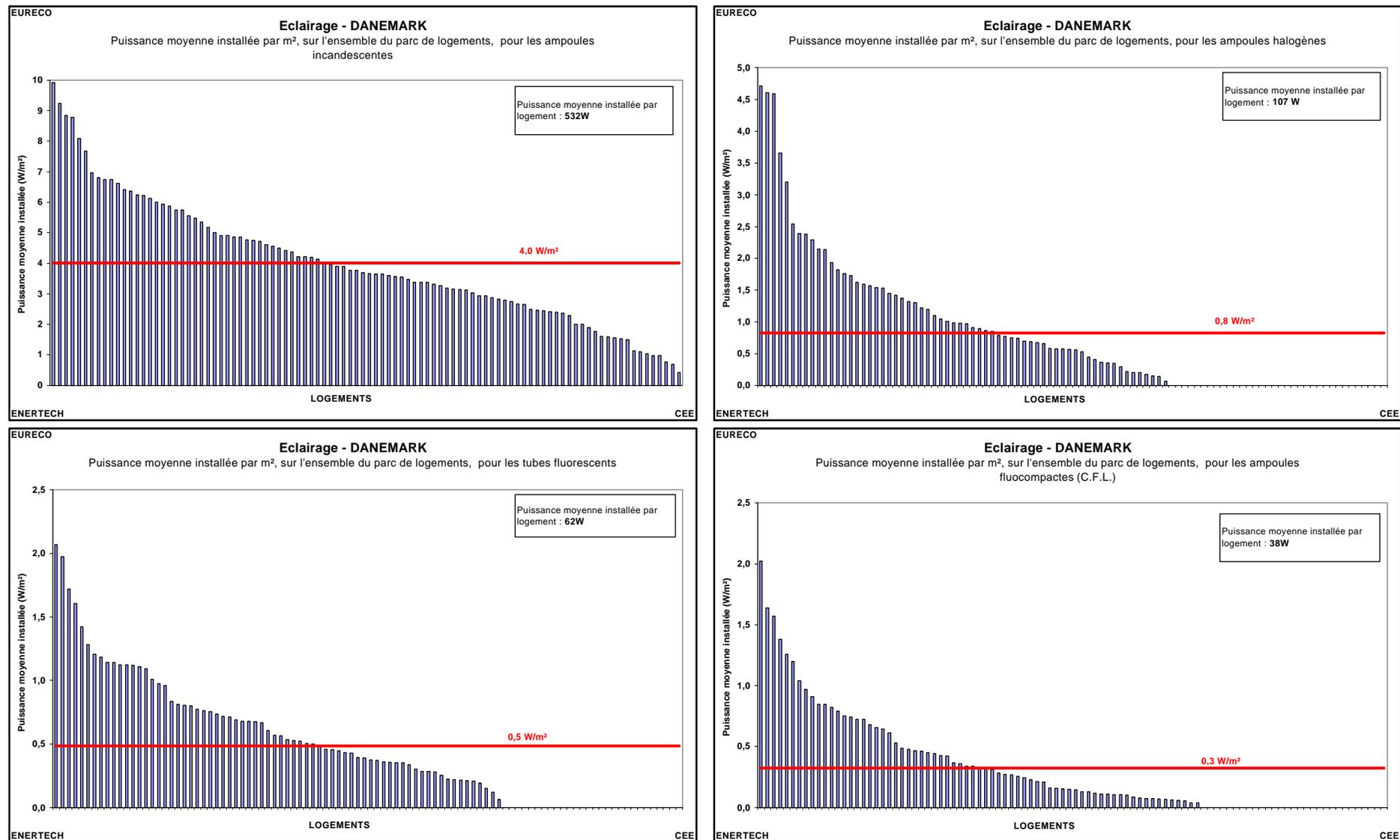


Figure 7.18 : DANEMARK - distribution de la puissance installée par m² et par type de source lumineuse

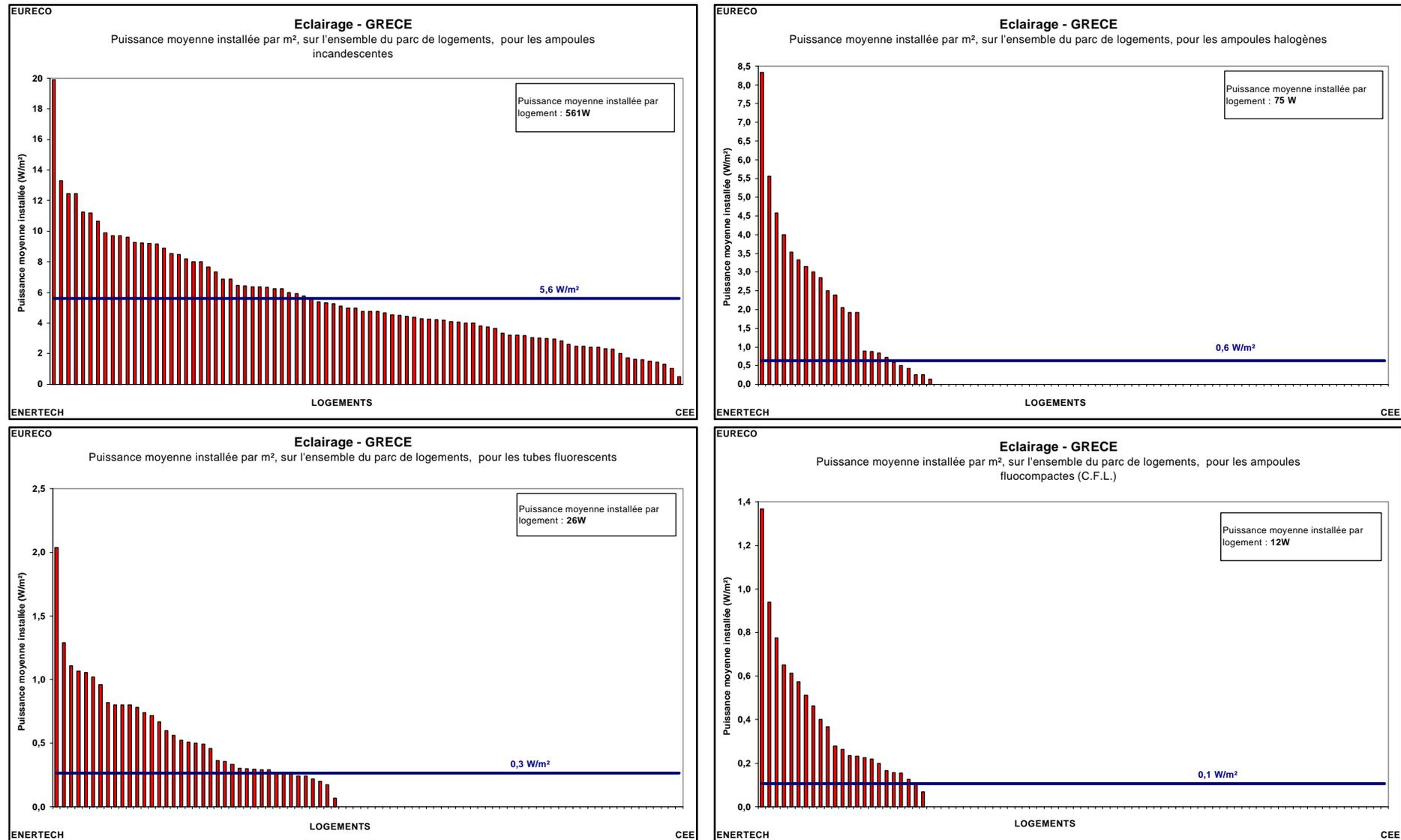


Figure 7.19 : GRECE - distribution de la puissance installée par m² et par type de source lumineuse

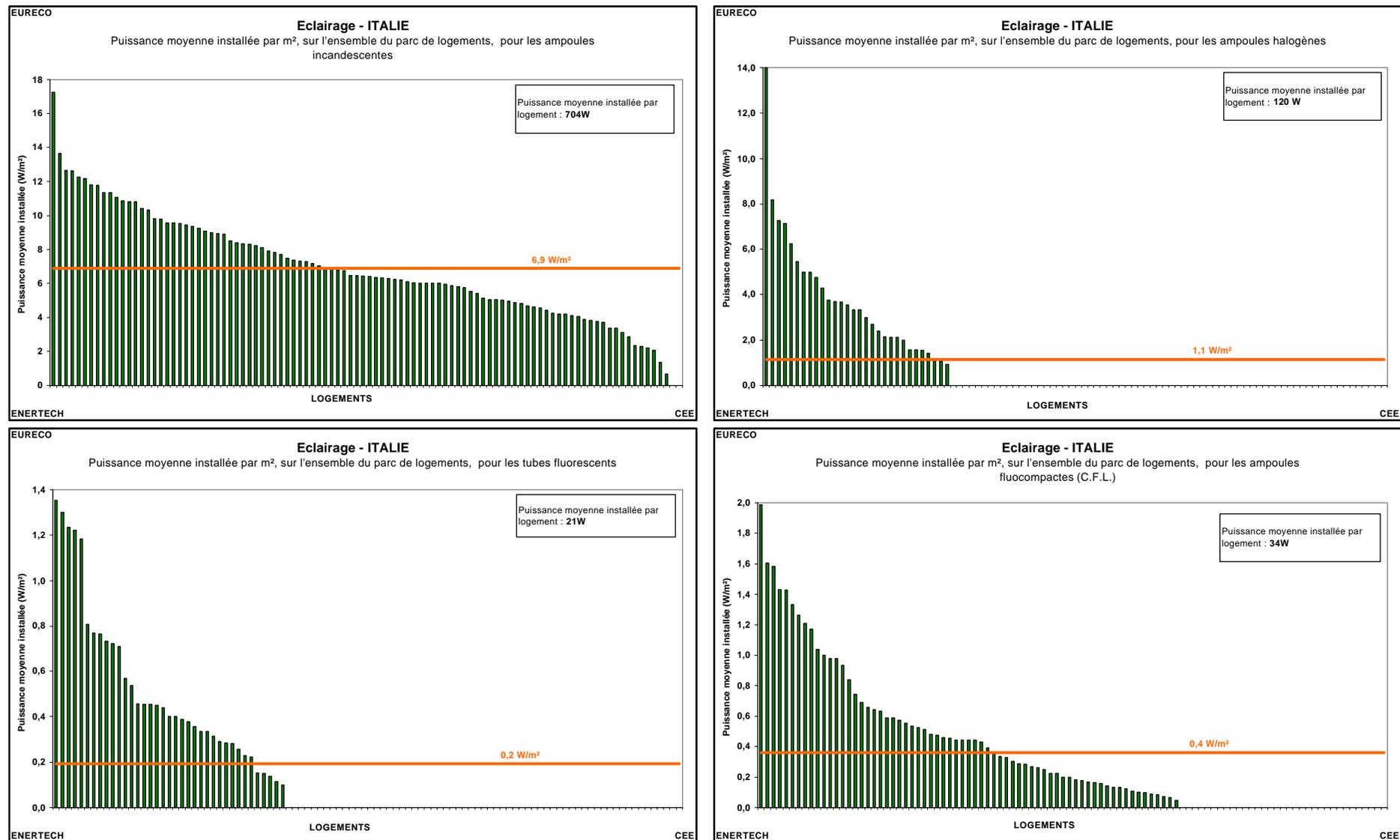


Figure 7.20 : ITALIE - distribution de la puissance installée par m² et par type de source lumineuse

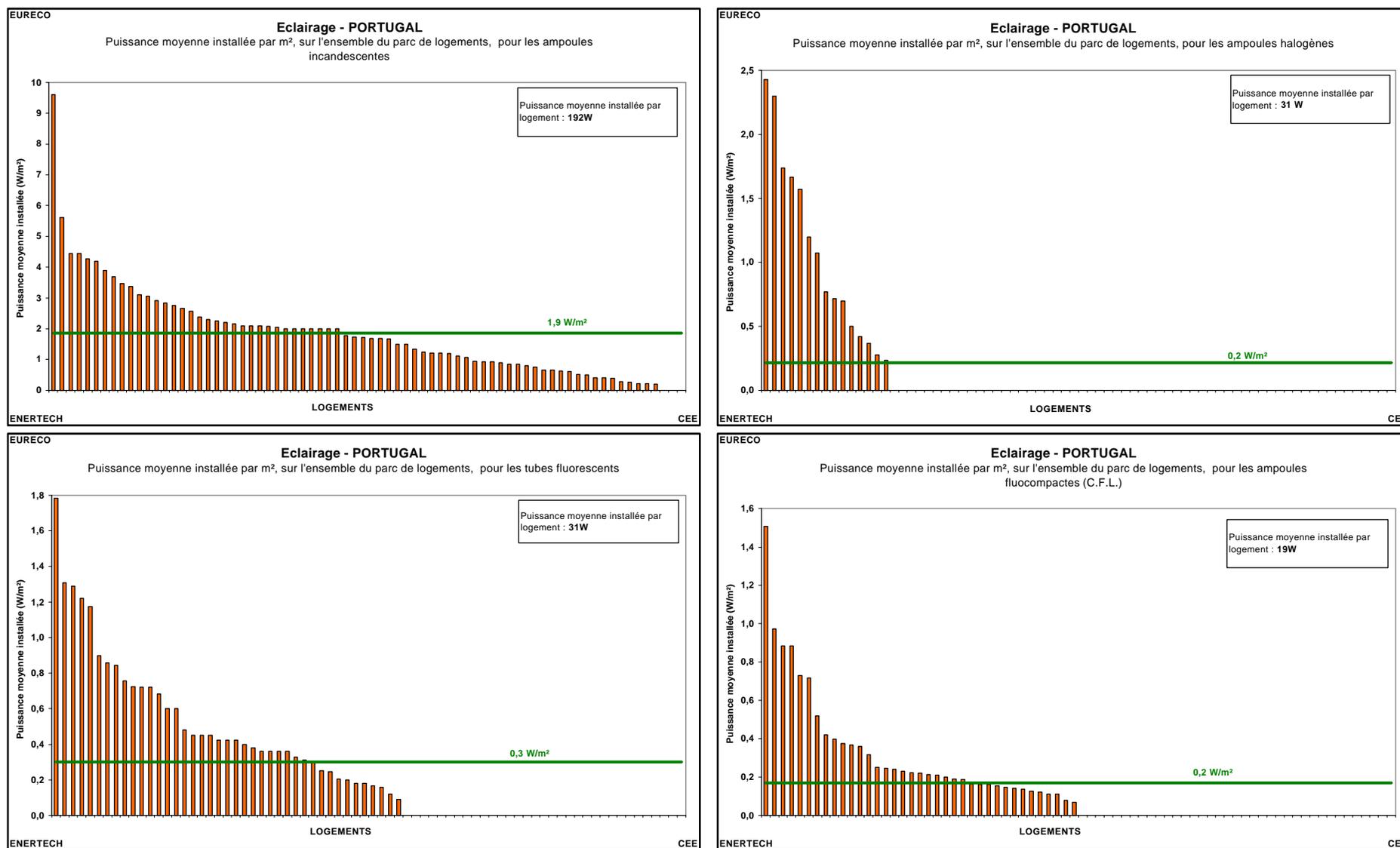


Figure 7.21 : PORTUGAL - distribution de la puissance installée par m² et par type de source lumineuse

7.2.6 DISTRIBUTION DE LA PUISSANCE UNITAIRE DES FOYERS LUMINEUX, PAR TYPE DE SOURCE

Les graphiques des figures 7.22 à 7.25 représentent la distribution des puissances lumineuses unitaires des équipements en place. Cet élément est important car il renseigne sur la nature de l'équipement des ménages et permet également de mieux cibler une action de MDE sur tel ou tel équipement. On peut faire une analyse succincte pour chaque pays :

■ Danemark

- les ampoules à incandescence sont pour près de 50 % des ampoules de 40 W. Viennent ensuite à parts égales (environ 20 %) les ampoules de 25 W et de 60 W. On ne trouve pratiquement pas d'ampoules de 100 W,
- l'éclairage halogène est dominé par les halogènes basse tension de puissance inférieure à 50 W. La classe dominante est centrée sur 20 W (60 %). Les halogènes de puissance (plus de 250 W) ne représentent que 6 % du parc,
- le parc des tubes fluo comporte essentiellement des tubes 20 W (50 %) et des tubes 40 W (40 %) ,
- le parc des LBC est surtout constitué de lampes de 11 W (classe 9-12 W) pour 45 %, puis à parts sensiblement égales, de lampes de 7 W et de 15 W.

■ Grèce

- le tiers des ampoules à incandescence est de 60 W, 20 % de 100 W, les ampoules de 40 et 75 W représentant ensemble à parts égales 35 %,
- les halogènes se partagent à 42 % pour les modèles basse tension de moins de 50 W, le reste étant représenté par les halogènes de puissance (250 W à 500 W),
- près de 60 % des LBC ont une puissance supérieure à 18 W, le reste se partageant à parts égales entre les ampoules de 11 W et celles de 15 W.

■ Italie

- la classe dominante des ampoules à incandescence est la classe 60 W (un tiers), suivi des ampoules à 40 W (22 %) et des ampoules à 100 W puis à 75 W,
- seuls existent les halogènes de puissance. On ne trouve aucun halogène de moins de 50W. La classe 300 W représente 60 % du parc,
- la classe dominante des tubes fluo est centrée sur 30 W, suivie de près par la classe 20W,
- à plus de 70 % les LBC ont des puissances supérieures ou égales à 18W.

■ Portugal

- plus de 40 % des ampoules à incandescence ont 40 W, et plus de 30 % 60 W. Le solde se répartit de façons sensiblement égales entre ampoules de 25, de 75 et de 100 W,
- les deux tiers des halogènes sont des halogènes de puissance inférieure à 50 W, le solde étant des halogènes de 250 W,
- une particularité apparaît sur l'équipement en tubes fluo de ce pays : l'existence de tubes de 58 W (16 % des tubes en place). Les deux classes dominantes restent néanmoins centrées autour de 20 W (39 %) et de 40 W (35 %),
- la classe dominante des LBC est 11W (44 %), et il n'existe pas de LBC de puissance inférieure, mais on trouve aussi 32 % de puissances supérieures à 18 W et 24 % autour de 15 W.

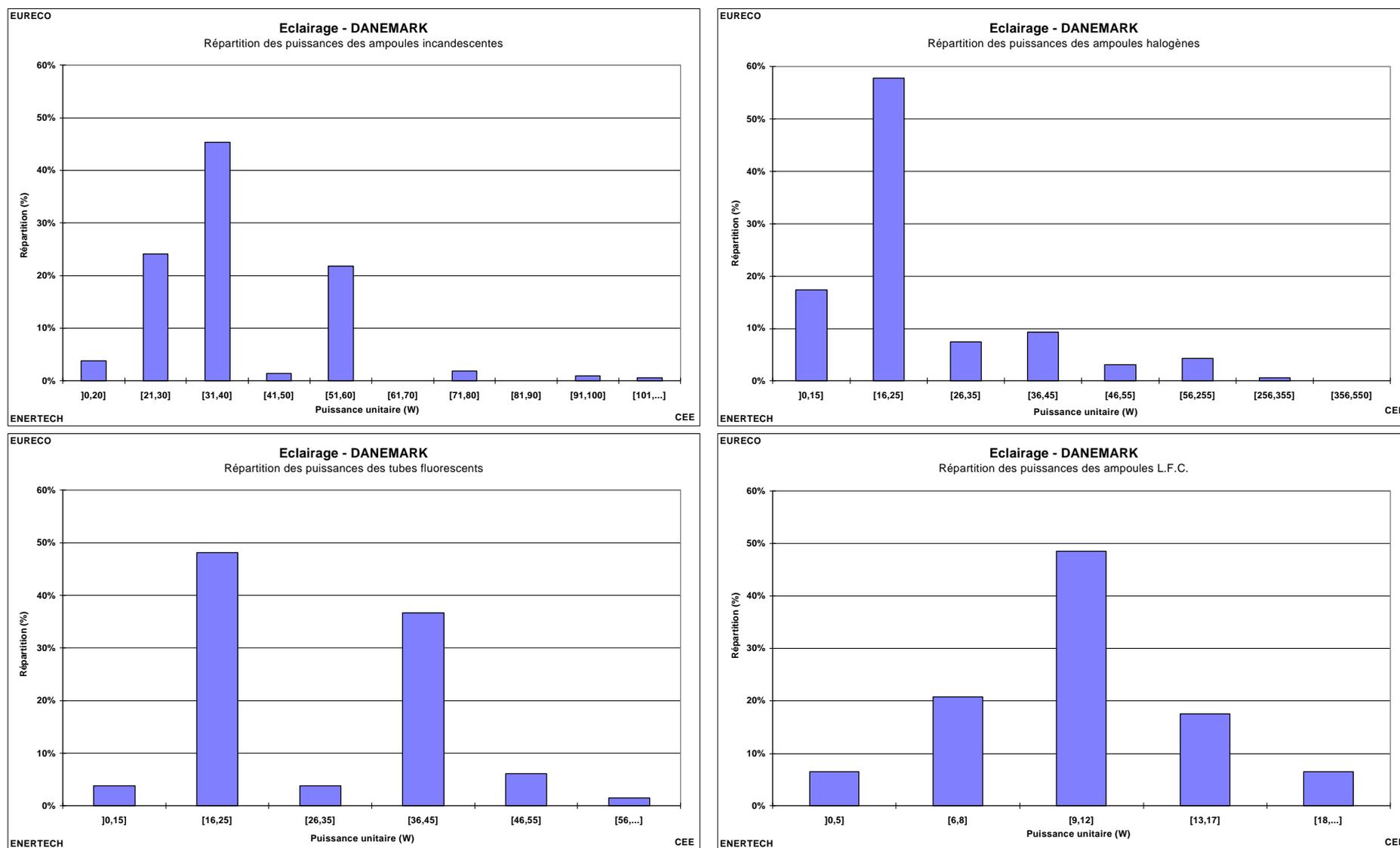


Figure 7.22 : DANEMARK - distribution de la puissance unitaire des différents types de sources lumineuses

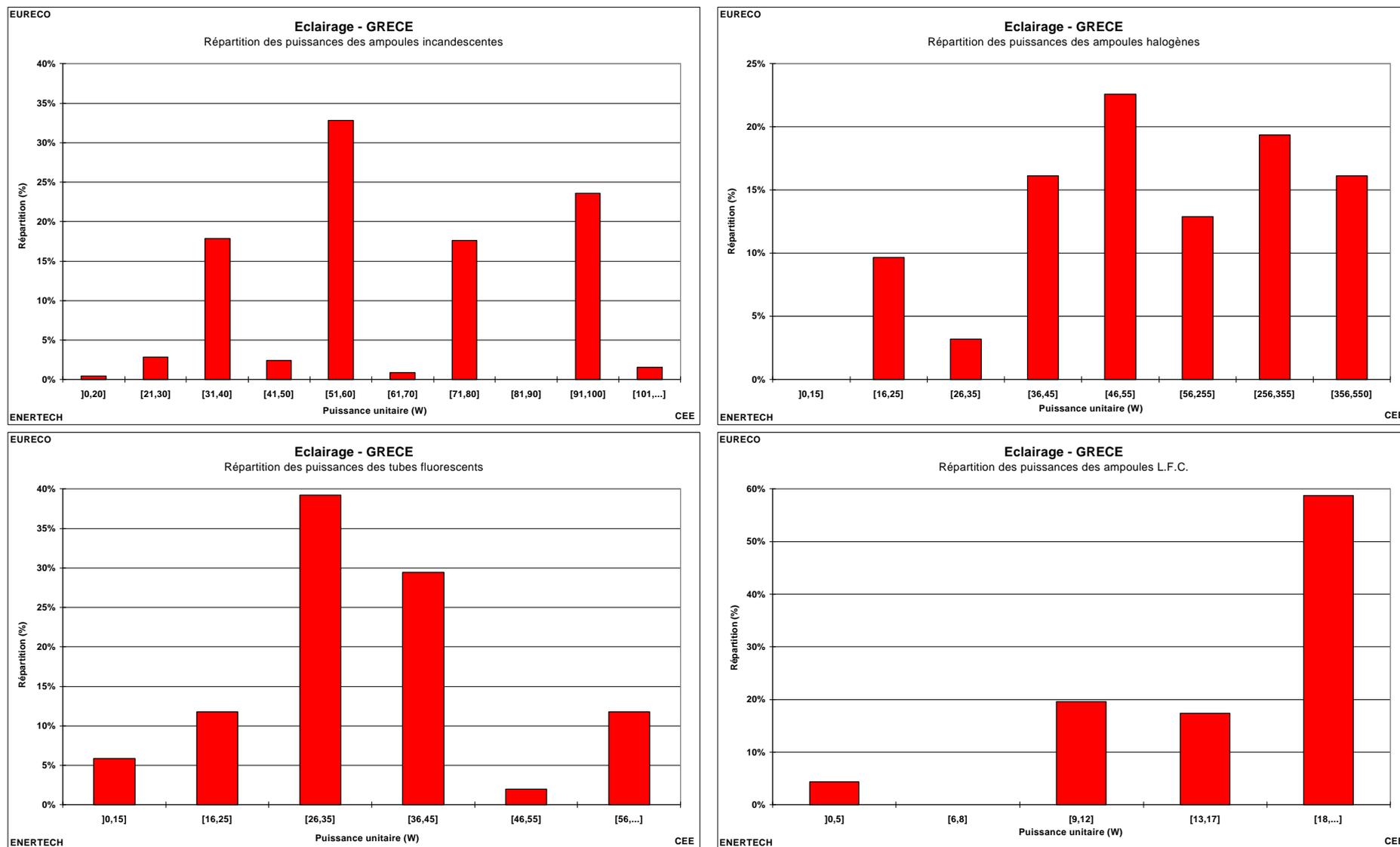


Figure 7.23 : GRECE - distribution de la puissance unitaire des différents types de sources lumineuses

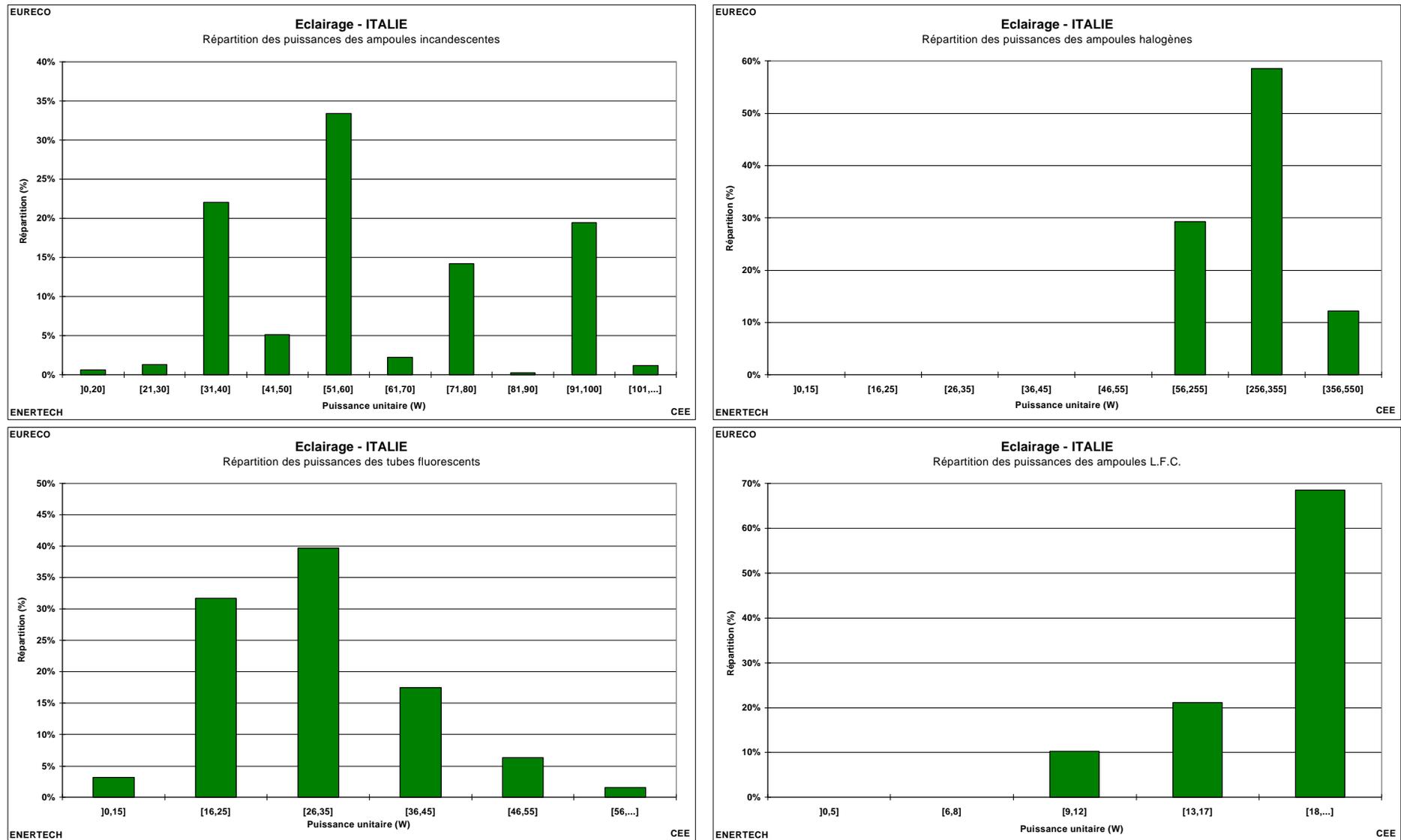


Figure 7.24 : ITALIE - distribution de la puissance unitaire des différents types de sources lumineuses

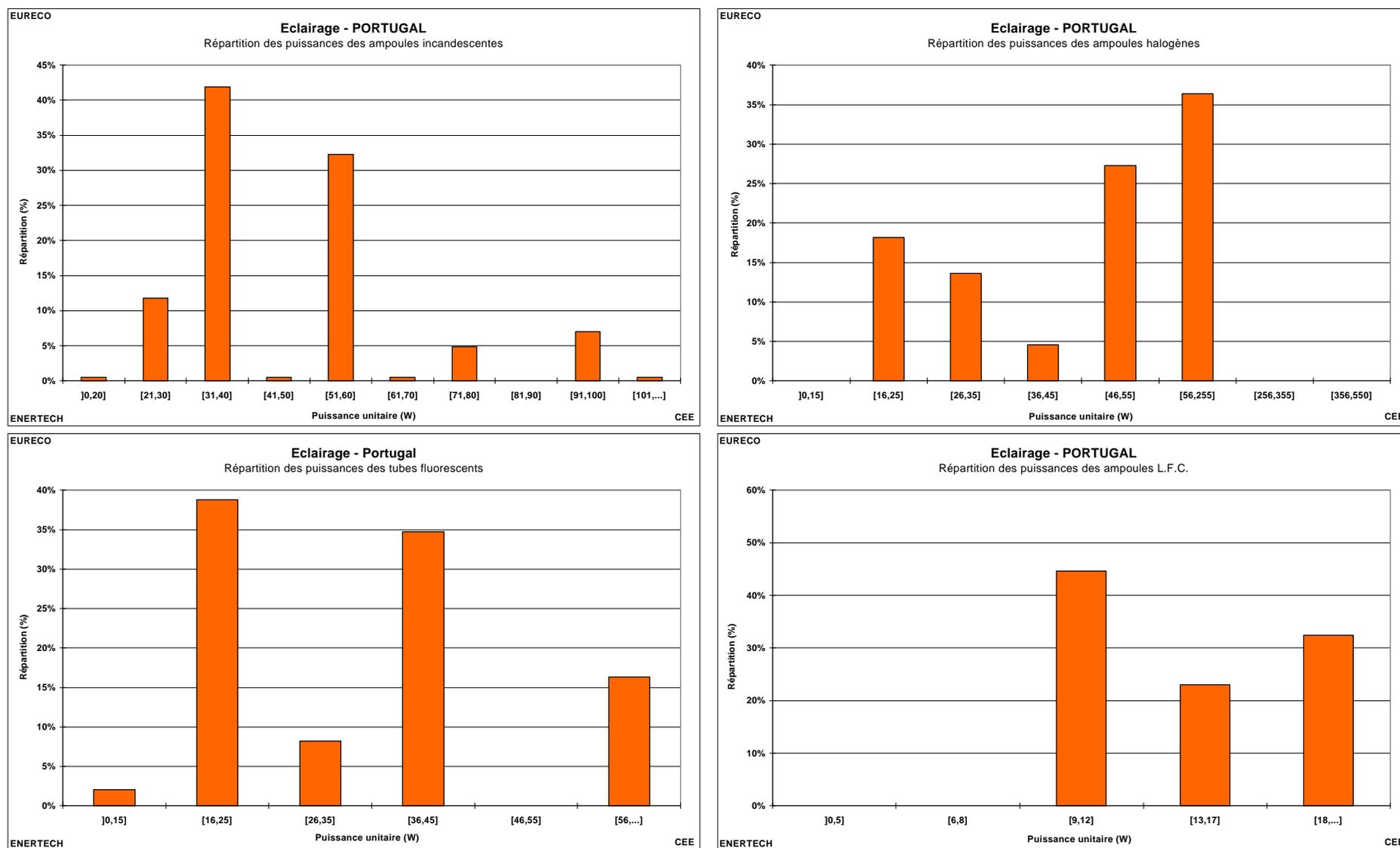


Figure 7.25 : PORTUGAL- distribution de la puissance unitaire des différents types de sources lumineuses

7-3 CONSOMMATIONS ANNUALISEES D'ECLAIRAGE

7.3.1 CONSOMMATIONS ANNUALISEES PAR LOGEMENT

La figure 7.27 représente la distribution des consommations totales d'éclairage pour les quatre échantillons. Les niveaux de consommation obtenus sont plutôt inférieurs à ce que l'on pouvait attendre. En effet, la consommation observée dans le projet *Ecodrôme* était de 465 kWh/an/logement (d'une surface moyenne de 81 m²) et d'autres campagnes de mesure très détaillées en France (sur l'ensemble des circuits lumières hors lampes sur prises de courant) ont conduit à des valeurs proches (510 kWh/an). Or la consommation totale telle qu'elle apparaît ici n'est que de 426 kWh/an dans l'échantillon danois, 381 kWh/an en Grèce, 375 kWh/an en Italie et 179 kWh/an au Portugal (ce résultat devant être considéré avec prudence puisqu'en moyenne seulement 4,5 points de commande ont été suivis).

Les valeurs obtenues au Danemark sont inférieures de 15 % aux valeurs observées en France, mais la part des éclairages de type fluorescent y est beaucoup plus importante, ce qui constitue une bonne explication. Est-ce que la latitude plus au Sud de la Grèce et de l'Italie, associée à un taux d'équipement un peu inférieur peuvent expliquer la moindre consommation de ces deux pays ? C'est ce qu'il va falloir tenter d'expliquer.

Comme toujours avec ce type de distribution, on est frappé par le rapport, dans chaque échantillon, entre les valeurs maximum et minimum de la consommation. Mais elles n'ont ici aucun intérêt véritable puisque l'éclairage est très saisonnier et que les valeurs affichées sont des valeurs « annualisées » de façon linéaire. On a donc des logements suivis aussi bien en été qu'en hiver. En revanche, ceci n'affecte pas la valeur moyenne obtenue (voir § 3.3).

Pays ou projet	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	<i>Ecodrôme</i> (rappel)
Valeur moyenne de la consommation annuelle d'éclairage par logement (kWh)	426	381	375	179 (?)	465

en kWh/an

N.B. : pour *Ecodrôme* la valeur est une mesure sur un an

Figure 7.26 : valeurs de la consommation annualisée moyenne d'éclairage

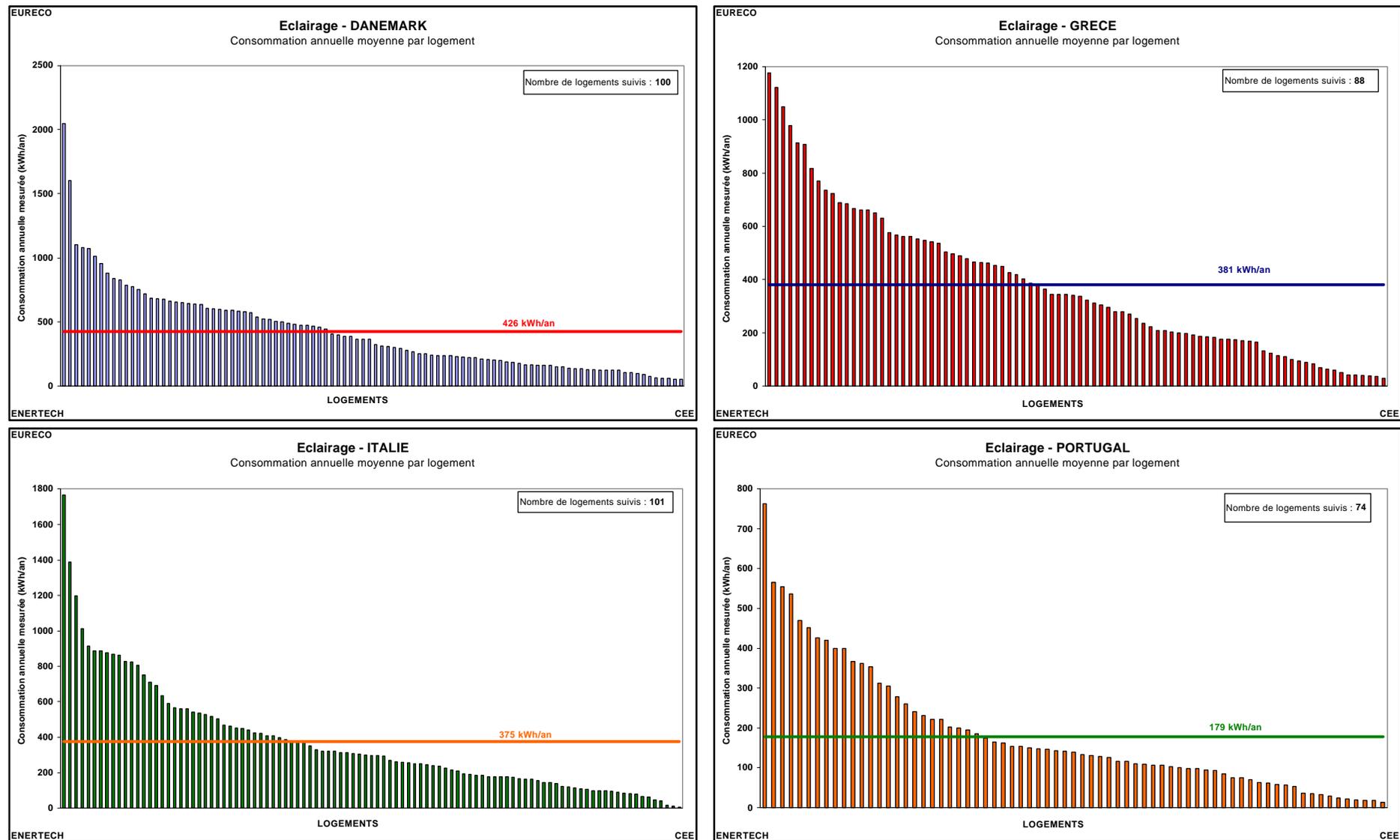


Figure 7.27 : distribution des consommations annualisées totales d'éclairage

7.3.2 CONSOMMATIONS ANNUALISEES PAR PERSONNE

La figure 7.30 représente la distribution des consommations totales d'éclairage par personne. On a également fait apparaître sur chaque distribution la nature du logement : villa ou appartement.

On observe d'abord que la nature du logement (appartement ou villa) n'affecte nullement la distribution puisqu'on retrouve sensiblement la même densité et la même répartition de chaque type de logements dans les différentes distributions.

Pays ou projet	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	<i>Ecodrôme</i> (rappel)
Valeur moyenne de la consommation annuelle d'éclairage par personne (kWh)	151	140	107	64 (?)	119

en kWh/an/pers

N.B. : pour *Ecodrôme* la valeur est une mesure sur un an

Figure 7.28 : valeurs de la consommation annualisée moyenne d'éclairage par personne

Comme dans l'analyse du paragraphe précédent, il ne faut pas attacher d'importance aux valeurs extrêmes observées, puisque certaines ont été mesurées en hiver et d'autres en été. Mais en moyenne, compte tenu de l'équi-répartition de l'échantillon dans les différentes périodes de l'année, on peut considérer que la valeur est juste.

7.3.3 CONSOMMATIONS ANNUALISEES PAR M²

La figure 7.31 représente la distribution des consommations totales d'éclairage par m².

Pays ou projet	Danemark	Grèce	Italie	Portugal	<i>Ecodrôme</i> (rappel)
Valeur moyenne de la consommation annuelle d'éclairage par m ² (kWh/an/m ²)	3,3	3,7	4,0	1,6 (?)	5,7

en kWh/an/m²

Figure 7.29 : valeurs de la consommation annualisée moyenne d'éclairage par m²

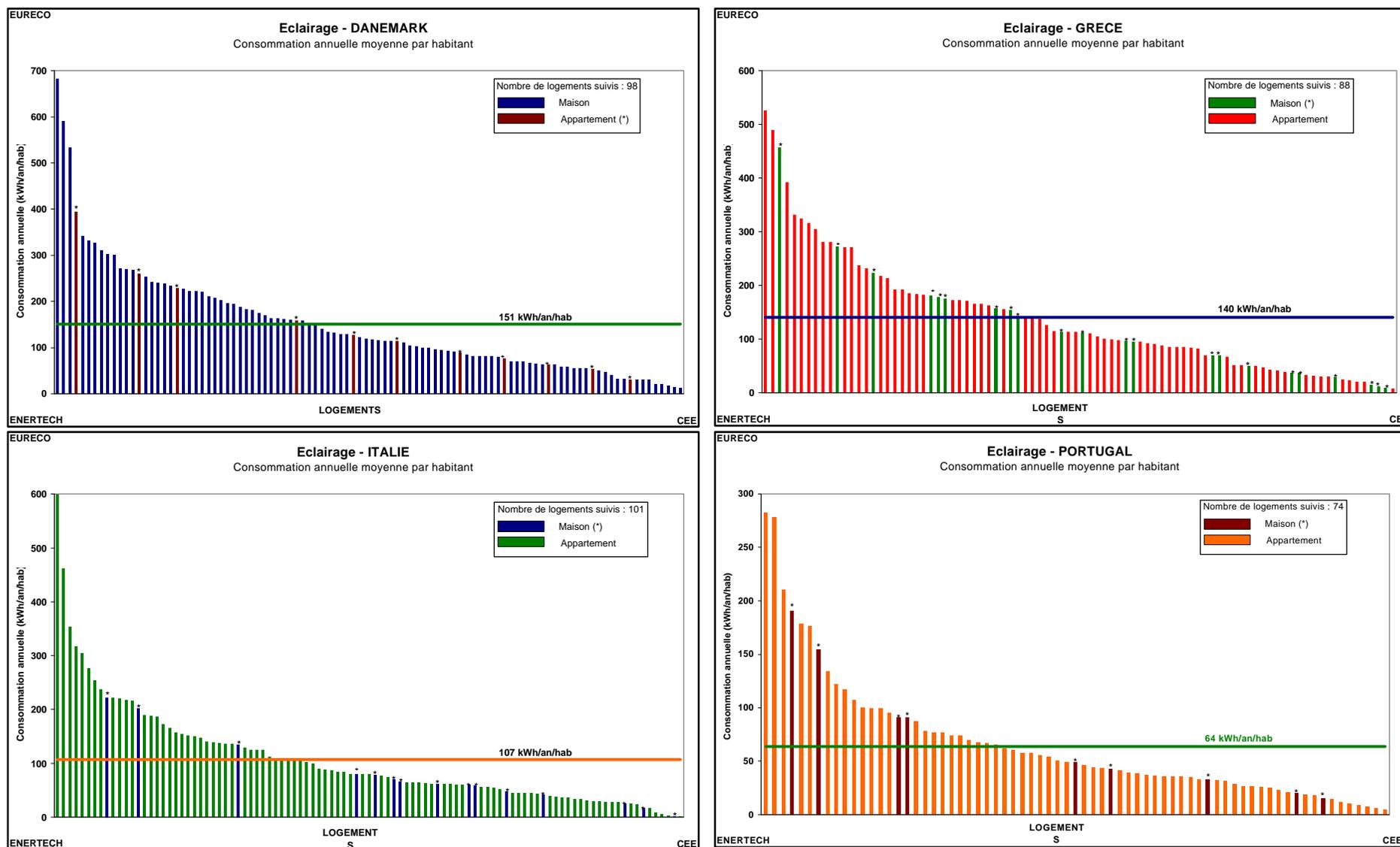


Figure 7.30 : distribution de la consommation annualisée d'éclairage par personne

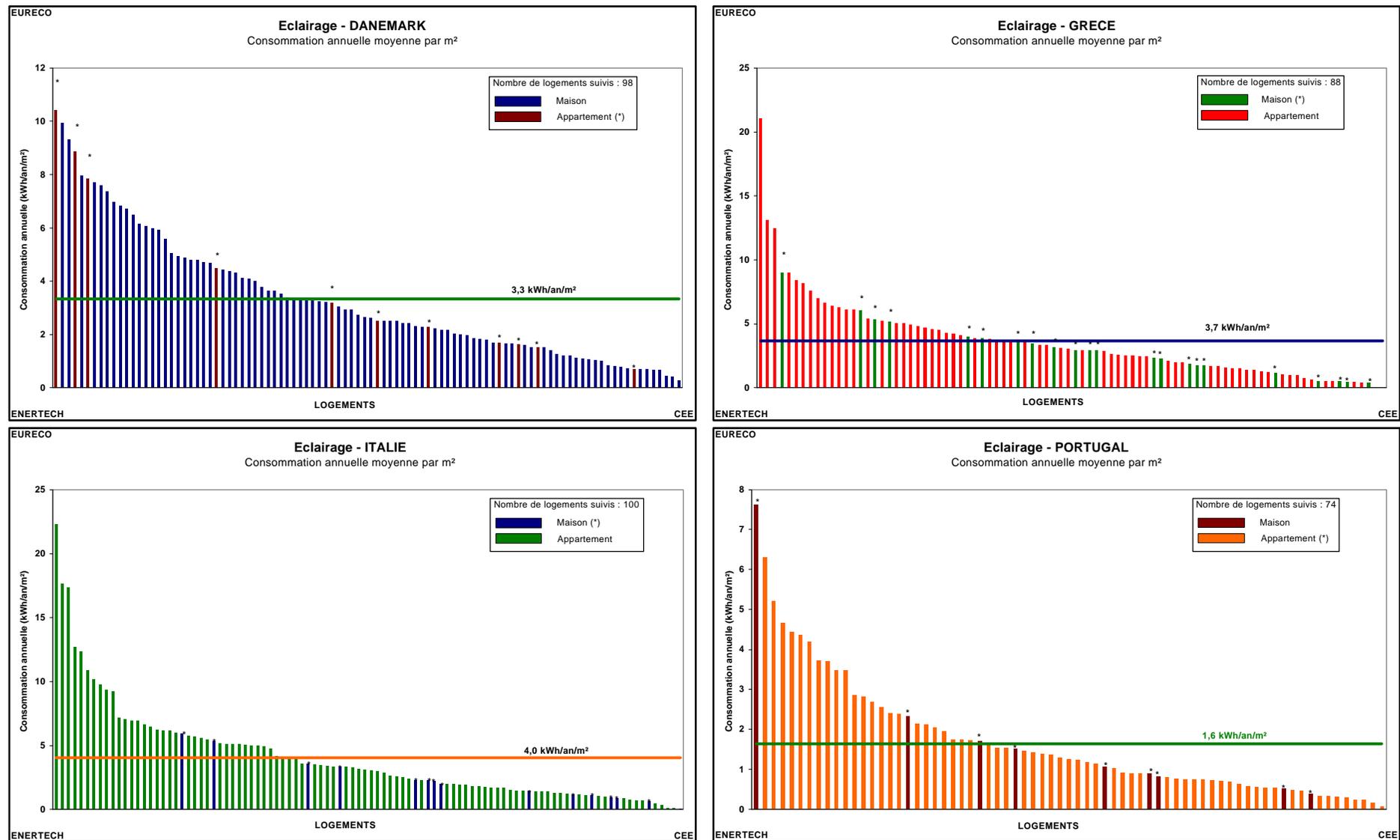


Figure 7.31 : distribution de la consommation annualisée d'éclairage par m²

7.3.4 CONSOMMATION ANNUALISEES MOYENNE PAR TYPE DE PIECE

La figure 7.32 répond à la question « quelle est la consommation moyenne d'éclairage d'un séjour ou d'une chambre à coucher ? ». Ces résultats sont obtenus à partir de l'analyse des seuls logements qui comportent les pièces étudiées.

Dans tous les échantillons à l'exception du Portugal, la consommation d'éclairage d'un séjour/salle à manger, quelle que soit la nature du type de source, est de 130 kWh/an.

Il n'existe aucune autre similitude de consommation entre les autres pièces d'un même type dans les différents échantillons.

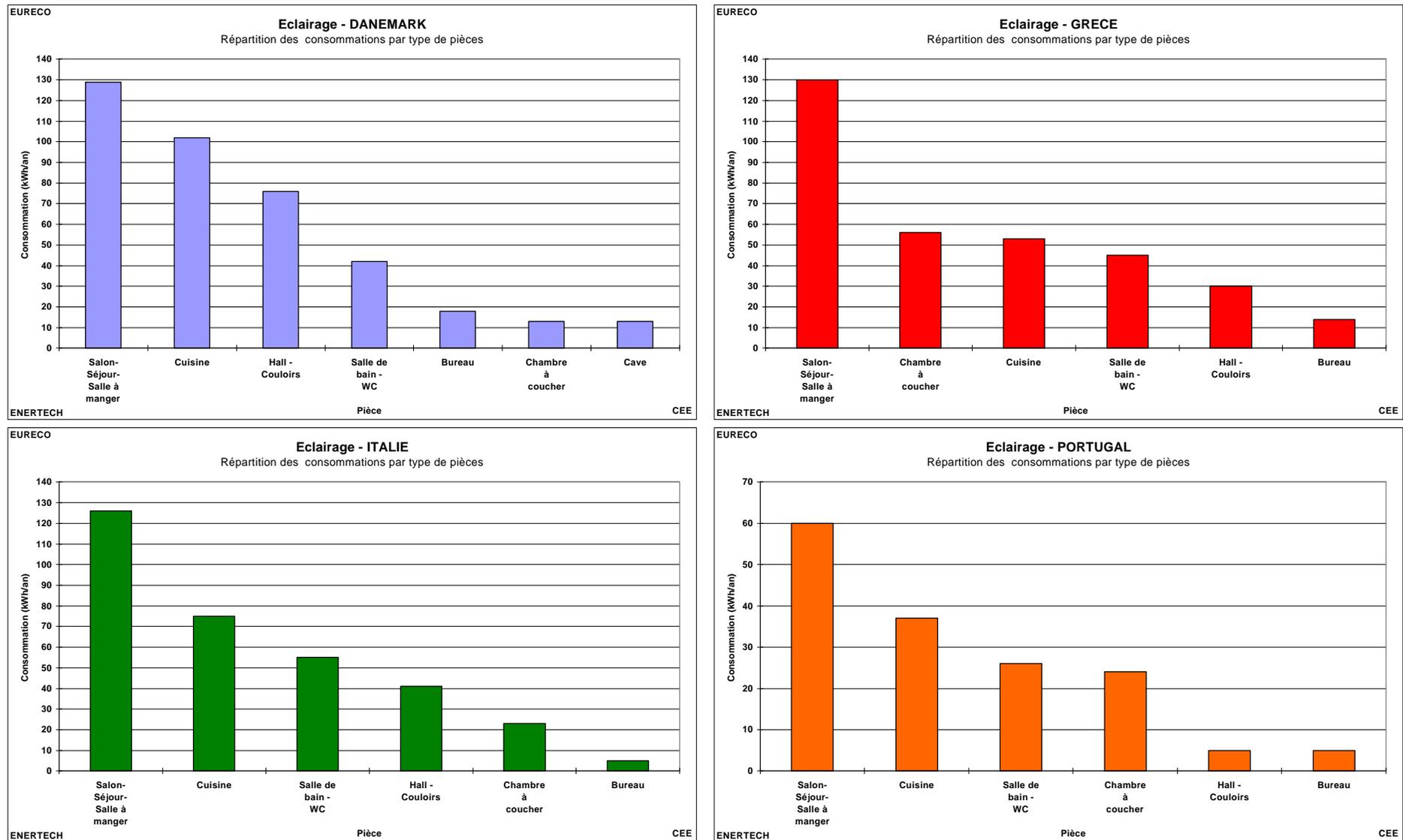


Figure 7.32 : consommation moyenne d'éclairage de chaque type de pièce (pour une seule pièce de chaque type)

7-4 STRUCTURE DE LA CONSOMMATION ANNUALISEE D'ECLAIRAGE

7.4.1 STRUCTURE DE LA CONSOMMATION PAR TYPE DE PIECE, VU DU RESEAU

La figure 7.33 représente la structure de la consommation par type de pièce, vu du réseau. Pour établir ce type de graphique on somme toutes les consommations observées sur l'ensemble des périodes de mesure et pour l'ensemble des logements en les regroupant par type de pièces, puis on réfère la consommation totale de chaque type de pièce à la consommation totale observée pour l'éclairage de l'ensemble des logements. Le résultat renseigne sur l'usage final de l'électricité distribuée.

Ceci met en évidence que, dans tous les pays, la pièce consommant le plus d'éclairage est toujours le séjour/salle à manger/salon qui représente partout entre 30 et 35 % de la consommation totale absorbée par l'éclairage.

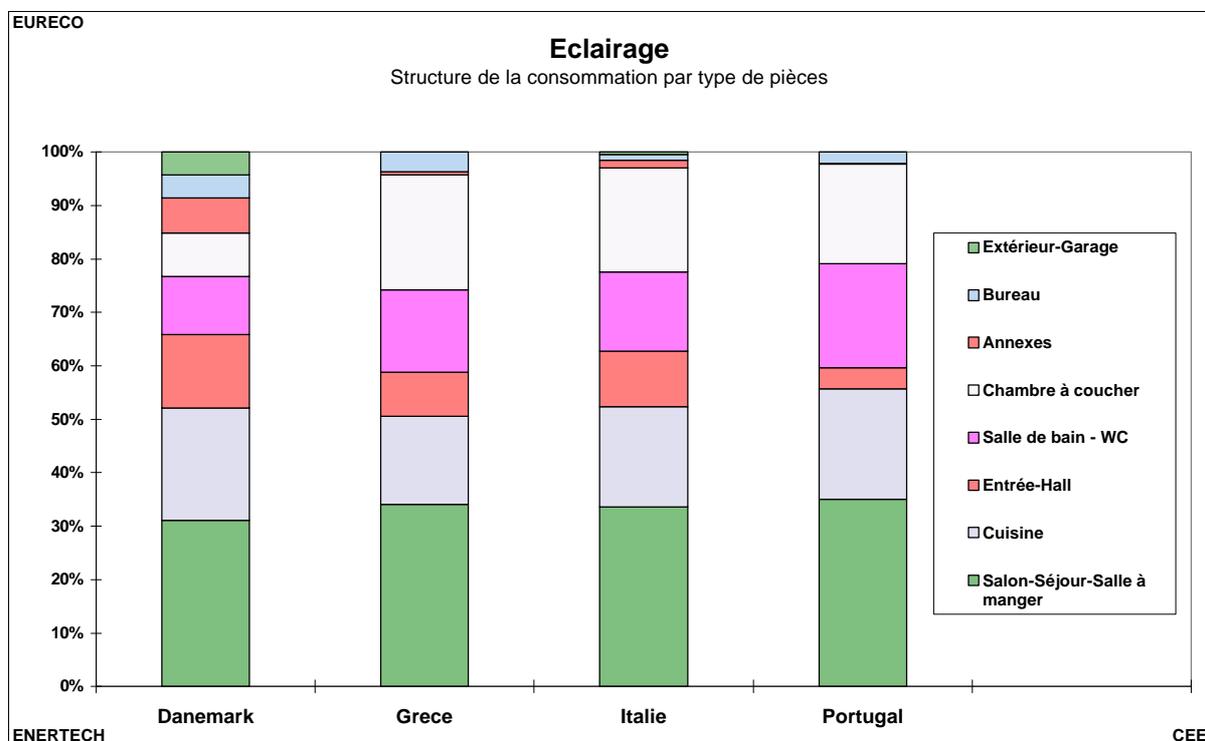


Figure 7.33 : structure de la consommation d'éclairage par type de pièce, vu du réseau

En second lieu on trouve la cuisine (Danemark, Portugal), ou les chambres à coucher (Grèce, Italie). Dans tous les pays, le séjour/salle à manger et la cuisine absorbent ensemble entre 50 (Grèce) et 55 % (Portugal) de la consommation totale. Si l'on rajoute les chambres, on atteint 60 % de la consommation totale au Danemark, et 72 à 74 % dans les trois autres pays.

Il faut aussi relever la particularité présentée par les salles de bains dont la consommation d'éclairage est supérieure à celle de l'ensemble des chambres au Portugal et au Danemark.

7.4.2 STRUCTURE DE LA CONSOMMATION PAR TYPE D'ECLAIRAGE, VU DU RESEAU

La figure 7.34 présente le même type d'analyse qu'au paragraphe précédent, mais en fonction du type de source lumineuse et non plus du type de pièce.

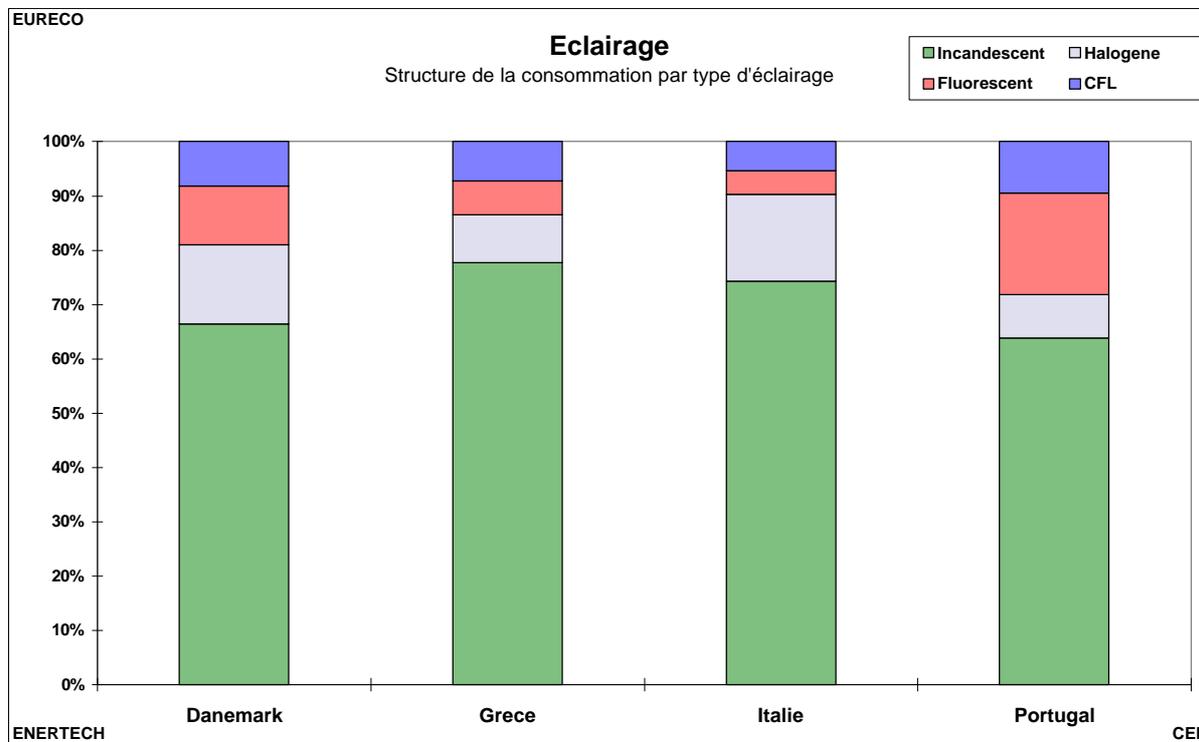


Figure 7.34 : structure de la consommation d'éclairage par type de source lumineuse, vu du réseau

Compte tenu de sa très faible efficacité énergétique, l'incandescence représente la part la plus importante de la consommation d'éclairage avec une moyenne de 71 % sur les quatre échantillons (de 64 % au Portugal à 78 % en Grèce). Si l'on ajoute la part de l'halogène, la part des deux réunis est en moyenne de 83 % (de 73 % au Danemark à 91 % en Italie). Enfin la part des LBC varie de 4,3 % en Italie à 8,1 % au Danemark et au Portugal. Il existe donc une importante marge de progression énergétique par l'utilisation plus étendue des LBC.

7-5 COURBE DE CHARGE HORAIRE MOYENNE

7.5.1 STRUCTURE DE LA COURBE DE CHARGE HORAIRE EN FONCTION DU TYPE DE SOURCE LUMINEUSE

Les courbes de charge horaires sont, rappelons-le, des moyennes obtenues sur l'ensemble des logements de l'échantillon, donc sur toutes les périodes de l'année.

Les puissances moyennes, vu du réseau, observées à l'heure de pointe du soir ne sont que de 130 W au Danemark et en Grèce, et de seulement de 65 W au Portugal.

On est également surpris par le niveau relativement élevé de la consommation en pleine nuit en Grèce.

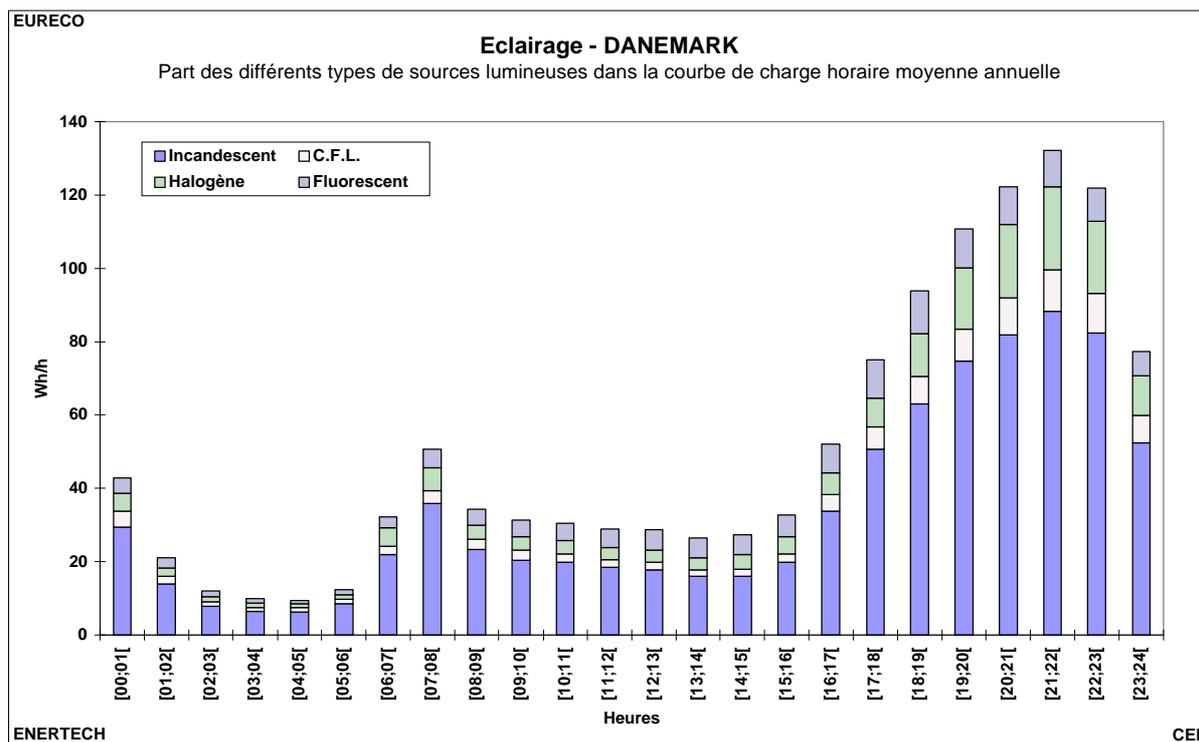


Figure 7.35 : DANEMARK - Structure de la courbe de charge de l'éclairage en fonction des différents types de sources lumineuses

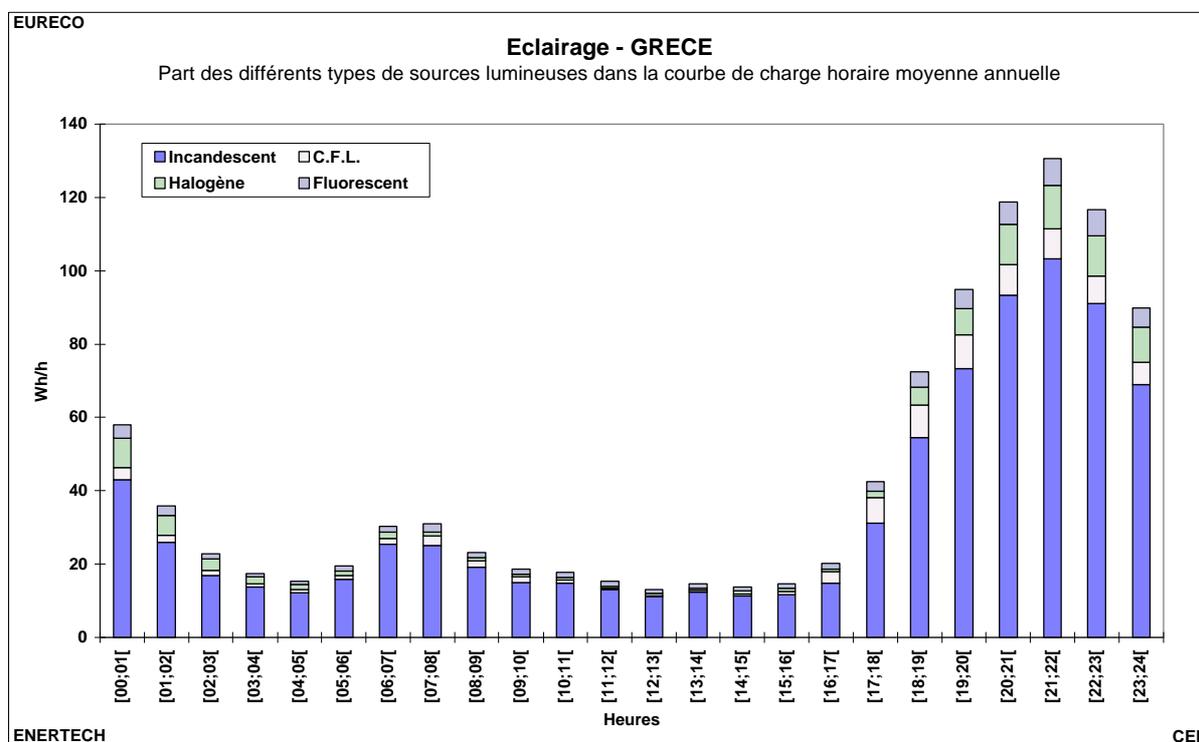


Figure 7.36 : GRECE - Structure de la courbe de charge de l'éclairage en fonction des différents types de sources lumineuses

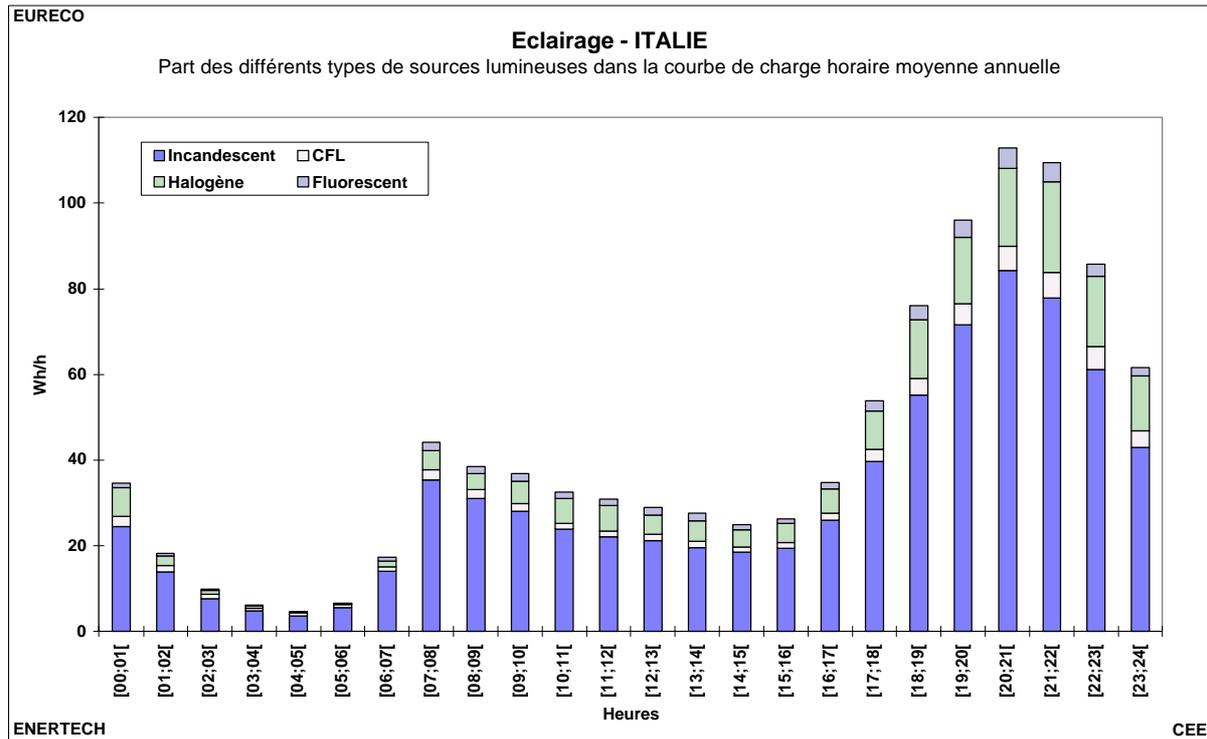


Figure 7.37 : ITALIE - Structure de la courbe de charge de l'éclairage en fonction des différents types de sources lumineuses

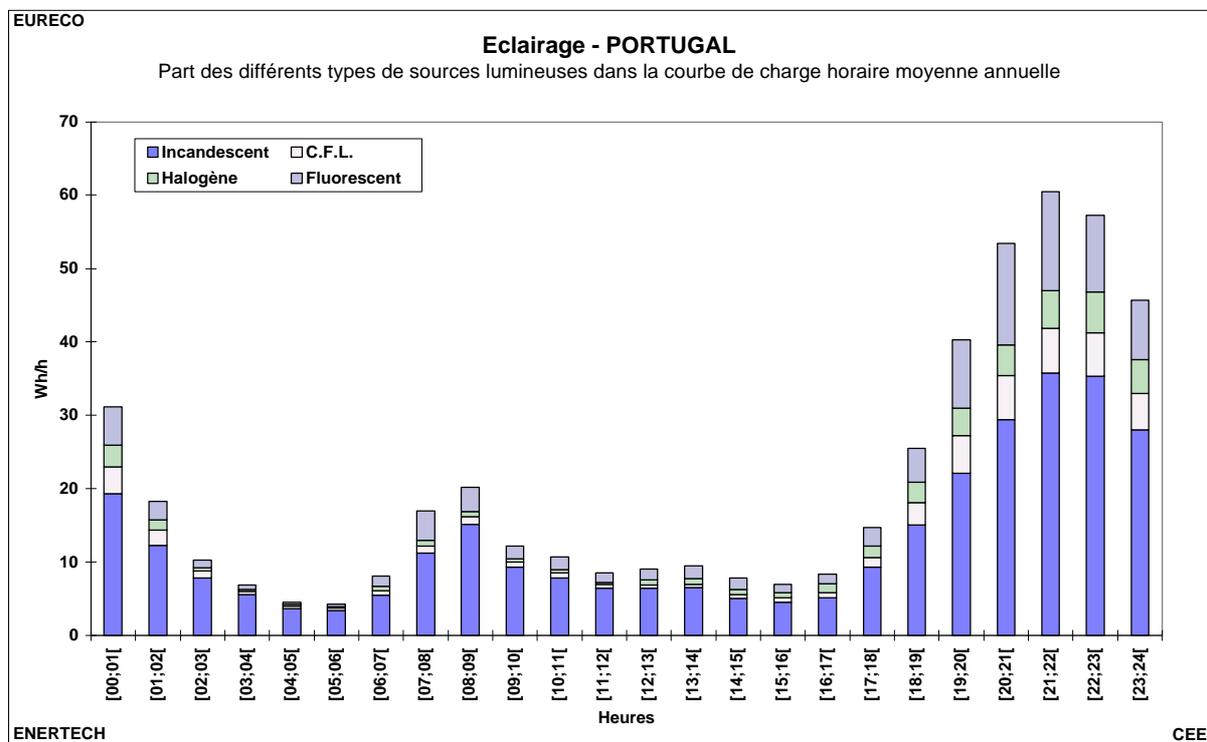


Figure 7.38 : PORTUGAL - Structure de la courbe de charge de l'éclairage en fonction des différents types de sources lumineuses

7.5.2 COURBE DE CHARGE HORAIRE PAR TYPE DE PIERCE

Les figures 7.39 à 7.44 représentent pour chaque type de pièce, la courbe de charge horaire moyenne observée sur l'ensemble des logements de chaque échantillon.

On remarque que, quel que soit le type de pièce, il existe en permanence des consommations la nuit. Il est peu probable que ces consommations soient en totalité le fait d'utilisateurs. Il s'agit très vraisemblablement de lampes oubliées. Il existe là aussi un gisement parfois non négligeable.

Ces courbes n'appellent pas de commentaires particuliers. Elles traduisent les habitudes culturelles de chaque pays et permettent de mieux comprendre comment et quand sont utilisés les foyers lumineux.

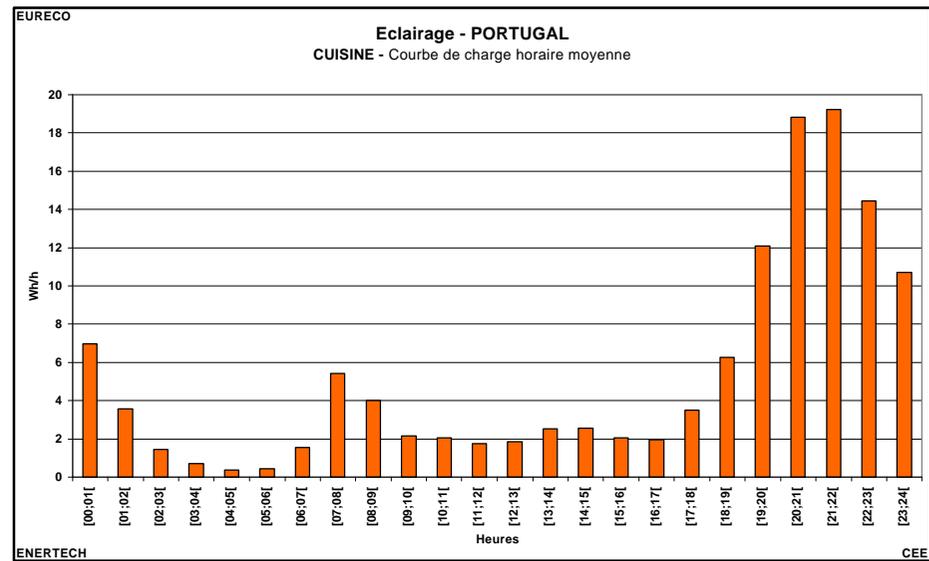
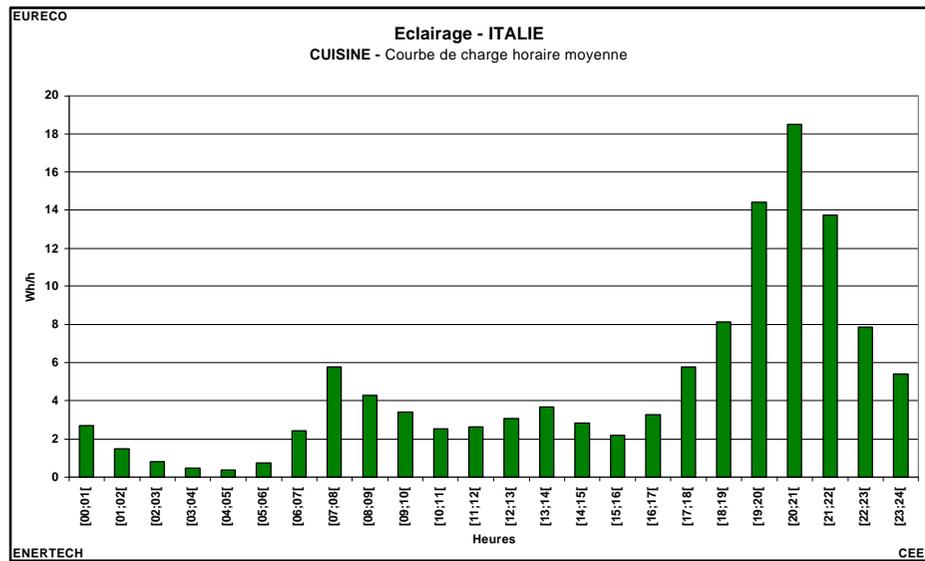
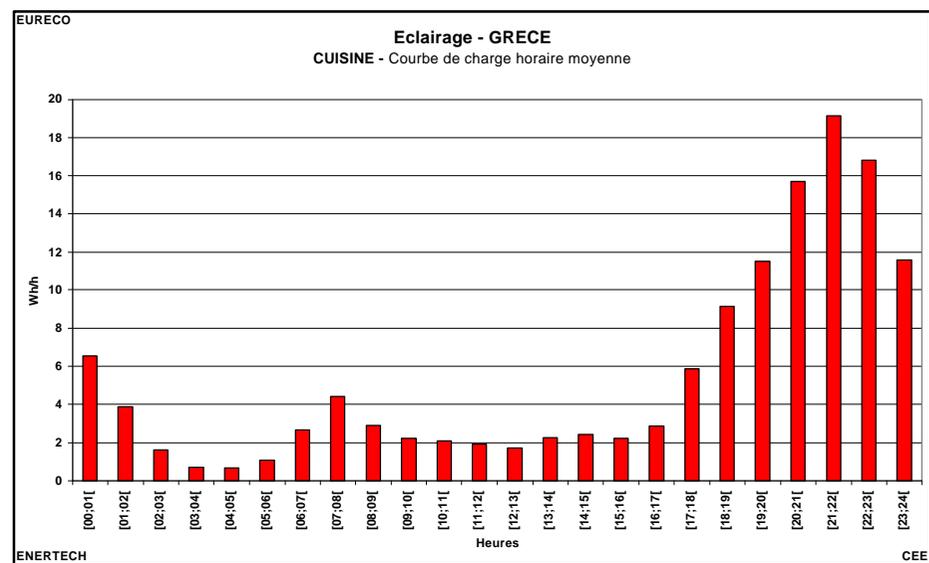
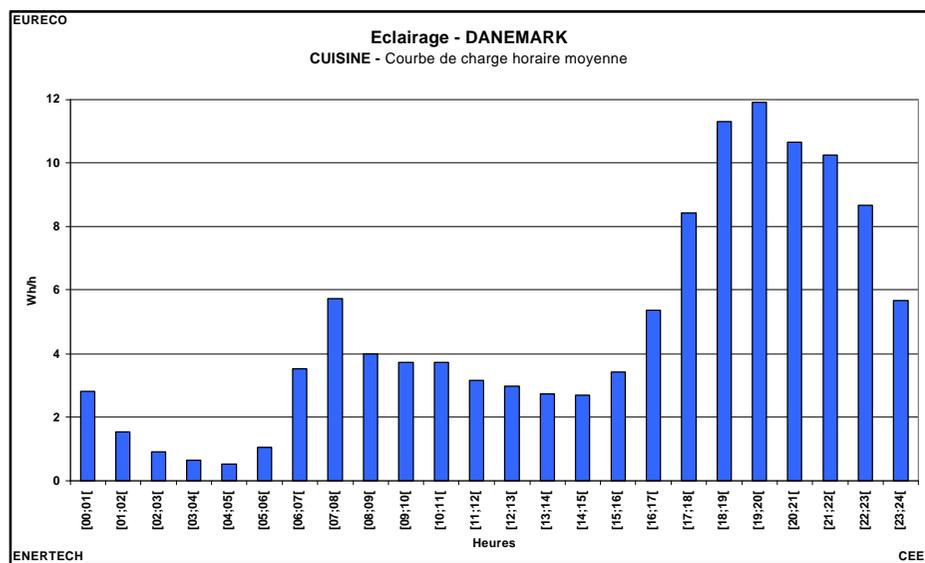


Figure 7.39 : CUISINE - courbe de charge de l'éclairage

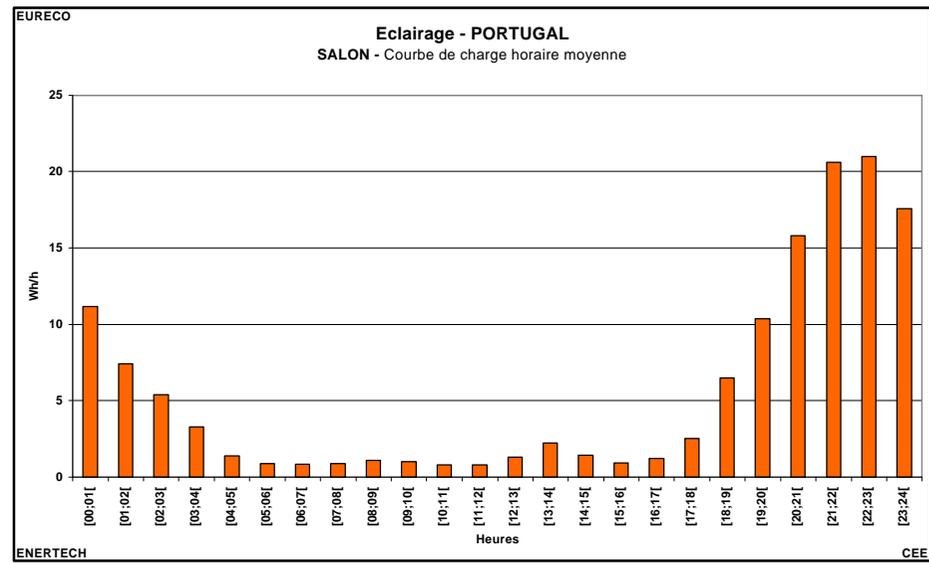
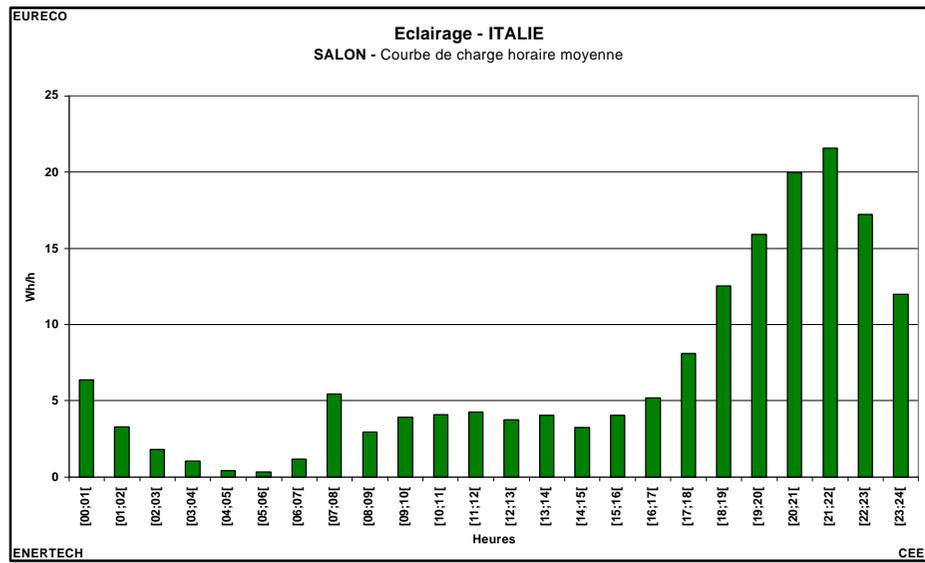
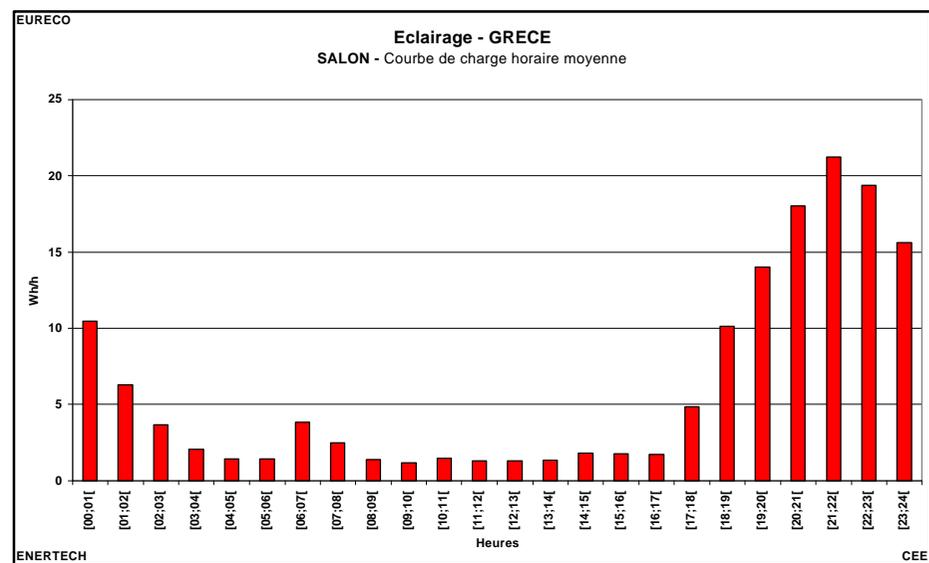
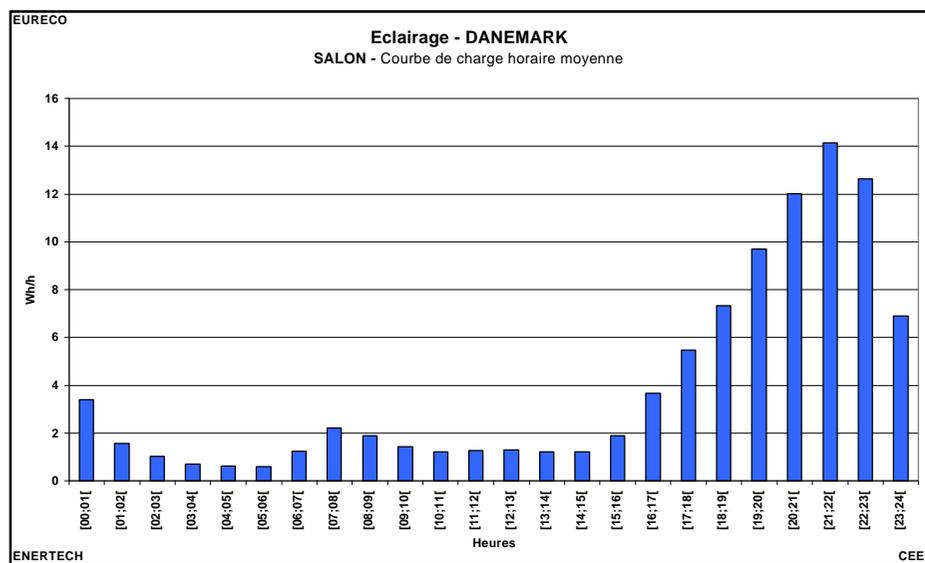


Figure 7.40 : SALON - courbe de charge de l'éclairage

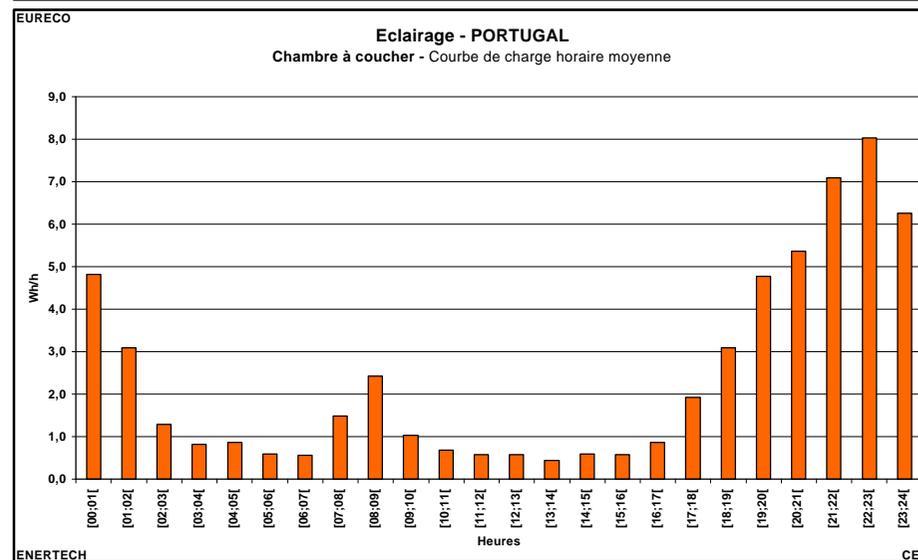
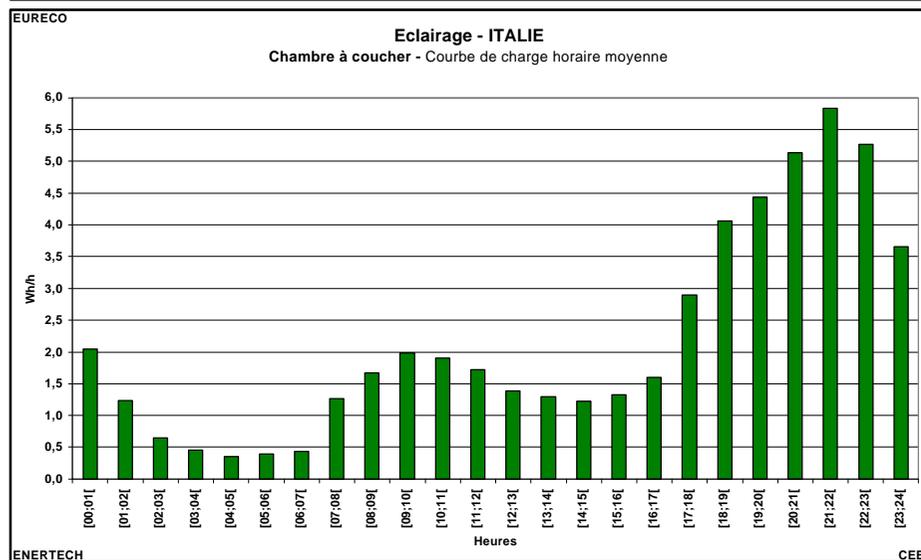
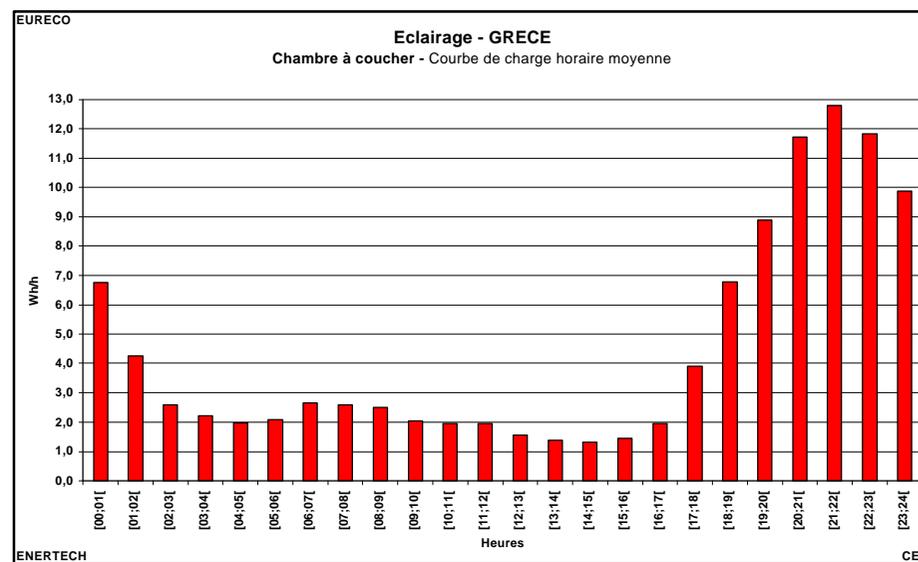
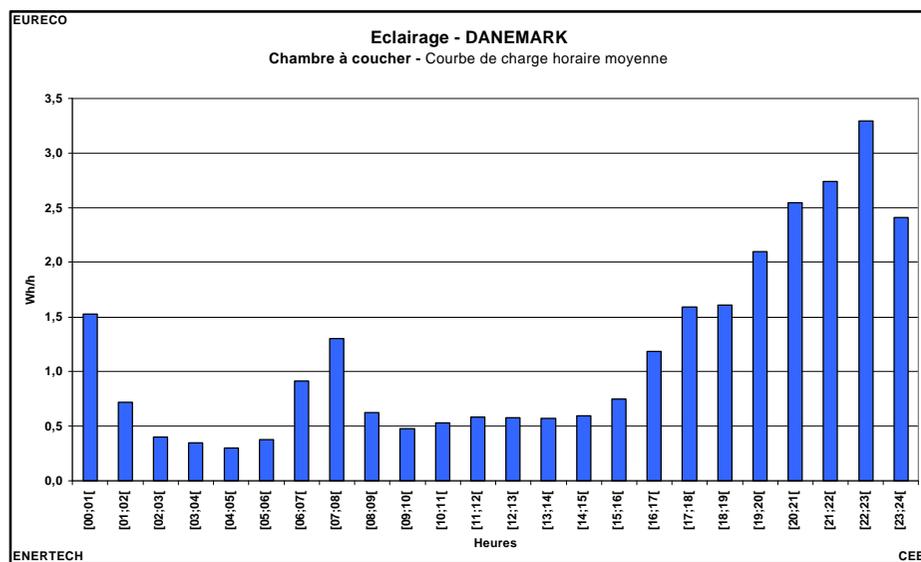


Figure 7.41 : CHAMBRE A COUCHER - courbe de charge de l'éclairage

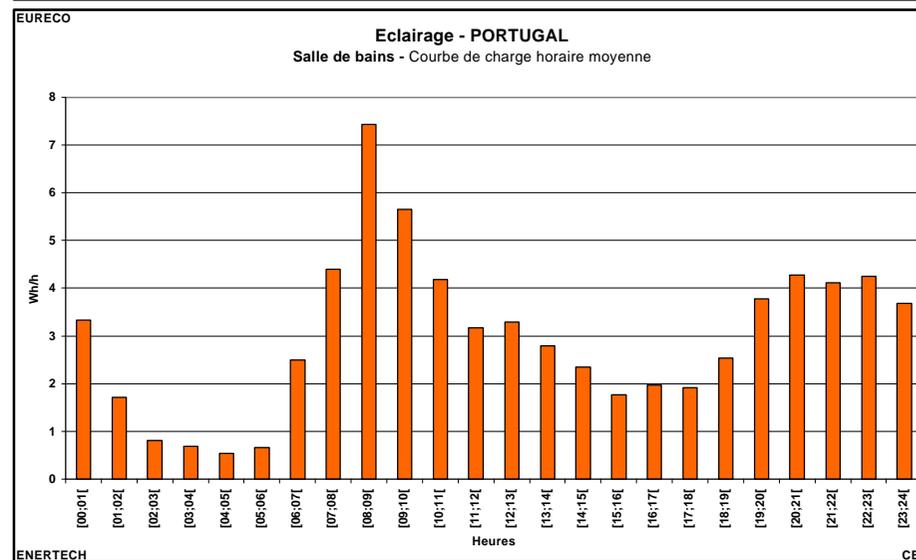
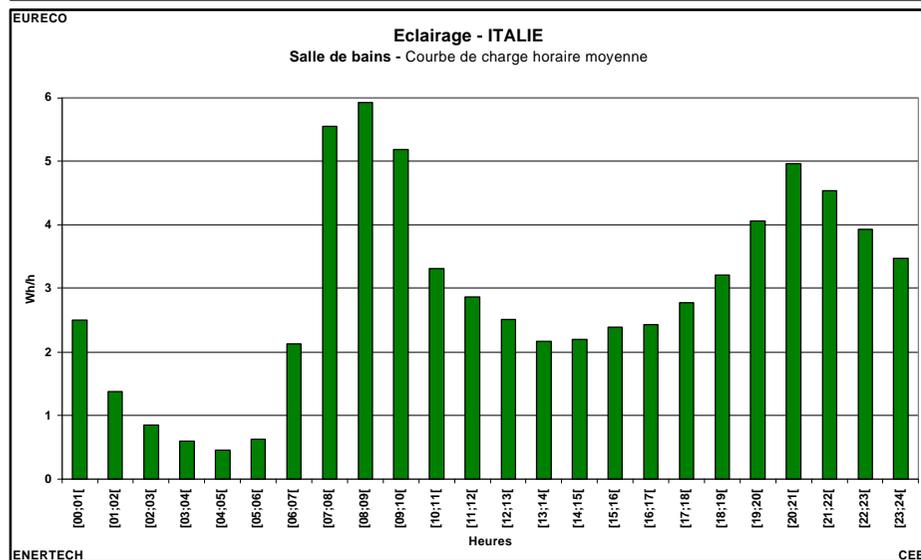
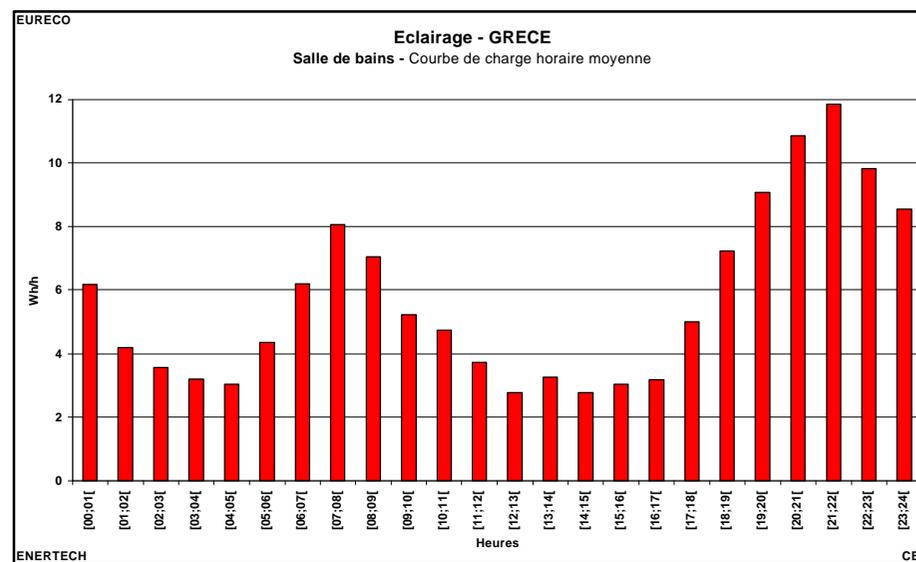
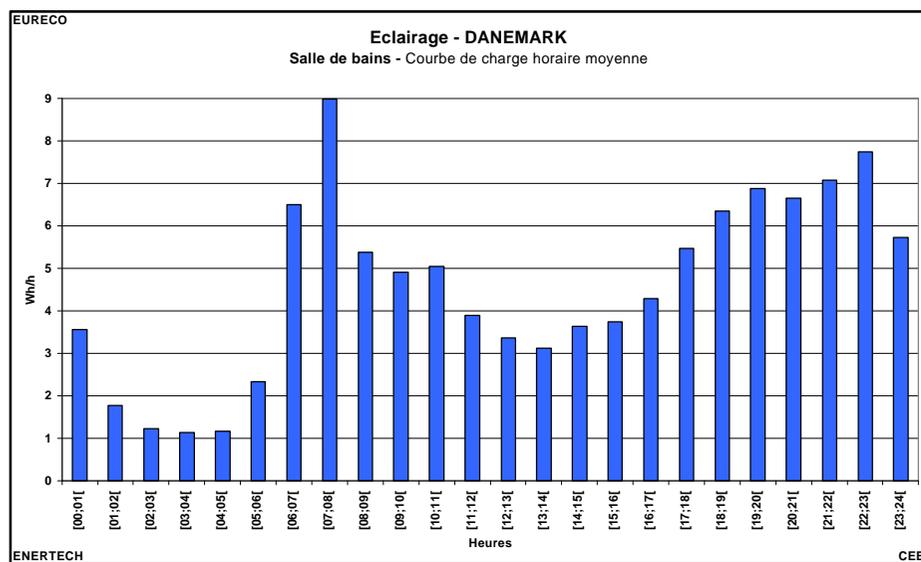


Figure 7.42 : SALLE DE BAINS - courbe de charge de l'éclairage

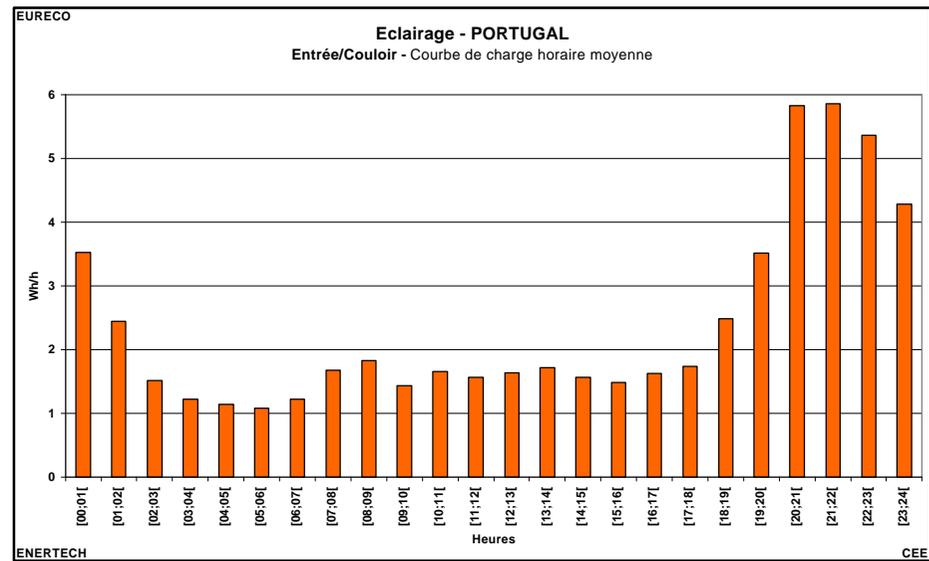
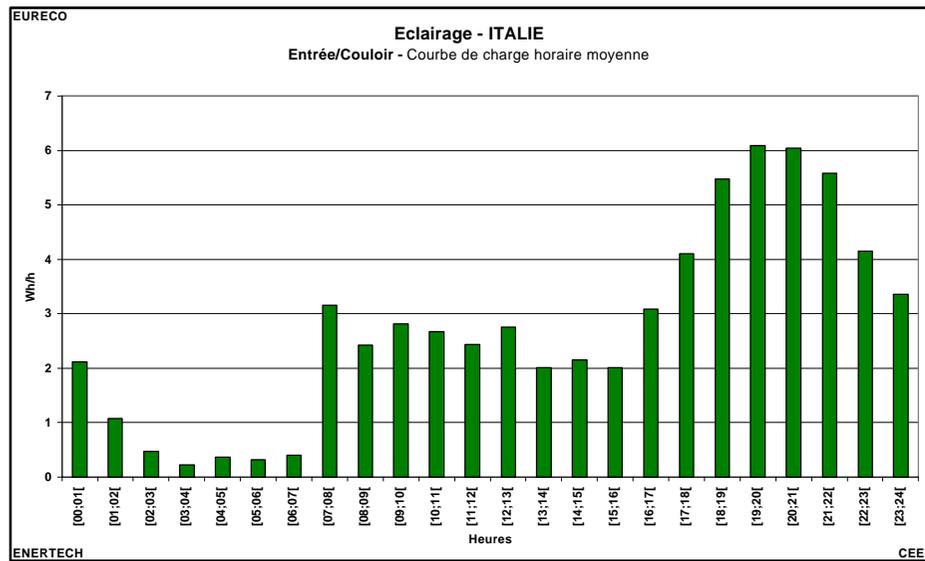
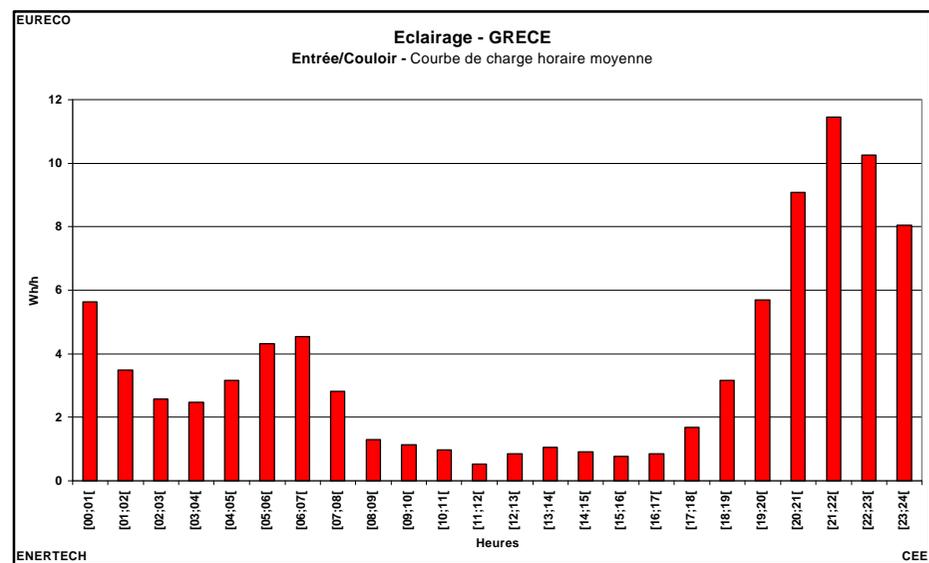
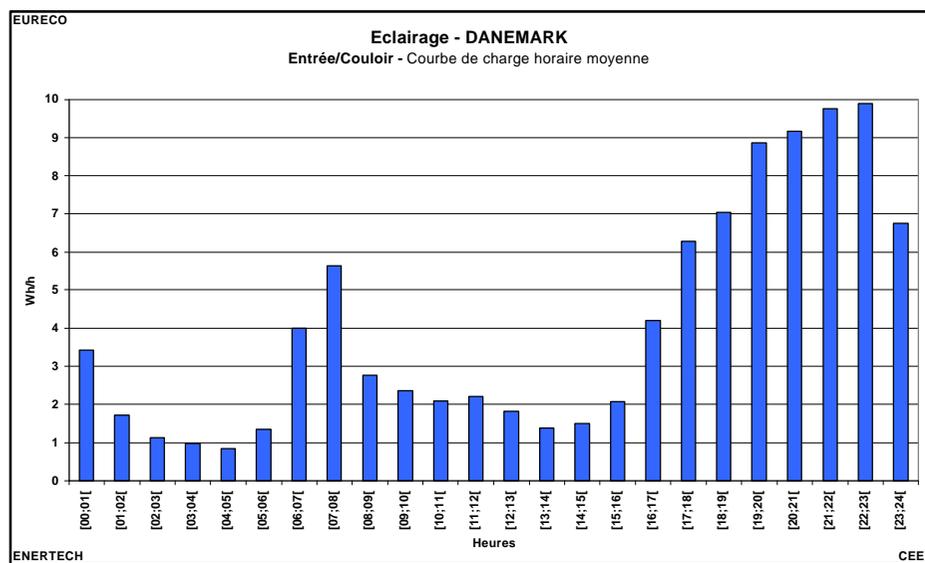


Figure 7.43 : ENTREE/COULOIR - courbe de charge de l'éclairage

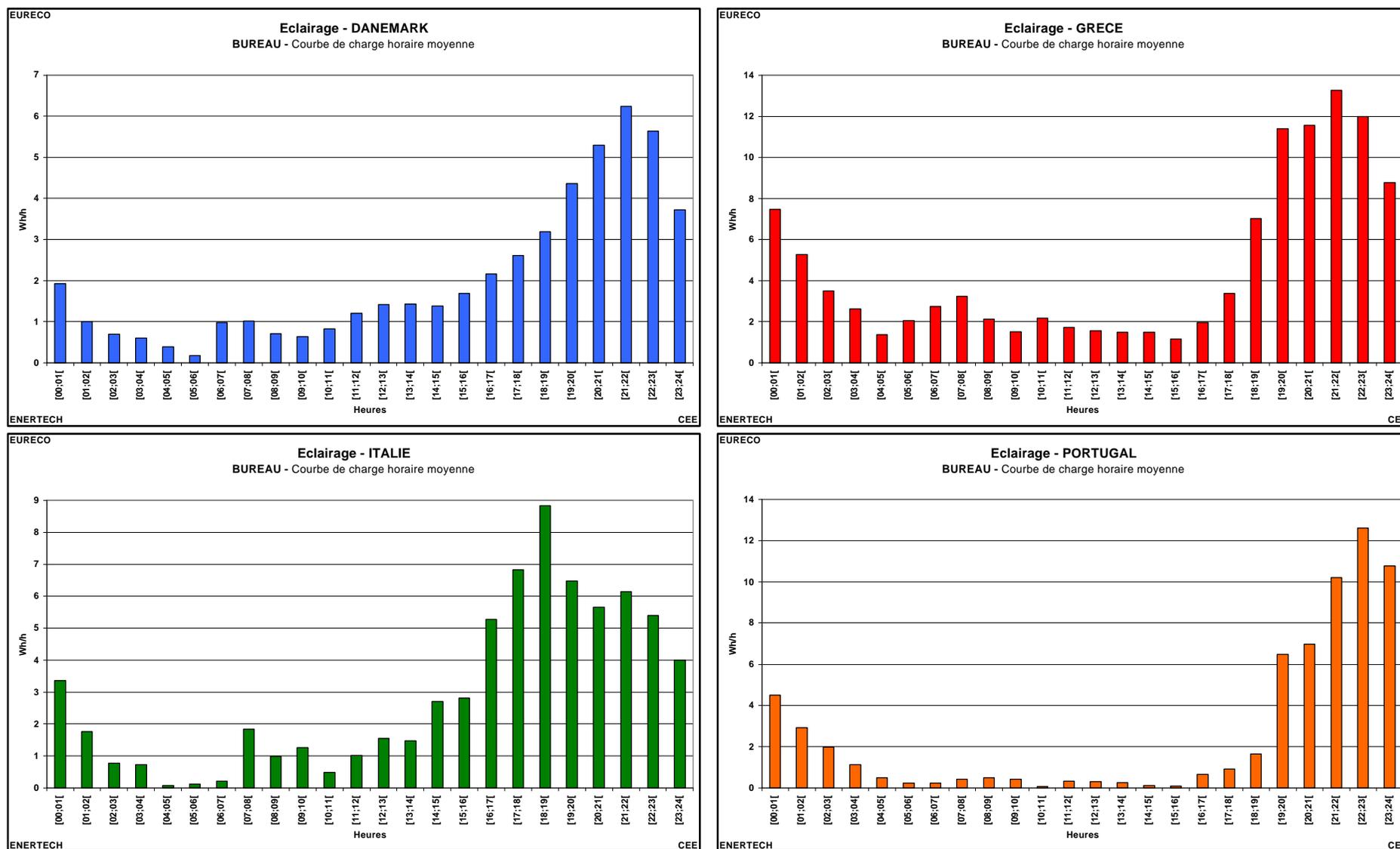


Figure 7.44 : BUREAU - courbe de charge de l'éclairage

7-6 DUREE DE FONCTIONNEMENT DE L'ECLAIRAGE

7.6.1 DUREE ANNUELLE TOTALE PAR LOGEMENT

La durée totale de fonctionnement de l'éclairage est un compteur que l'on incrémente dès qu'un seul foyer lumineux se met en marche dans le logement. Le résultat obtenu représente donc le temps total dans l'année, pendant lequel au moins une source lumineuse a été en fonctionnement.

La figure 7.45 fournit les distributions, pour chaque échantillon, de la durée de fonctionnement annuelle de l'éclairage. La valeur moyenne de cette distribution figure sur chaque graphique. Elle est fiable. En revanche, il est légitime que les extremums de ces distributions soient très contrastés puisque certains logements ont été suivis en hiver et d'autres en été.

Les valeurs moyennes observées sont de :

Danemark	:	3422 h/an
Grèce	:	2528 h/an
Italie	:	2630 h/an
Portugal	:	2039 h/an

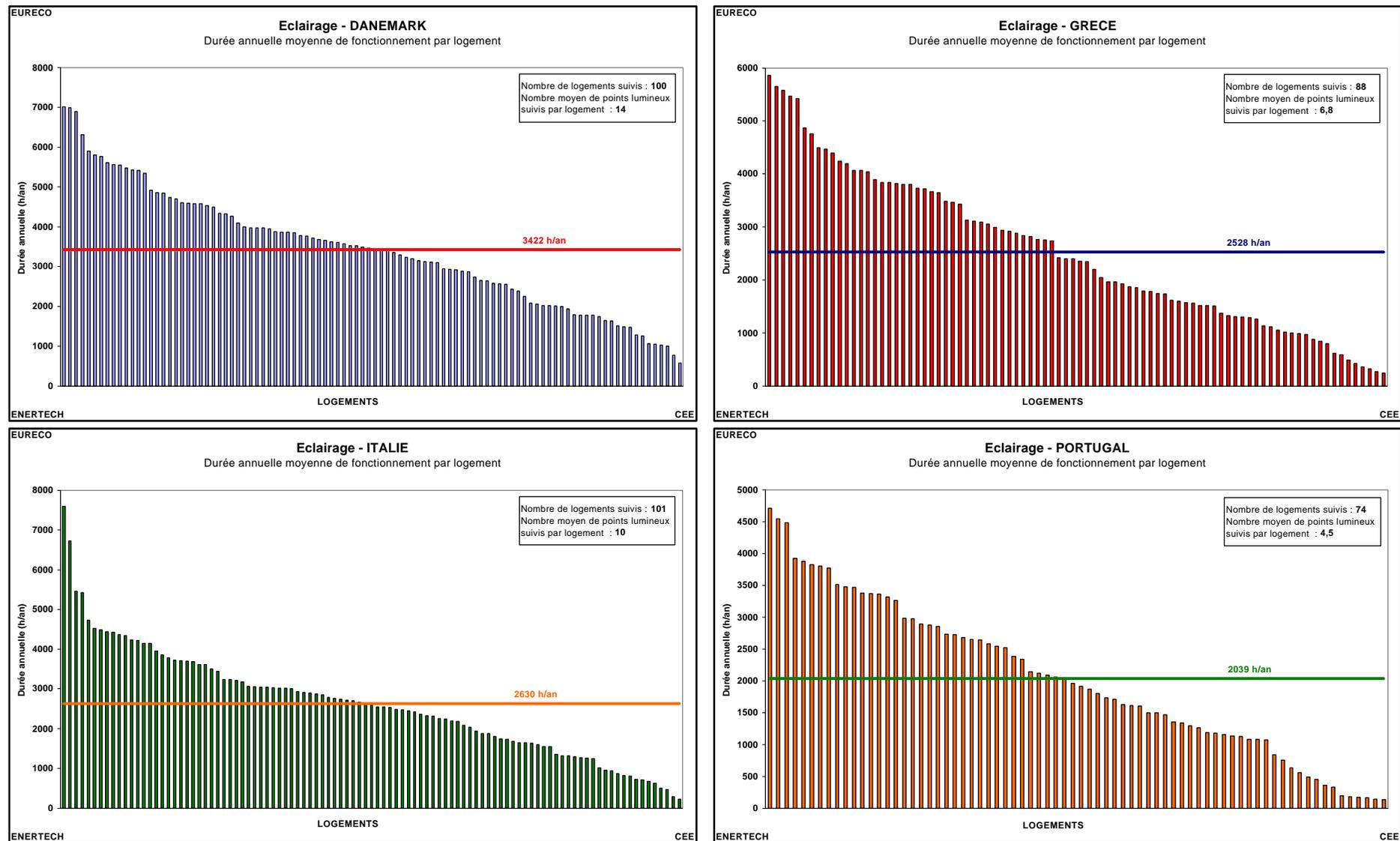


Figure 7.45 : distribution de la durée totale de fonctionnement de l'éclairage par logement

7.6.2 DUREE ANNUELLE TOTALE PAR TYPE DE SOURCE LUMINEUSE

La figure 7.46 représente la structure de la durée annuelle de fonctionnement (en source.heure) par type de source lumineuse, vu du réseau.

Pour cela on comptabilise le nombre d'heures de fonctionnement de chaque source lumineuse pendant la période d'observation. Si un luminaire comporte 3 lampes à incandescence et fonctionne pendant 2 h, on comptabilisera 6 heures de fonctionnement pour le poste incandescence. Ce calcul est fait pour l'ensemble des sources lumineuses pendant l'ensemble de la période d'observation, pour tous les logements.

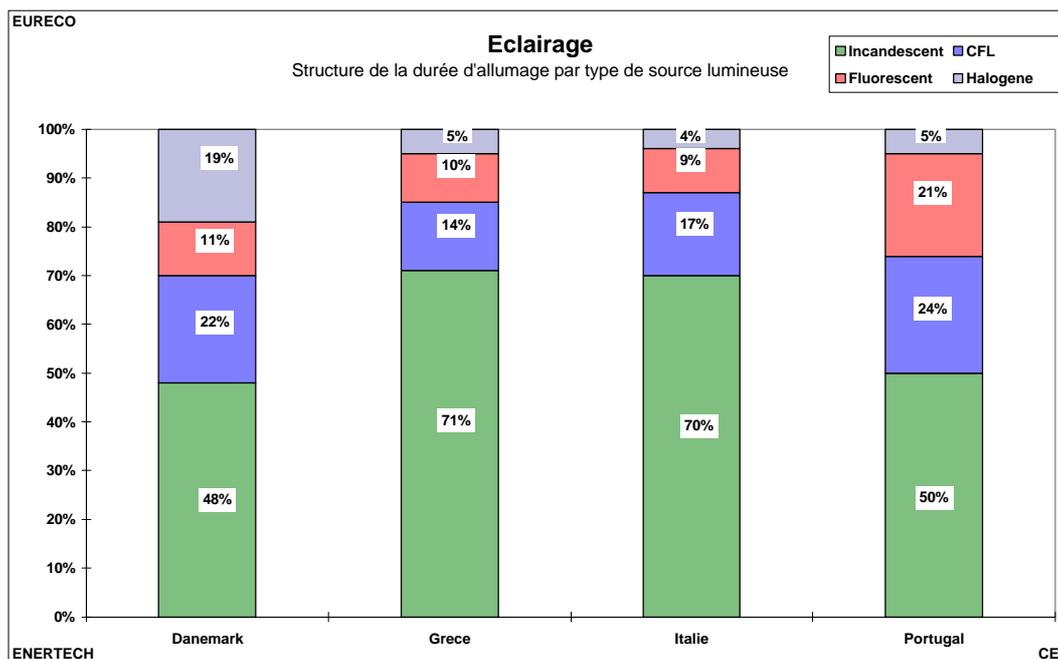


Figure 7.46 : structure de la durée de fonctionnement des différentes sources lumineuses

Il apparaît que l'incandescence représente, en temps total de fonctionnement, la part la plus importante dans tous les pays, mais cette part ne dépasse pas 50 % au Danemark et au Portugal et se situe à 70 % en Grèce et en Italie. Associée à l'halogène, leur part commune varie de 55 % (Portugal) à 76 % en Grèce. Mais le résultat le plus intéressant est la part occupée par les LBC : elles n'assurent jamais moins de 14 % (en Grèce) du temps total de fonctionnement des sources lumineuses, et ce taux peut atteindre 24 % au Portugal. Si on se reporte aux valeurs de la figure 7.1 fournissant le nombre de LBC par logement, on peut établir une comparaison entre le pourcentage de LBC en place, et la part du temps total de fonctionnement que ces LBC assurent :

	Danemark	Grèce	Italie	Portugal
Taux de LBC dans le nombre total d'ampoules (%)	14,8	5,8	12,9	18,8
Part des LBC dans le temps de fonctionnement total (%)	22	14	17	24
Rapport (2) / (1)	1,49	2,41	1,32	1,28

On voit que c'est en Grèce, où le taux d'équipement en LBC est le plus bas, que ces LBC sont le mieux valorisées, à savoir sur les luminaires les plus utilisés. C'est en Italie et au Portugal qu'elles semblent le moins bien utilisées.

7.6.3 DUREE ANNUELLE PAR PIECE, PAR LUMINAIRE ET PAR TYPE DE SOURCE

Toutes les durées de fonctionnement de l'éclairage ont été évaluées, par pièce, par luminaire et par type de source.

La durée d'éclairage par pièce a été déterminée de la même façon que pour le logement (voir § 7.6.1) : dès qu'un seul foyer lumineux fonctionne, la durée d'éclairage de la pièce s'incrémente. Toutes les valeurs calculées l'ont été sur la durée effective de suivi de chaque logement, puis elles ont été annualisées de façon linéaire au prorata du nombre de jours.

Concernant le temps de fonctionnement des luminaires, nous avons distingué les principaux luminaires (on en a rencontré jusqu'à onze dans une même pièce) en se bornant à quatre. Le mode de calcul a été le même, et la moyenne a été établie à partir du nombre de luminaires du rang étudié présents dans l'échantillon.

L'analyse par type de source lumineuse, et par type de luminaire a procédé de la même manière, mais certains résultats peuvent apparaître à première vue, un peu paradoxaux. Par exemple, dans les cuisines en Italie, la durée totale de fonctionnement moyen, tous luminaires confondus, est de 1261 h/an, mais par type de source le temps de fonctionnement des LBC est de 1416 h/an, ce qui est *a priori* anormal. L'explication tient en ce que la première valeur a été calculée sur l'ensemble des logements, alors que la seconde a été déterminée sur un échantillon très réduit dans lequel, par hasard, le temps d'utilisation était élevé. Plutôt que de supprimer ces valeurs nous les avons laissées car elles constituent un élément d'information, à condition d'être interprétées correctement.

		CUISINE			
Sources lumineuses	Luminaire	Danemark	Grèce	Italie	Portugal
Toutes sources confondues	Tous	1375	1123	1261	1035
	n°1	1144	1044	1150	1022
	n°2	610	349	488	-
	n°3	410	-	-	-
	n°4	-	-	-	-
Incandescence	n°1	865	795	894	668
	n°2	562	-	537	-
	n°3	363	-	-	-
	n°4	-	-	-	-
Halogène	n°1	869	381	-	-
	n°2	563	-	-	-
	n°3	-	-	-	-
Tubes fluo	n°1	804	951	1416	1118
	n°2	295	-	-	-
LBC	n°1	1280	1277	1084	816
	n°2	449	-	-	-

en heures/an

Figure 7.47 : CUISINE - durée de fonctionnement de l'éclairage par type de source et par luminaire

		SALON/SEJOUR/SALLE à MANGER			
Sources lumineuses	Luminaire	Danemark	Grèce	Italie	Portugal
Toutes sources confondues	Tous	1708	930	787	1035
	n°1	1427	801	683	1122
	n°2	866	470	316	553
	n°3	533	-	189	-
	n°4	421	-	-	-
Incandescence	n°1	822	670	574	878
	n°2	551	345	373	614
	n°3	223	333	183	-
	n°4	139	-	-	-
Halogène	n°1	497	817	504	1360
	n°2	233	-	-	-
	n°3	-	-	-	-
Tubes fluo	n°1	-	-	-	-
	n°2	-	-	-	-
LBC	n°1	1066	1826	1150	1216
	n°2	480	-	-	-

en heures/an

Figure 7.48 : SEJOUR - durée de fonctionnement de l'éclairage par type de source et par luminaire

		CHAMBRE A COUCHER			
Sources lumineuses	Luminaire	Danemark	Grèce	Italie	Portugal
Toutes sources confondues	Tous	763	651	416	493
	n°1	711	608	414	452
	n°2	320	323	148	368
	n°3	194	-	-	-
	n°4	161	-	-	-
Incandescence	n°1	711	675	451	469
	n°2	448	420	189	316
	n°3	242	345	-	-
	n°4	-	-	-	-
Halogène	n°1	542	-	289	582
	n°2	-	-	-	-
	n°3	-	-	-	-
Tubes fluo	n°1	-	918	335	-
	n°2	-	-	-	-
LBC	n°1	723	567	498	780
	n°2	357	-	123	-

en heures/an

Figure 7.49 : CHAMBRE A COUCHER - durée de fonctionnement de l'éclairage par type de source et par luminaire

		SALLE DE BAINS			
Sources lumineuses	Luminaire	Danemark	Grèce	Italie	Portugal
Toutes sources confondues	Tous	701	839	541	643
	n°1	681	765	458	594
	n°2	236	246	231	-
	n°3	-	-	-	-
	n°4	-	-	-	-
Incandescence	n°1	641	757	440	570
	n°2	411	-	233	282
	n°3	257	-	-	-
	n°4	161	-	-	-
Halogène	n°1	548	-	-	346
	n°2	-	-	-	-
	n°3	-	-	-	-
Tubes fluo	n°1	430	838	404	594
	n°2	-	-	-	-
LBC	n°1	704	-	518	960
	n°2	-	-	-	-

en heures/an

Figure 7.50 : SALLE DE BAINS - durée de fonctionnement de l'éclairage par type de source et par luminaire

		BUREAU			
Sources lumineuses	Luminaire	Danemark	Grèce	Italie	Portugal
Toutes sources confondues	Tous	669	641	-	-
	n°1	603	589	-	-
	n°2	348	-	-	-
	n°3	-	-	-	-
	n°4	-	-	-	-
Incandescence	n°1	692	380	-	-
	n°2	562	-	-	-
	n°3	283	-	-	-
	n°4	201	-	-	-
Halogène	n°1	415	-	-	-
	n°2	-	-	-	-
	n°3	-	-	-	-
Tubes fluo	n°1	472	-	-	-
	n°2	-	-	-	-
LBC	n°1	649	916	-	-
	n°2	140	-	-	-

en heures/an

Figure 7.51 : BUREAU - durée de fonctionnement de l'éclairage par type de source et par luminaire

		ENTREE/COULOIR			
Sources lumineuses	Luminaire	Danemark	Grèce	Italie	Portugal
Toutes sources confondues	Tous	926	793	359	705
	n°1	878	800	337	773
	n°2	364	346	-	-
	n°3	-	-	-	-
	n°4	-	-	-	-
Incandescence	n°1	973	530	343	1112
	n°2	588	212	152	-
	n°3	384	-	-	-
	n°4	242	-	-	-
Halogène	n°1	448	-	-	-
	n°2	-	-	-	-
	n°3	-	-	-	-
Tubes fluo	n°1	-	-	-	-
	n°2	-	-	-	-
LBC	n°1	1340	2800	665	501
	n°2	-	-	-	-

en heures/an

Figure 7.52 : ENTREE/COULOIR - durée de fonctionnement de l'éclairage par type de source et par luminaire

7.6.4 FREQUENCES CUMULEES DES DUREES D'ALLUMAGE PAR PIECE ET PAR LUMINAIRE

Les figures 7.53 à 7.59 représentent les courbes de fréquences cumulées des durées d'allumage pour les différents types de pièce et les différents types de luminaire.

Ces courbes ont un grand intérêt pour déterminer la part des luminaires d'un type de pièce donné qui fonctionnent plus d'un certain nombre d'heures par an. Ceci peut-être rendu nécessaire lors de l'analyse de la pénétration des LBC par exemple. Si on détermine que, dans des conditions économiques données, une LBC est rentable si elle fonctionne plus d'un certain nombre d'heures par an, les courbes des figures 7.53 à 7.58 permettront de déterminer quelle est la part des luminaires de chaque type de pièce qui répond à ce critère, et donc en définitive, quel est le gisement d'économie mobilisable dans ces conditions économiques.

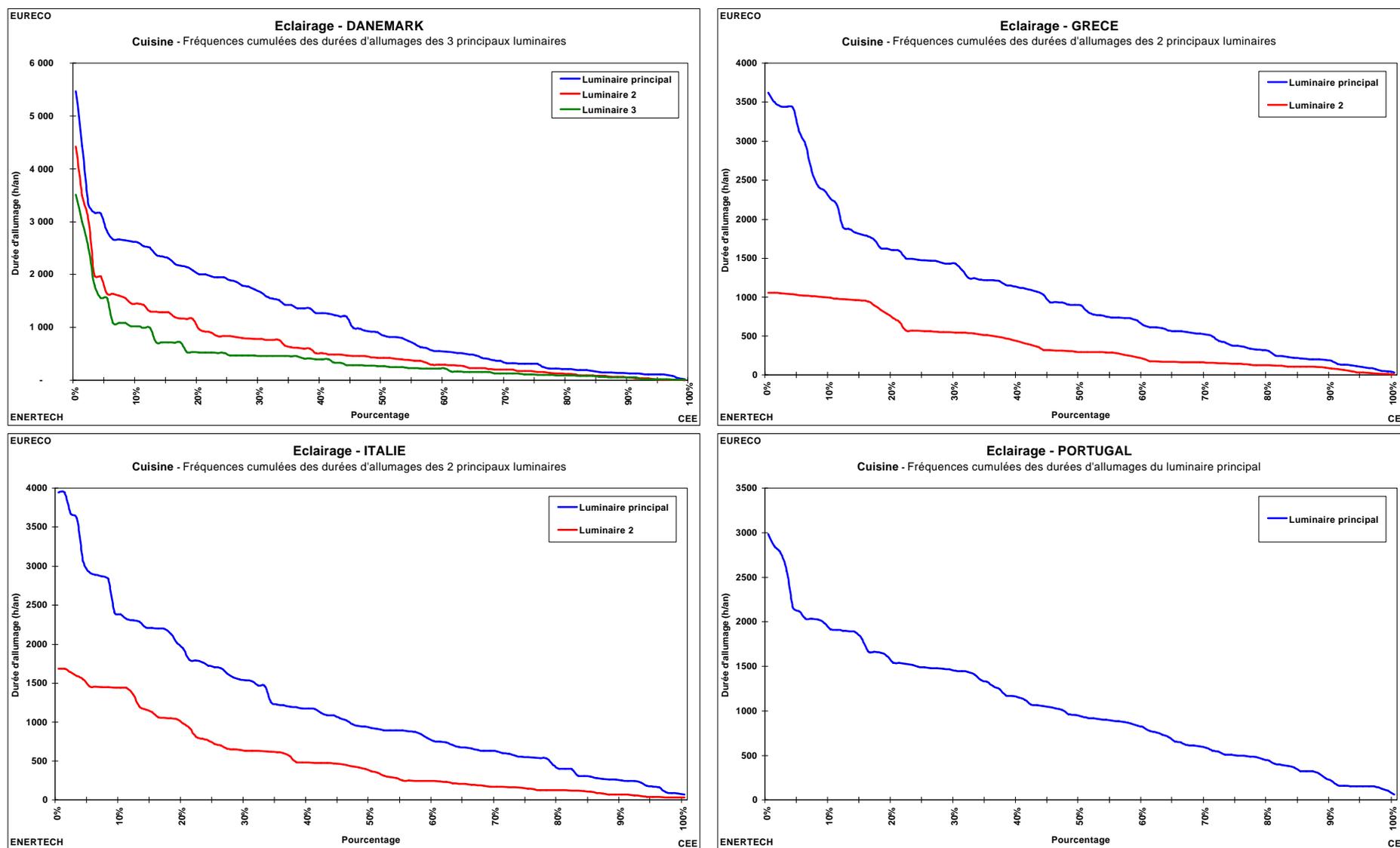


Figure 7.53 : CUISINE - fréquences cumulées de la durée de fonctionnement des luminaires

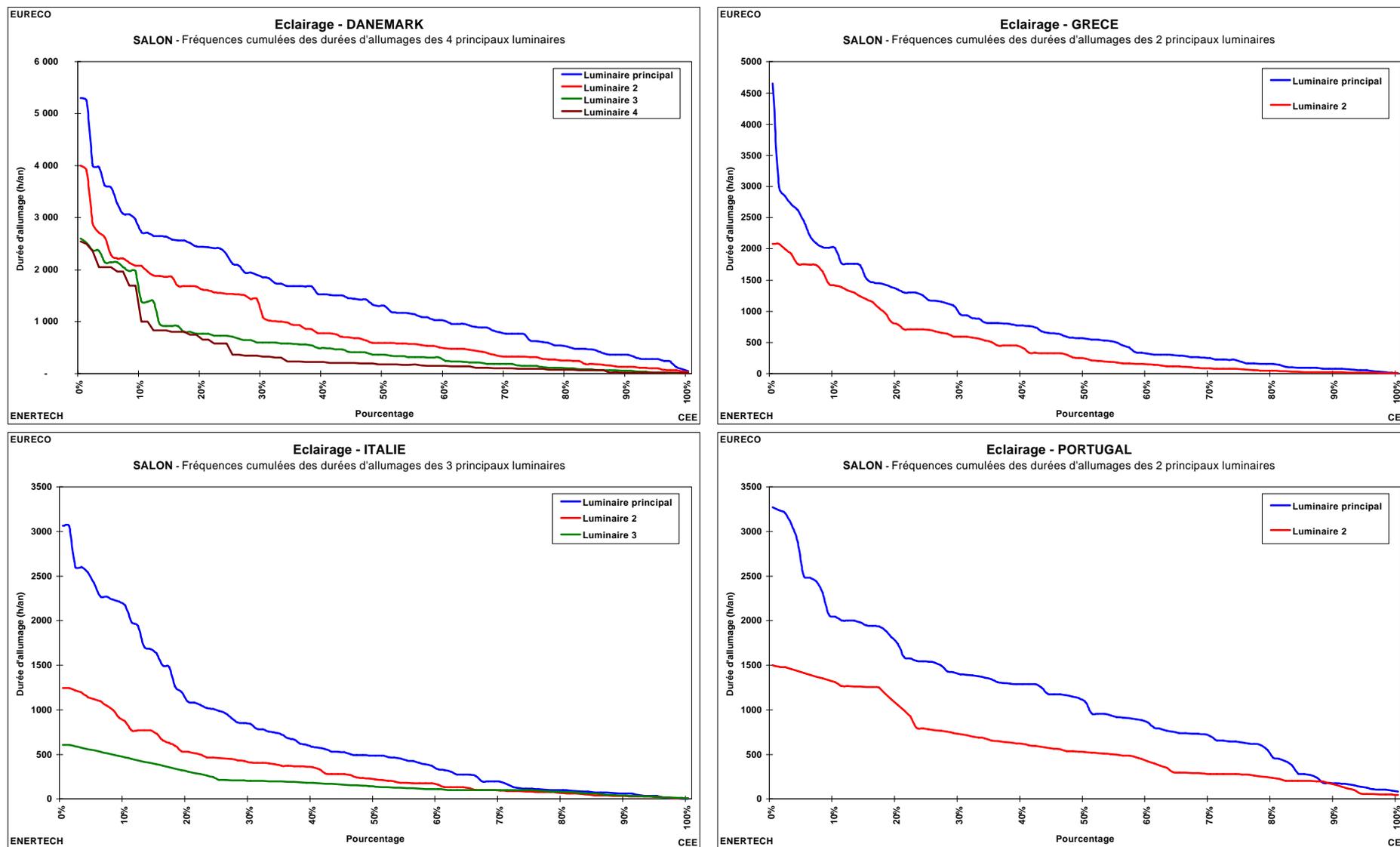


Figure 7.54 : SALON/SEJOUR - fréquences cumulées de la durée de fonctionnement des luminaires

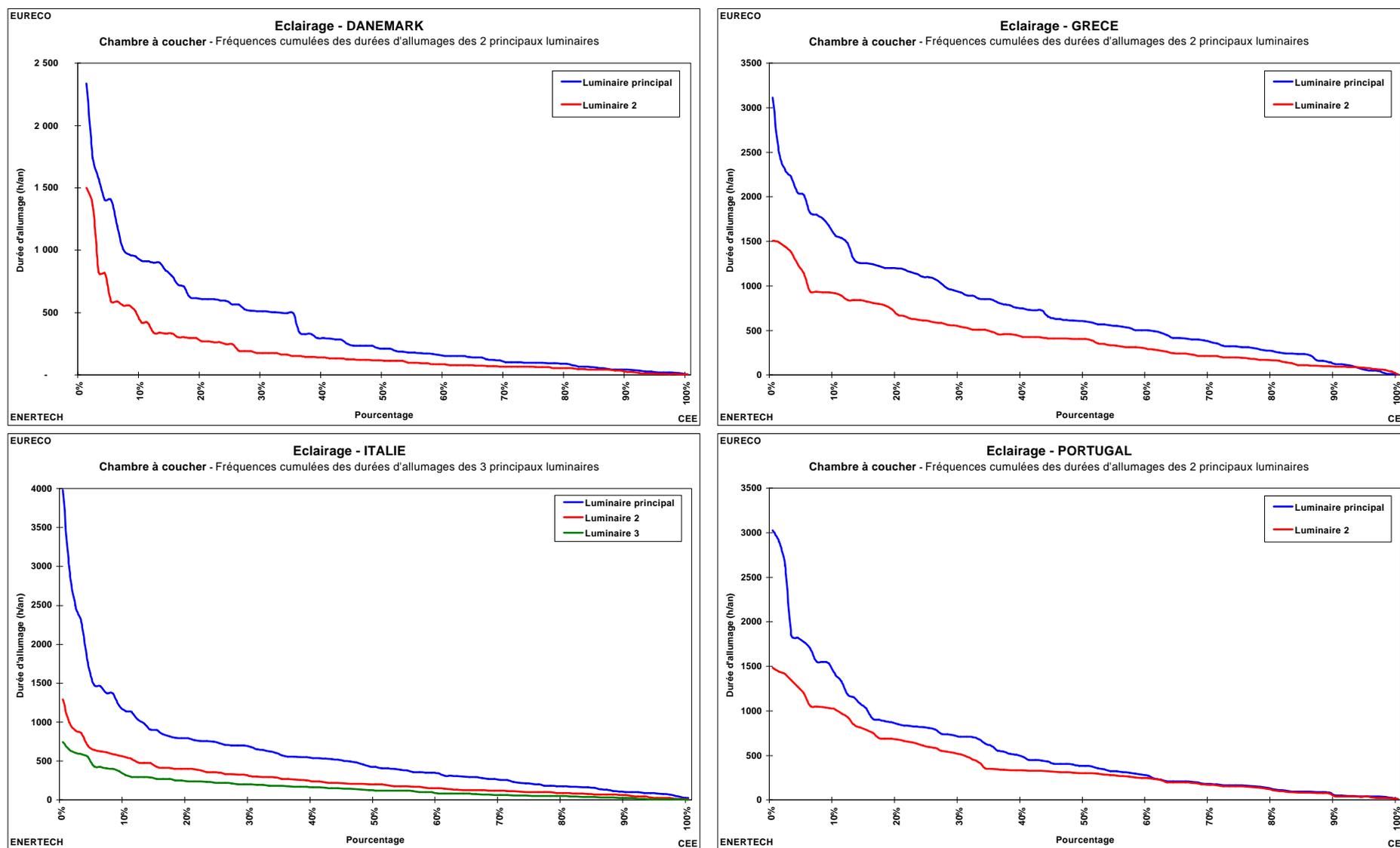


Figure 7.55 : CHAMBRE A COUCHER - fréquences cumulées de la durée de fonctionnement des luminaires

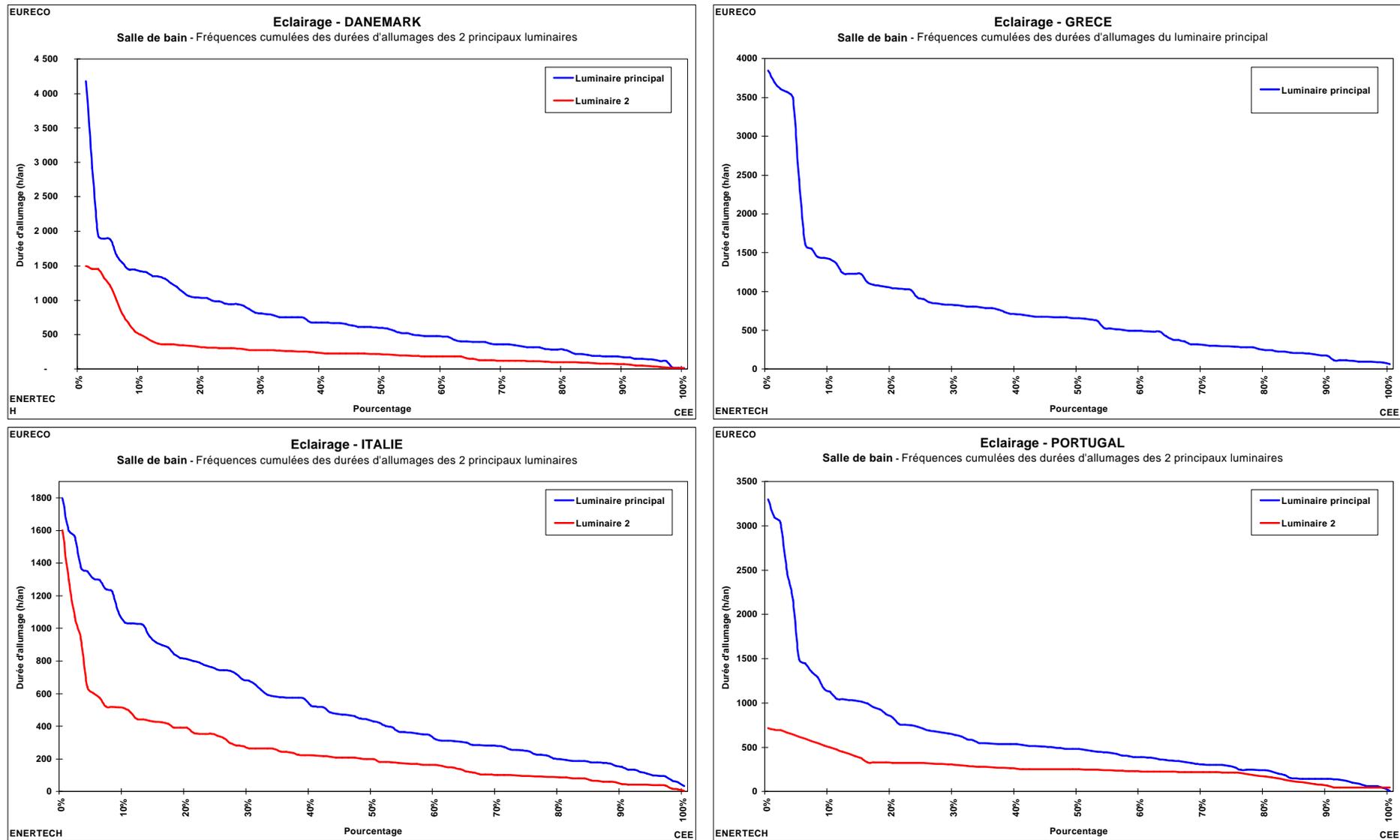


Figure 7.56 : SALLE DE BAINS - fréquences cumulées de la durée de fonctionnement des luminaires

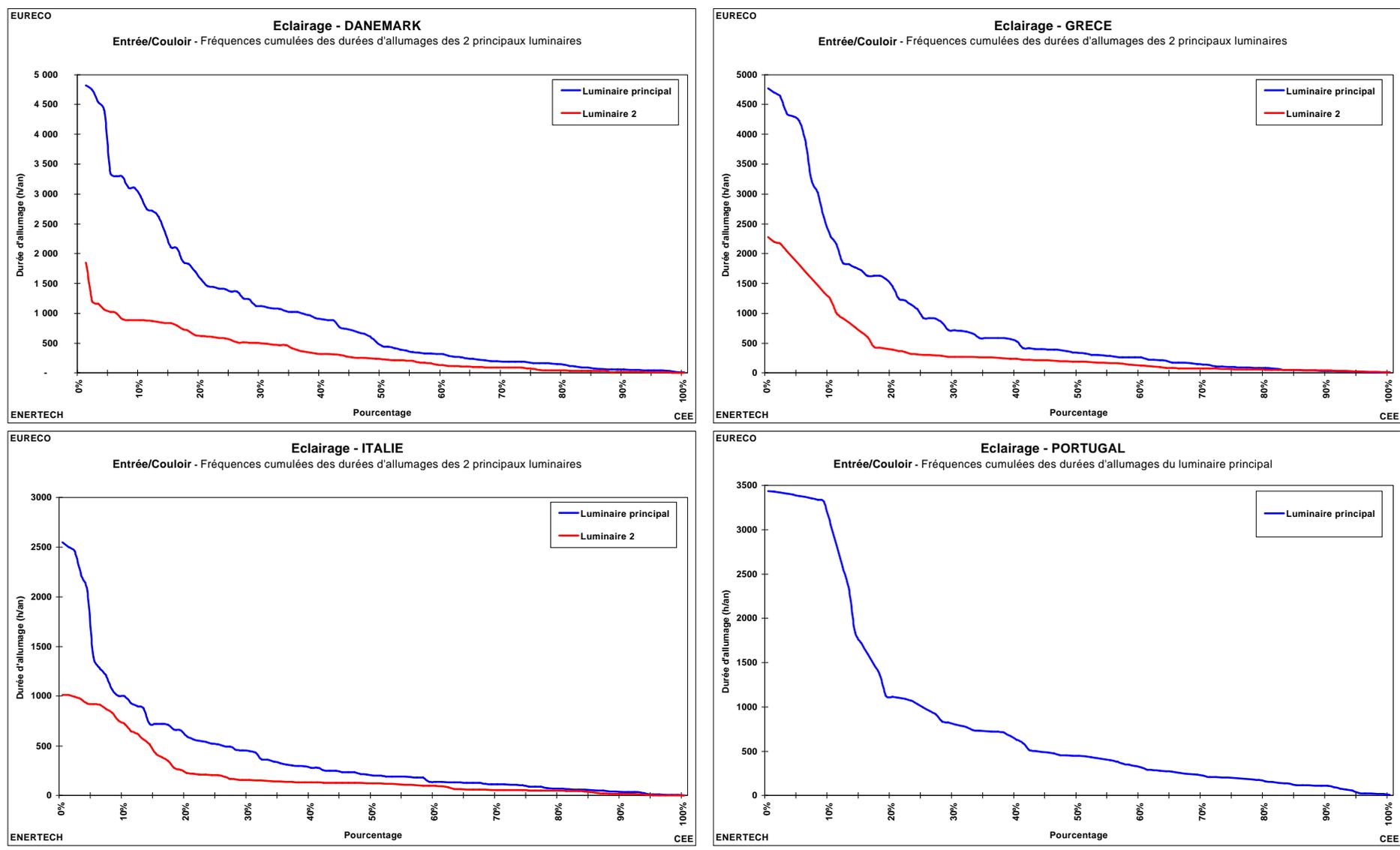


Figure 7.57 : ENTREE/COULOIR - fréquences cumulées de la durée de fonctionnement des luminaires

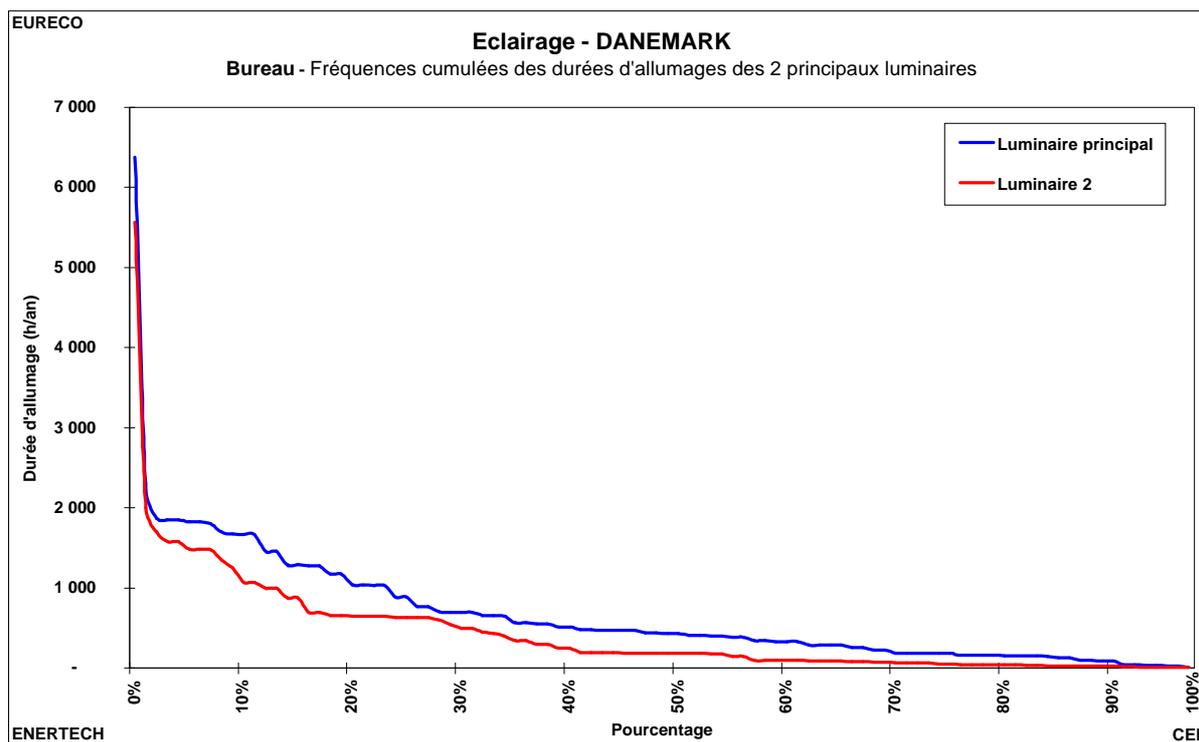


Figure 7.58 : BUREAU - fréquences cumulées de la durée de fonctionnement des luminaires (DANEMARK)

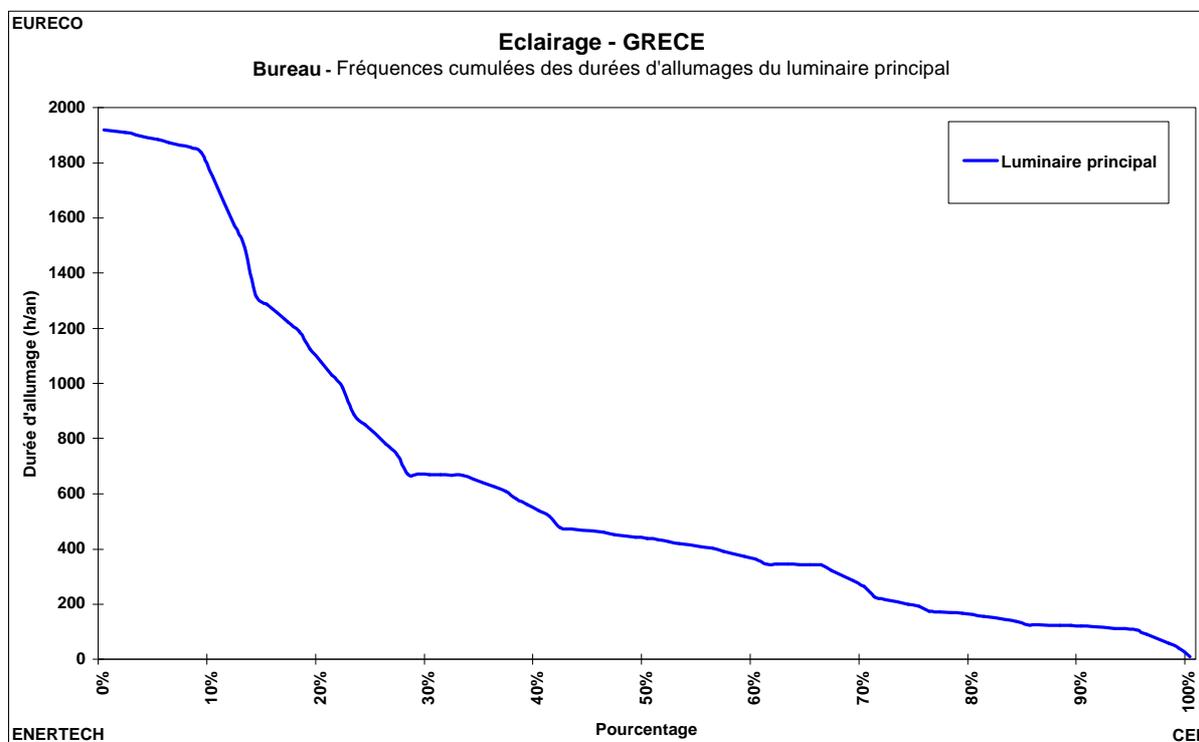


Figure 7.59 : BUREAU - fréquences cumulées de la durée de fonctionnement des luminaires (GRECE)

7-7 PUISSANCE APPELEE PAR L'ECLAIRAGE

La figure 7.60 représente la courbe des fréquences cumulées des puissances appelées pour chacun des quatre échantillons. On peut par exemple voir que, sur l'ensemble des logements du Danemark, la puissance moyenne de 100 W/logement est atteinte ou dépassée pendant 16,2 % de l'année, soit 1420 h/an, soit près de 4 h/j. Ceci est confirmé sur les courbes de charge horaire moyenne de la figure 7.35.

La figure 7.61 donne la même représentation mais avec les logements suivis pendant le mois de décembre. Les logements concernés ne constituent qu'un sous-ensemble de l'échantillon global ce qui peut introduire des distorsions, mais cette représentation a néanmoins de l'intérêt. Si l'on reprend l'exemple du Danemark on observe que la puissance moyenne de 100 W est atteinte ou dépassée 27 % du temps, soit 6h30'/j. On observe à nouveau très nettement l'influence de la latitude et du type d'équipement sur les différents échantillons. Ainsi toujours en décembre, la puissance moyenne de 100W/logement est-elle atteinte ou dépassée en Grèce 19 % du temps, soit 4h30'/j, en Italie 20 % du temps soit 4h45'/j, et 5,3 % du temps au Portugal, soit 1h15'/j.

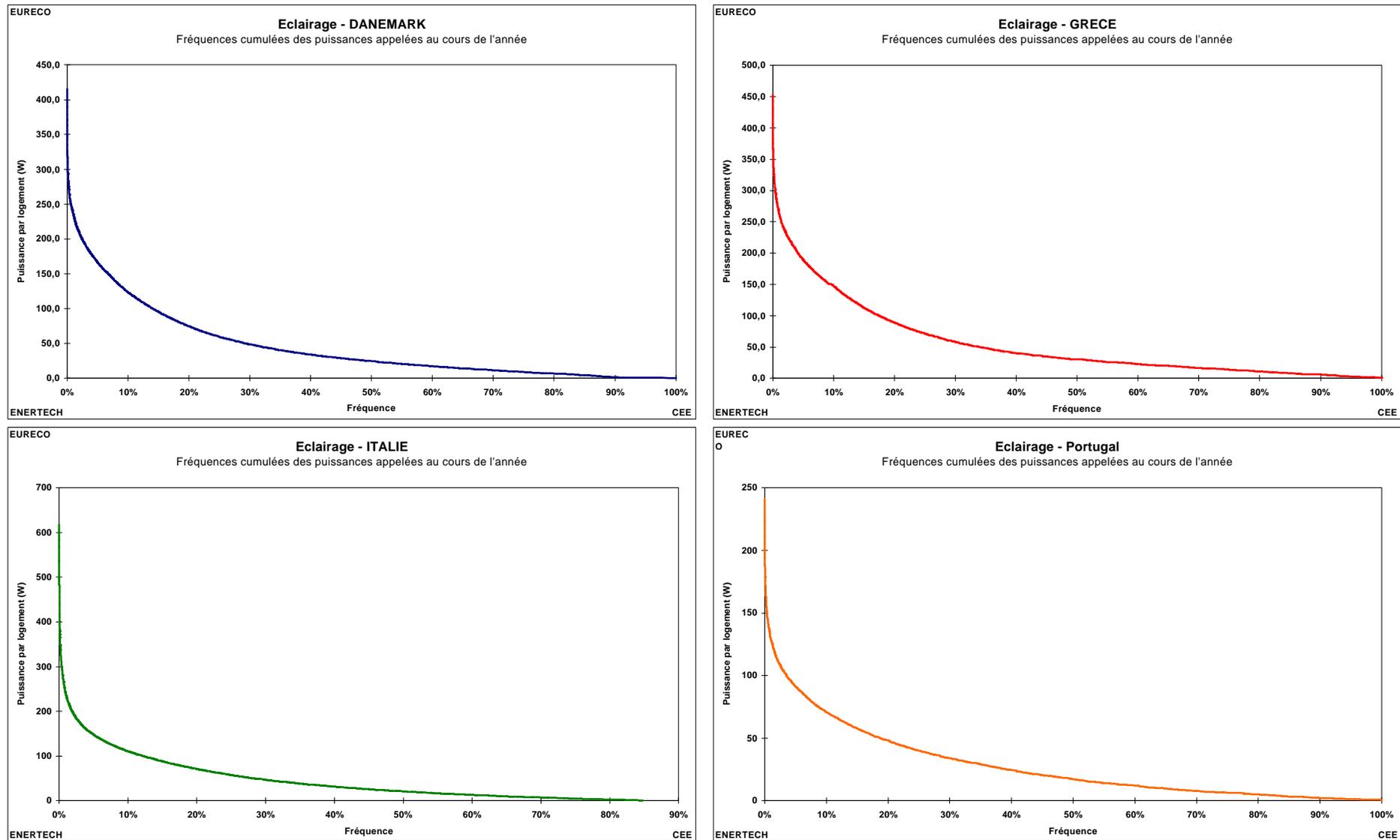


Figure 7.60 : courbe des fréquences cumulées des puissances d'éclairage appelées en moyenne sur l'année, vu du réseau

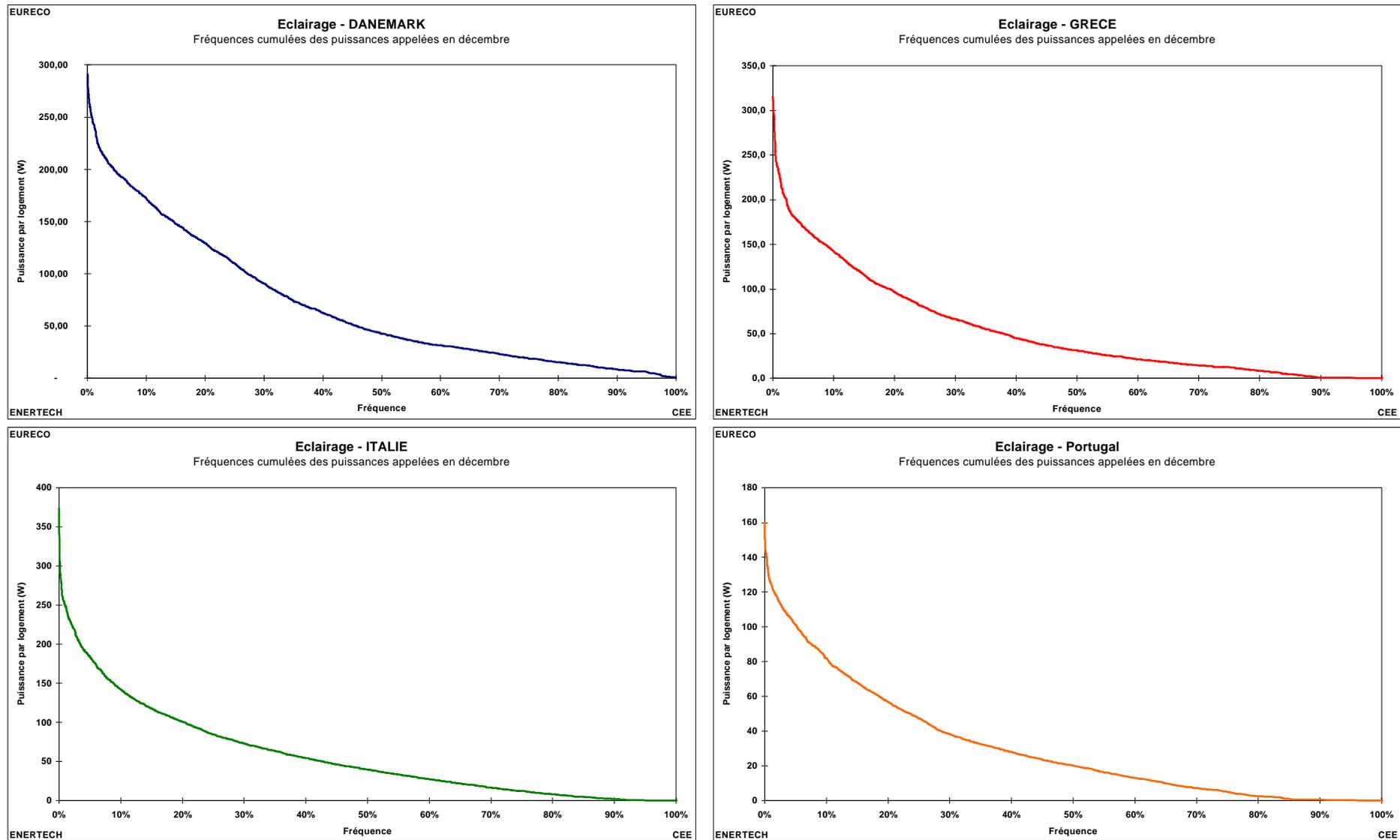


Figure 7.61 : courbe des fréquences cumulées des puissances d'éclairage appelées au mois de décembre, vu du réseau

7-8 PART DE LA CONSOMMATION D'ÉCLAIRAGE PENDANT LES HEURES DE JOUR

La question se pose souvent de savoir s'il faut ou non rechercher davantage d'éclairage naturel dans les logements pour réduire la consommation d'électricité. Mais agrandir les fenêtres conduit à augmenter les déperditions thermiques, donc les consommations de chauffage. Le bilan doit être conduit avec soin.

La première question à se poser est de savoir quel est l'enjeu. Si l'éclairage est toujours utilisé quand le soleil est couché, c'est inutile d'augmenter les surfaces vitrées.

La figure 7.62 représente la part de la consommation d'éclairage qui a été consommée alors que le soleil était levé. Pour déterminer cette part, on a calculé chaque jour de l'année l'heure de lever et l'heure de coucher du soleil, on a ajouté une demi-heure à l'heure du lever et retiré une demi-heure à l'heure du coucher. On a considéré que la durée du jour était déterminée par l'intervalle entre les deux valeurs ainsi obtenues.

Toutes les valeurs de consommation contenues dans la base de données ont ensuite été comparées, pour chaque jour de l'année, à ces deux valeurs limites afin de déterminer si ces consommations avaient lieu le jour, ou la nuit.

Les représentations de la figure 7.62 ont été faites mois par mois. On observe l'effet très marqué de la latitude qui a tendance, lorsqu'elle augmente, à créer des écarts plus importants entre l'hiver et l'été : ainsi au Danemark la part de l'éclairage pendant les heures de jour est en janvier de 9 %, alors qu'elle est de 55 % en juillet. Au Portugal au contraire il y a très peu de variations entre l'hiver et l'été (22 % en janvier et 26 % en juillet).

On relève aussi et surtout que la part moyenne d'éclairage consommée pendant les heures de jour varie de 20 % en Grèce à 34 % en Italie, la moyenne entre les 4 pays se situant à 26,5 %. Dans le projet *Ecodrôme* on avait trouvé 19,9 %.

Si l'on détermine à partir d'un calcul mensuel la quantité d'éclairage consommée pendant les heures de jour, on trouve 109 kWh/an (25,6 %) au Danemark, 69 kWh/an (18,1%) en Grèce, 120 kWh/an (32,0%) en Italie et 42 kWh/an (23,5%) au Portugal, soit en moyenne 85 kWh/an. Ainsi, moins de 100 kWh/an d'éclairage sont consommés pendant les heures de jour et pourraient être éventuellement compensés par de l'éclairage naturel. Mais à cette valeur il faut encore retirer la consommation des pièces borgnes (annexes, cave, WC, couloirs, etc.). Au final ce n'est peut-être que 65 kWh/an qui sont concernés. Une partie des foyers lumineux pourrait être équipée de LBC, si bien que l'enjeu résiduel n'est que de quelques dizaines de kWh/an. La consommation de chauffage induite par une augmentation de surface des vitrages serait très supérieure à l'économie d'électricité générée.

En conclusion on peut dire que l'accroissement des surfaces vitrées dans l'habitat ne peut pas se justifier pour réduire la consommation d'électricité de l'éclairage, mais seulement pour des considérations architecturales ou de confort visuel avec l'environnement extérieur.

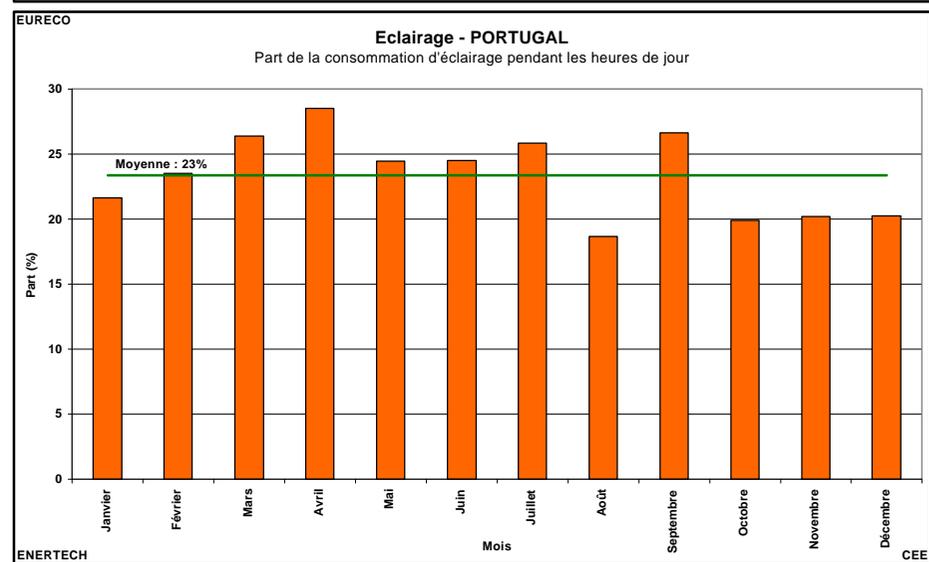
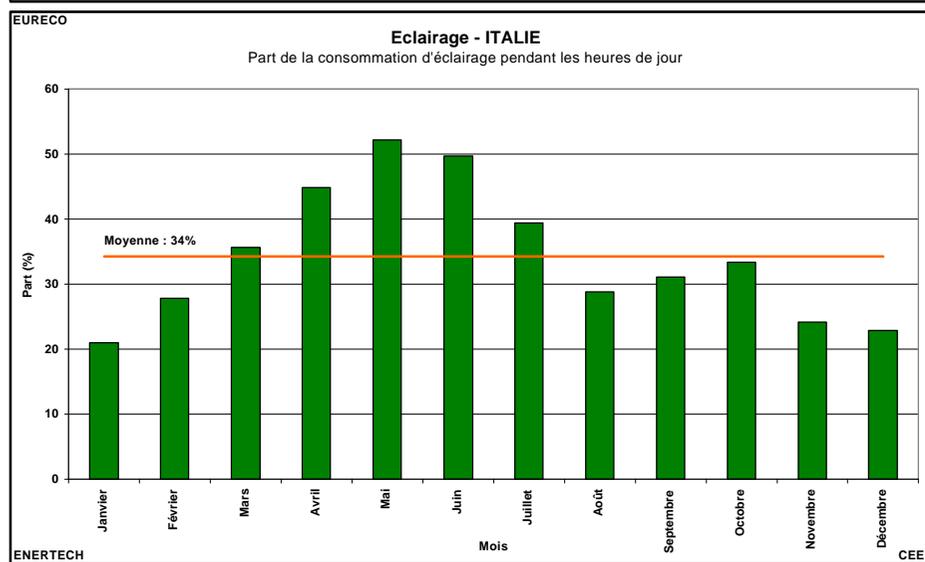
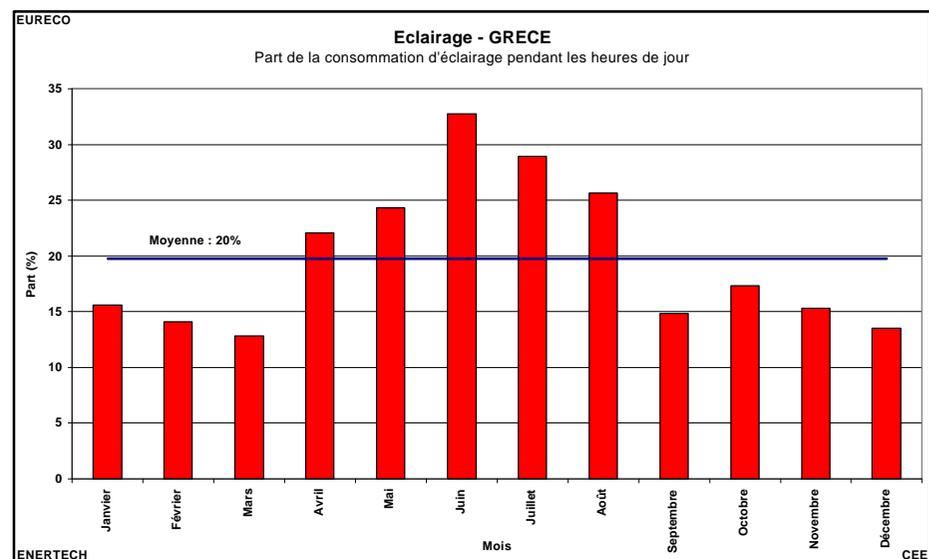
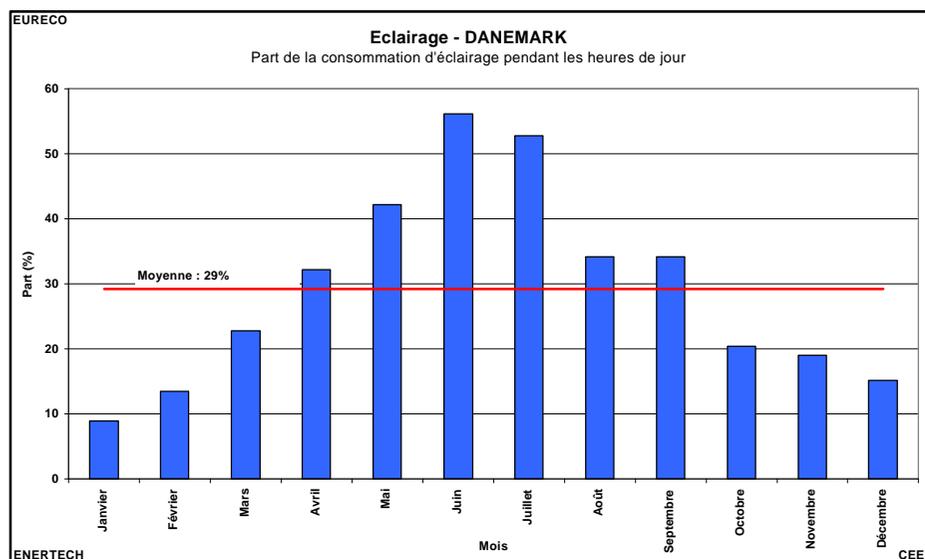


Figure 7.62 : part de la consommation d'éclairage pendant les heures de jour

7-9 TABLEAU RECAPITULATIF DES CHIFFRES CLES DE L'ECLAIRAGE

Les deux tableaux qui suivent rappellent les principales valeurs caractéristiques de l'éclairage qui ont été établies dans cette campagne de mesure.

		Danemark	Italie	Grèce	Portugal
Part des sources dans la puissance installée (%)	Inc.	73	80	83	70
	Hal.	14	14	11	11
	L.B.C.	5	4	2	7
	Fluo.	8	2	3	12
Part des logements équipés pour chaque type de source (%)	Inc.	100	99	100	98
	Hal.	71	31	27	20
	L.B.C.	62	67	26	50
	Fluo.	72	38	44	55
Nombre moyen de sources par logement (ampoules/log .)	Inc.	13,6	11,1	8,5	4,1
	Hal.	4,6	0,4	0,5	0,5
	L.B.C.	3,5	1,8	0,6	1,3
	Fluo.	2,0	0,7	0,7	1,0
Puissance moyenne installée par logement et par source (W/log.)	Inc.	532	704	561	195
	Hal.	107	120	75	31
	L.B.C.	38	34	12	19
	Fluo.	62	21	26	31
Puissance moyenne installée par m ² et par source (W/m ²)	Inc.	4,0	6,9	5,6	1,9
	Hal.	0,8	1,1	0,6	0,2
	L.B.C.	0,3	0,4	0,1	0,2
	Fluo.	0,5	0,2	0,3	0,3

Figure 7.63 : caractéristiques d'équipement de l'éclairage des logements par type de source

	Danemark	Italie	Grèce	Portugal
Consommation annuelle moyenne par logement (kWh/an/log.)	426	375	381	179
Consommation annuelle moyenne par habitant (kWh/an/hab.)	151	107	140	64
Consommation annuelle moyenne par m ² (kWh/an/m ²)	3,3	4,0	3,7	1,4
Puissance moyenne installée par logement (W)	740	883	675	274
Nombre moyen de sources lumineuses par logement	23,7	14,0	10,4	6,9
Nombre moyen d'ampoules par m ² (ampoules/m ²)	0,18	0,14	0,10	0,06
Puissance moyenne installée par m ² (W/m ²)	5,7	8,6	6,6	2,5
Durée annuelle moyenne de fonctionnement par logement (heures/an)	3422	2630	2528	2039
Part de la consommation pendant les heures de jour (%)	29	34	20	23

Figure 7.64 : caractéristiques générales de l'éclairage des logements