



# Observatoire Mahorais de l'Energie

## Etude de potentialités MDE isolant/climatisation efficace



## SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENTS .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUCTION .....</b>	<b>2</b>
1.1 CONTEXTE ENERGETIQUE ET ENJEUX POUR MAYOTTE-OBJET DE L'ETUDE .....	2
1.2 EQUIPEMENTS ET CONSOMMATION ENERGETIQUE .....	2
1.3 PRECONISATIONS ET SOLUTIONS TECHNIQUE IMAGEEN DANS LA CONCEPTION THERMIQUE DES BATIMENTS A MAYOTTE : .....	7
1.4 METHODOLOGIE ET PERTINENCE DE L'ETUDE .....	9
1.5 TARIFICATION DOUANIERES 2009 DES CLIMATISEURS ET DES ISOLANTS.....	11
<b>2 RESULTATS DE L'ENQUETE QUALITATIVE SUR LA CLIMATISATION.....</b>	<b>12</b>
2.1 QUANTITES OBSERVEES ET GAMME DE PUISSANCE .....	12
2.2 QUALITE DE L' AFFICHAGE DE L' ETIQUETTE ENERGIE DES CLIMATISEURS.....	13
2.3 QUALITE DE POSE DES CLIMATISEURS.....	14
2.4 QUALITES ENERGETIQUES DES CLIMATISEURS OBSERVEES .....	15
2.5 CERTIFICATION EUROVENT, QUALITES ENERGETIQUES CERTIFIEES .....	17
2.6 CONSOMMATIONS ENERGETIQUES DES CLIMATISEURS PROPOSES A LA VENTE.....	18
2.7 PRIX DES CLIMATISEURS PROPOSES A LA VENTE .....	20
2.8 COUT DES CLIMATISEURS POUR LES UTILISATEURS SUR LA DUREE DE VIE DE L' APPAREIL .....	22
2.9 COUT DES CLIMATISEURS POUR LE TERRITOIRE DE MAYOTTE SUR LA DUREE DE VIE DE L' APPAREIL .	24
<b>3 RESULTATS DE L'ENQUETE QUANTITATIVE SUR LA CLIMATISATION.....</b>	<b>26</b>
3.1 ORIGINES ET HISTORIQUE DES IMPORTATIONS DES CLIMATISEURS TYPE SPLIT-SYSTEM.....	26
3.2 QUANTITE VENDUES PAR GAMME DE PUISSANCE .....	27
3.3 QUALITES ENERGETIQUES DES CLIMATISEURS VENDUS .....	28
3.4 CERTIFICATION EUROVENT, QUALITES ENERGETIQUES CERTIFIEES .....	29
3.5 ANALYSE DETAILLEE DES CONSOMMATIONS ENERGETIQUES.....	30
3.6 SURFACES CLIMATISEES ET SURFACES A ISOLER .....	30
3.7 SYNTHESE DE L'ENQUETE QUANTITATIVE SUR LES CLIMATISEURS .....	31
<b>4 RESULTATS DE L'ENQUETE QUALITATIVE SUR LES MATERIAUX D'ISOLATION .....</b>	<b>32</b>
4.1 PREAMBULE SUR LES ISOLANTS .....	32
4.2 NOMBRE DE PRODUITS OBSERVES .....	34
4.3 QUALITE DE L' AFFICHAGE DE L' ETIQUETTE ACERMI PERFORMANCES THERMIQUES DES ISOLANTS .	34
4.4 QUALITES ENERGETIQUES DES ISOLANTS.....	35
4.5 NOMBRE DE PRODUITS PERMETTANT D' ATTEINDRE LES PRESCRIPTIONS DE L'ETUDE IMAGEEN. ....	35
4.6 ANALYSE DES PRIX .....	36
4.7 RATIOS DE PRIX MOYEN ET EXTREME PAR RESISTANCE PAR TRANCHE DE RESISTANCE THERMIQUE ...	37
<b>5 RESULTATS DE L'ENQUETE QUANTITATIVE SUR LES MATERIAUX D'ISOLATION .....</b>	<b>38</b>
5.1 ORIGINES ET HISTORIQUE DES IMPORTATIONS DES ISOLANTS .....	38
5.2 QUANTITES VENDUES EN 2008.....	39
5.3 QUALITES ENERGETIQUES DES ISOLANTS VENDUS EN 2008 .....	40
<b>6 SCENARII ALTERNATIFS RELATIFS AUX VENTES 2008.....</b>	<b>41</b>
<b>7 CONCLUSION .....</b>	<b>44</b>
<b>8 ANNEXE .....</b>	<b>46</b>

## Remerciements

Nous voudrions remercier les acteurs suivants pour leur collaboration active sans laquelle cette étude n'aurait pas pu être réalisée :

- Dorland, François, Service des Douanes,
- M'Dallah, Mahamoud, CANANGA,
- Lormel, Franck, CANANGA,
- Sapy, Stéphane, CANANGA,
- Vives, Sébastien, CANANGA,
- Mlanao, Nassroudine, SODIFRAM,
- Bernard, Philippe Eléctro Distribution OI,
- Bemba, Loïc, SIEMAG,
- Micheau, Jean-Paul, ALIZEA,
- MAGUY, KALO,
- Abdoul, Ibrahim, SOMACO,
- Mamodaly, Caoneine, SOMACO,
- Haorau, Gilbert, SOCODEM OI,
- Ballou, Danisse, BALLOU

Un remerciement spécial aussi à Franck Al Shakarchi de l'ARER pour son esprit d'analyse et sa grande rigueur.

## 1. Introduction

Suite à l'adhésion du Conseil Général de Mayotte à l'Agence Régionale de l'Energie Réunion en tant que membre de droit sur la période 2007-2009, des plans d'actions pluriannuels sur l'énergie sont développés et menés par l'ARER grâce au financement des partenaires CGM, ADEME et EDM. Ces actions font partie intégrante du Plan Local Energie et Déchets (PLED) qui associe le Conseil Général de Mayotte (CGM) et ses partenaires ADEME et EDM.

Ainsi, le PAPE 2009 prévoit l'animation de l'Observatoire Mahorais de l'Energie ainsi que la réalisation d'études en son sein. Il s'agit-là du cadre de travail de cette étude.

### 1.1 Contexte énergétique et enjeux pour Mayotte-objet de l'étude

Au niveau énergétique, Mayotte connaît deux phénomènes préoccupant :

- une forte augmentation annuelle de la consommation d'électricité,
- une production d'électricité dépendante totalement des énergies fossiles.

En effet, le bilan énergétique de Mayotte 2007 annonce une consommation électrique de 172,4 GWh, soit une augmentation de 14% entre 2006 et 2007, et de 69% entre 2002 et 2007. Cette forte augmentation traduit deux phénomènes :

- la croissance démographique (+3,1%/an en moyenne 2002-2006)
- l'évolution des modes de vie de la population.

Une part importante de la croissance des équipements et des consommations électriques est liée à la recherche de confort thermique dans les bâtiments. Aussi, il semble primordial d'étudier les économies réalisables sur ce point.

Le présent document analyse le potentiel en économie d'énergie sur la climatisation grâce à la mise en place d'appareils efficaces et grâce à l'isolation des bâtiments. Elle cherchera à établir le coût des actions susvisées. Les climatiseurs étudiés sont de type split-system.

### 1.2 Equipements et consommation énergétique

#### ○ Climatiseurs

D'après le document INSEE Mayotte infos n°41-avril 2009, en 2007 le taux d'équipement moyen des ménages mahorais en climatiseurs est de **8%**.

L' « étude sur la maîtrise de l'énergie dans l'habitat social, les bâtiments publics, les équipements publics et sportifs à Mayotte » phase 1 (dite dans la suite étude IMAGEEN) fournit des informations grossières sur le taux d'équipement en climatisation des bâtiments de bureaux : celui-ci est soit de 0% pour les petits bâtiments, soit de 100% pour les grands bâtiments avec une surface climatisée finale de 8% du total.

### o Matériaux de construction

Les résultats de l'étude IMAGEEN fournissent des informations intéressantes relatives aux constituants de la toiture, des murs et à la composition du sol des logements mahorais :

En 2006, sur l'ensemble du parc :

- ❖ **75%** des toitures sont de la tôle sans isolation, 17% des toitures sont en dalle béton le plus souvent en attente d'une construction d'un second niveau.

Depuis 2008, la SIM mène une politique d'isolation sur les Logements en Accessions Très Sociale (LATS) en équipant les toitures avec des isolants réflecteurs minces. 120 logements sont en cours de construction (80 sont terminés en mi-2009).

- ❖ **58%** des murs sont construits en dur : fondation en bloc de rocheux, murs en parpaings de blocs de terre (BTC) avec ou sans enduit.
- ❖ **46%** des sols sont en béton brut et 34% sont avec un revêtement plastique (type linoléum).

Les caractéristiques thermiques des matériaux utilisés pour la construction des logements sont peu performantes tout particulièrement pour les toitures en tôle brute. **60%** des apports thermiques sont transmis par la toiture d'où l'importance d'améliorer la résistivité thermique des tôles par la mise en œuvre d'isolant thermique.

Pour ce qui est des bâtiments de bureaux, l'étude IMAGEEN fournit les informations présentées dans le tableau suivant.

#### Typologie : Bâtiments administratifs

	Nature	Isolation/protection solaire	Ventilation	Remarque
Toiture	- tôle	- Faux-plafond minéral (1,5 à 4cm) ou en rampant isolation thermique peu efficace	- Comble peu ou pas ventilé	
Murs	- parpaings + enduit - BTS + enduit	- Pas de protection solaire ni isolation		
Vitrage	- Nacos - fenêtre à la française - menuiserie bois	- protection solaire partielle par des coursives		Certains des nouveaux bâtiments ont une protection solaire efficace ex : siège conseil général
Ventilation naturelle	- petit bâtiment : conception traversante permettant une ventilation naturelle - grand bâtiment : la ventilation naturelle n'est pas efficace			

Tableau A: Nature des matériaux de construction des bâtiments administratifs à Mayotte (source: étude IMAGEEN)

### 1.2.1 Cadre juridique

### 1.2.2 Normes, directives, décret, avis, arrêté, label, certification liés aux climatiseurs

#### Normes, directives, décret, avis, arrêté :

Les climatiseurs sont définis dans les normes européennes EN 255-1 et EN 814-1. L'étiquetage présentant les performances énergétiques des climatiseurs, est soumis à la directive 92/75/ CEE. En revanche, l'article premier de la directive 2002/31/CE (portant modalités d'application de la 92/75/CEE) précise que ne sont pas concernés :

- Les appareils pouvant fonctionner avec d'autres sources d'énergie que le courant du secteur,
- Les appareils air-eau et eau-eau,
- Les unités ayant une puissance frigorifique supérieure à 12 kilowatts.

La Figure 1 présente l'étiquette énergie telle que le prévoit la directive 2002/31/CE.

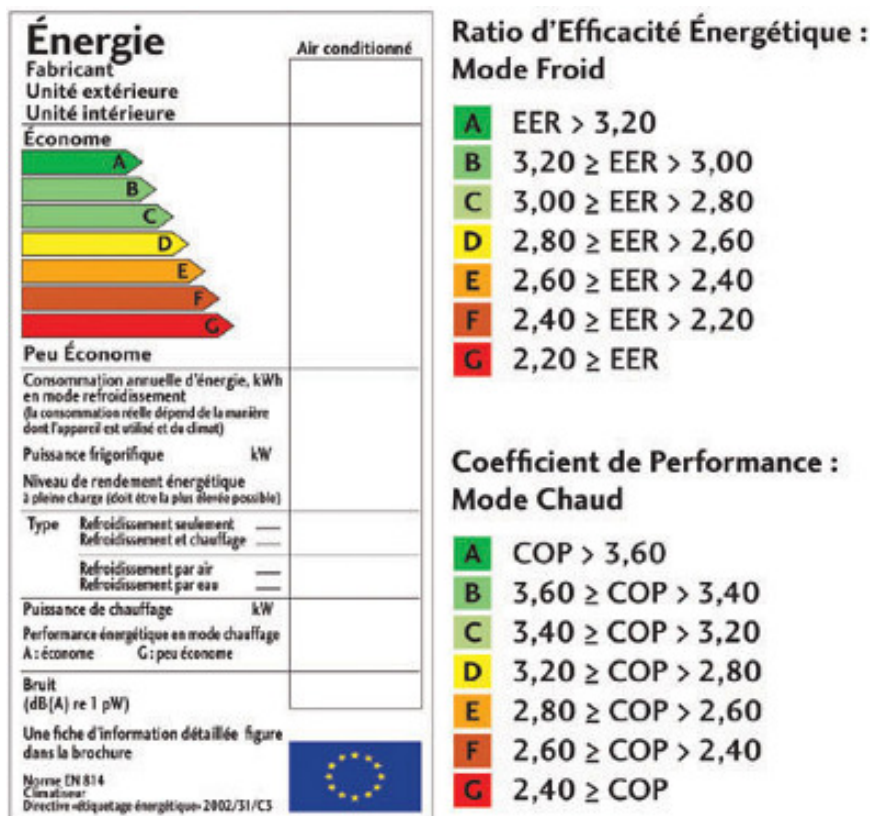


Figure 1:Etiquette énergie pour les climatiseurs

#### Décret

Le décret n°98-281 du 8 avril 1998 est relatif à l'indication de la consommation d'énergie et des nuisances sonores des appareils à usages domestique.

**Avis**

L'avis du 17 avril 2009, texte n°119 page 6668, rappelle aux producteurs et aux distributeurs d'équipements pré chargés de climatisation, de réfrigération et de pompes à chaleur qu'ils sont soumis aux respects des réglementations encadrant la manipulation des fluides frigorigènes fluorés.

**Arrêté**

L'arrêté du 17 janvier 2003, texte 14 page 2255, porte application du décret n°98-281 modifié en ce qui concerne l'indication de la consommation d'énergie des climatiseurs à usage domestique.

**Label écologique :**

Le label écologique vise à promouvoir les produits qui peuvent réduire les impacts négatifs sur l'environnement en comparaison avec d'autres produits de la même catégorie.

**Certification<sup>1</sup> :**

Eurovent certifie les performances notamment des produits de climatisation, en accord avec les normes européennes et internationales. L'objectif est d'accroître la confiance du consommateur en créant une plate-forme commune pour tous les fabricants et en améliorant l'intégrité et la précision des performances affichées par l'industrie.

La certification Eurovent constitue une avancée dans la sélection des produits et de leurs caractéristiques.

**Pour le client final**, le produit fourni fonctionne en accord avec les caractéristiques de dimensionnement spécifiées. Les coûts de fonctionnement en énergie sont ceux prévus. Le matériel est conforme à l'investissement effectué.

**Pour les fabricants** : La certification Eurovent constitue une plate-forme commune à partir de laquelle la concurrence s'effectue sur des bases comparables pour le bénéfice des prescripteurs et des utilisateurs. L'image de marque de l'industrie est améliorée en introduisant un climat de confiance pour une plus grande transparence dans les comparaisons des performances.

**1.2.3 Normes, directives, label, certification liées aux isolants****Normes et directives :**

Les matériaux d'isolation, en tant que matériaux de construction, sont soumis à la directive 89/106/CEE relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des Etats membre.

La norme NF P 75 101 donne la définition des isolants thermiques destinés au bâtiment.

**Certification :**

---

<sup>1</sup> [www.eurovent-certification.com](http://www.eurovent-certification.com)

La certification la plus complète pour les matériaux isolants est celle de L'Association de CERTification des Matériaux Isolants (ACERMI).

Cette certification constitue une valeur ajoutée au marquage CE (les contrôles ACERMI sont plus exigeants et les caractéristiques certifiées sont plus nombreuses). Le marquage CE est une exigence européenne obligatoire pour la mise sur le marché d'un produit de la construction et sa libre circulation au sein du marché commun de l'Union Européenne. La certification ACERMI n'est pas obligatoire.<sup>2</sup>

Nom de la société		
$R_0$ m <sup>2</sup> .K/W	$\lambda_0$ W/m.K	Euroclasse
██████	██████	██████
Epaisseur mm	Longueur m	Largeur m
██████	██████	██████
Fabriqué par l'usine...		
Code fabrication		
	Isolant thermique certifié Numéro du certificat www.acermi.com	
m <sup>2</sup> /colis	Pièces/colis	
██████	██████	
Code Produit	Logo du fabricant	
██████		

Figure 2: Format de l'étiquette ACERMI pour les isolants

Le Tableau B présente les isolants disponibles sur le marché mahorais, les normes françaises les définissant et les normes européennes définissant les méthodologies de détermination de leurs caractéristiques :

Isolants	Normes françaises	Normes Européennes	Caractéristiques certifiées par la EN
Laine minérale de roche et de verre	NF B 20-001	EN 13162	Conductivité thermique (W/m.K)
Polystyrène expansé	-	EN 13163	Conductivité thermique (W/m.K)
Réflecteurs minces	-	EN 12667	Résistance thermique (m <sup>2</sup> .K/W)

Tableau B: normes des isolants

<sup>2</sup> [www.acermi.ctsb.fr](http://www.acermi.ctsb.fr)



### 1.3 Préconisations et solutions technique IMAGEEN dans la conception thermique des bâtiments à Mayotte<sup>3</sup> :

#### 1.3.1 Parois opaques horizontales

Les apports thermiques transmis de l'extérieur vers l'intérieur via le bâtiment se font principalement au niveau des toitures avec entre 50 à 60% des apports.

Le facteur solaire équivalent moyen ( $S_{eq\ moy}^4$ ) des parois horizontales en contact avec l'extérieur<sup>5</sup> est inférieur ou égale à la valeur du facteur de solaire équivalent de référence ( $S_{eq\ réf}$ ) précisé dans le Tableau C ou la résistance thermique ( $R_{ref}$ ) de ces parois horizontales est supérieure ou égale à la valeur de référence précisé dans le Tableau E.

	Valeurs Mayotte	Valeurs RTDOM
Seq ref	0,02	0,03
Rref	*	1
Uref	*	0,84

Tableau C: Parois opaques horizontales - facteur solaire de référence (et résistance thermique de référence)

Teinte	Valeur de $R_{ref}$ m <sup>2</sup> .K/W	Coefficient global de déperdition $U_{ref}$ W/m <sup>2</sup> .K
Claire $\alpha = 0.4$	R = 1	0,84
Moyenne $\alpha = 0.6$	R = 1,82	0,50
Foncée $\alpha = 0.8$	R = 2,2	0,42

Tableau D: Variation de la résistance thermique de la toiture en fonction de la couleur pour un facteur solaire  $Seq = 0,02$ .

#### SOLUTIONS TECHNIQUES POUR LA TOITURE

Le tableau ci-après présente des solutions techniques permettant d'atteindre les exigences en fonction des habitudes constructives locales.

Teinte	Valeur de $R_{ref}$	Toiture terrasse	Toiture tôle/pannes C	Matériaux locaux : Bardeaux + tôle
Claire $\alpha = 0.4$	1	Béton 20 cm + 4 cm isolant	Tôle + 3 cm d'isolant + faux plafond	Bardeaux + 5 cm de lame d'aire + tôle + 3 cm d'isolant + contre plaqué
Moyenne $\alpha = 0.6$	1,82	Béton 20 cm + 7 cm isolant	Tôle + 6 cm d'isolant + faux plafond	Bardeaux + 5 cm de lame d'aire + tôle + 6 cm d'isolant + contre plaqué
Foncée $\alpha = 0.8$	2,2	Béton 20 cm + 9 cm isolant	Tôle + 8 cm d'isolant + faux plafond	Bardeaux + 5 cm de lame d'aire + tôle + 8 cm d'isolant + contre plaqué

Tableau E: Solutions techniques permettant d'atteindre un facteur solaire de 0,02 (pour un isolant de  $\lambda = 0,041$  W/m<sup>2</sup>.°C de type polystyrène expansé)

<sup>3</sup> IMAGEEN/ICE, Extrait de *l'Etude sur la Maîtrise de l'Énergie dans l'habitat social, les bâtiments publics, les équipements publics et sportifs à Mayotte, phase 3, novembre 2006, page 19 et 20*

<sup>4</sup> Le mode de détermination du « facteur solaire équivalent » d'une paroi et du « facteur solaire équivalent moyen » d'un ensemble de parois est décrit en annexe ;

<sup>5</sup> Il s'agit ici des parois horizontales supérieures (toitures, terrasses ...)

### 1.3.2 Parois opaques verticales

Le facteur solaire équivalent moyen ( $Seq_{moy}^6$ ) des parois verticales en contact avec l'extérieur<sup>7</sup> des pièces principales est inférieur ou égal à la valeur du facteur solaire équivalent de référence ( $Seq_{ref}$ ) précisée dans le Tableau F ou la résistance thermique ( $R_{th}$ ) des parois verticales des pièces principales est supérieure ou égale à la valeur de référence ( $R_{ref}$ ) précisée dans le Tableau H page suivante.

	Valeurs Mayotte	Valeurs RTDOM
Seq ref	0,05	0,05
Rref		0,3
Uref		2,041

Tableau F: Paroi opaque verticales - facteur solaire de référence (et résistance thermique de référence)

Teinte	Résistance $R_{ref}$ m <sup>2</sup> .K/W	Coefficient global de déperdition $U_{ref}$ W/m <sup>2</sup> .K
Claire $\alpha = 0.4$	0,4	1,7
Moyenne $\alpha = 0.6$	0,70	1,1
Foncée $\alpha = 0.8$	1	0,8

Tableau G: Variation de la résistance thermique des murs en fonction de la couleur pour un facteur solaire  $Seq = 0,05$ .

### SOLUTIONS TECHNIQUES POUR LES PAROIS OPAQUES VERTICALES

Le tableau ci-dessous présente des solutions techniques permettant d'atteindre les exigences en fonction des habitudes constructives locales. (BTS = Brique de terre stabilisée)

Couleur	Résistance $R_{ref}$	Béton banché 16 cm	Parpaing 19 cm	Bois simple peau 2 cm	Matériaux locaux BTS
Claire $\alpha = 0.4$	0,4	Béton + 11 mm isolant + BA 13	Parpaing + 8 mm isolant + BA 13	Bois + 11 mm d'isolant	BTS 140 mm
Moyenne $\alpha = 0.6$	0,7	Béton + 23 mm isolant + BA 13	Parpaing + 20 mm isolant + BA 13	Bois + 23 mm d'isolant	BTS 200 mm + 7 mm isolant + placoplâtre (ou BTS 250 mm)
Foncée $\alpha = 0.8$	1	Béton + 35 mm isolant + BA 13	Parpaing + 35 mm isolant + BA 13	Bois + 35 mm d'isolant	BTS 200 mm + 20 mm isolant + placoplâtre (BTS 350 mm)

Tableau H: Solutions techniques permettant d'atteindre un facteur solaire de 0.05 (pour un isolant de  $\lambda = 0.04$  W/m<sup>2</sup>.K de type polystyrène)

Cette étude permettra de vérifier que les matériaux d'isolation proposés à la vente ont les performances thermiques permettant d'atteindre les exigences des tableaux C et E.

<sup>7</sup> Il s'agit ici des murs de façades, pignons ...

## 1.4 Méthodologie et pertinence de l'étude

La méthodologie sélectionnée repose sur l'étude qualitative et quantitative des appareils selon leur classe énergétique.

L'étude qualitative s'intéresse aux appareils tels que mis à la vente en 2009 : affichage étiquette, classe, consommation, prix d'achat et coût global. L'étude quantitative s'intéresse aux ventes 2008 : ventes selon les classes énergétiques. Ces deux étapes se sont déroulées au travers d'une enquête auprès des acteurs de l'importation et de la distribution d'équipements. Par ailleurs, des données globales ont été obtenues auprès des douanes pour, notamment, analyser la représentativité des enquêtes (voir Tableau J).

Ainsi, la participation de ces acteurs a été une clé de la réussite de cette étude.

Importateurs	distribution	
	matériaux d'isolation	climatiseurs
SODIFRAM/Musada	Musada	HD/musada
Somaco		somaco
Socodem Oi		djamali/kalo/Méga/jumbo
Cananga	Batimax- Mr Bricolage	Batimax
Siemag		Siemag/colomb entreprise
Baby's		Digital /Electa
Alizéa		Alizéa
Kalo		Kalo
Ballou		Ballou
Nossi sarl	Nossi sarl	
ED OI		ED OI

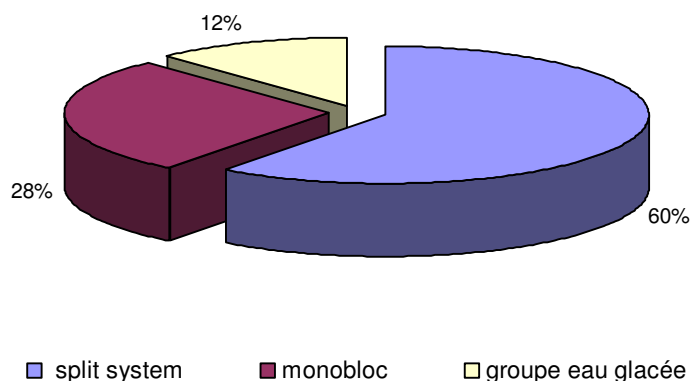
Tableau I: Principaux acteurs économiques de Mayotte dans le secteur climatisation/isolation

Au final, l'étude s'est déroulée comme suit :

- ❖ Enquête qualitative sur le terrain dans la zone industrielle de Kawéni, Z.I Néli ainsi que la rue du commerce à Mamoudzou.
- ❖ Rencontre avec les services des Douanes pour identifier des acteurs économiques principaux.
- ❖ Rencontre avec les principaux acteurs économiques : directeurs de sociétés, responsables de magasins, de produits ou d'achats pour présenter les objectifs de l'étude.
- ❖ Enquête quantitative avec formulaire rempli par les responsables de magasin.
- ❖ Traitement des données
- ❖ Rédaction d'un rapport

Les données des Douanes permettent d'analyser la pertinence de l'étude en s'intéressant à la représentativité des équipements.

Dans un premier temps, il apparaît que les split systems représentent **60%** des importations en poids net de l'ensemble des systèmes de conditionnement de l'air. Cela justifie de se focaliser sur ce type d'équipement.



**Figure 3 : Répartitions en % des poids nets importés en 2008**

Par ailleurs, la représentativité des acteurs enquêtés et des données fournies ont été analysées à partir de leur part dans les importations 2008 en poids net. La pertinence des enquêtes qui résulte de ces analyses est présentée ci-dessous. Cependant, il n'a pas été possible de faire cette analyse au niveau du polystyrène expansé ni au niveau des isolants minces réflecteurs car leurs codes douaniers n'ont pas pu être identifiés.

produits	Enquête qualitative	Enquête quantitative
Climatiseurs split system	67%	50%
Laine de verre	83%	83%
Laine de roche	69%	69%
Polystyrène expansé	Non disponible	
Multicouche mince	Non disponible	

**Tableau J: Reflet du marché en % du poids net total importé en 2008**

A titre d'information, ces deux types d'isolant, tels que nous le verrons plus loin dans le document, représentent 20% des surfaces vendues en 2008, ce qui permet de supposer que l'étude est globalement représentative avec un fort taux.

### 1.5 Tarification douanières 2009 des climatiseurs et des isolants

Un même produit peut être déclaré sous différents codes. Les codes en gras dans le Tableau K représentent les plus importants volumes d'importation et laissent croire qu'ils correspondent aux produits ciblés.

	Produits	Code des douanes	Droit de douane	Taxe de consommation	RSM (€ / T)
<b>Isolants</b>	Laine de verre	70193100	10%	3%	45,73
		<b>70195900</b>			
		70193900 70199099	10%	41%	45,73
	Laine de roche	68061000	10%	41%	45,73
	Polystyrène expansé	?	10%	8%	45,73
	Réflecteur mince	39219019	10%	41%	45,73
<b>Climatiseurs</b>	Split-system	84151090	10%	41%	45,73
	Eau glacée	84186100	10%	5%	45,73
		<b>84186900</b>			
	Monobloc	84151010	10%	41%	45,73

Tableau K:tarification douanière 2009

Le droit de Douanes s'applique sur la valeur HT+transport jusqu'à Mayotte, avec une possibilité d'exemption pour les biens d'origine européenne si la preuve de fabrication dans l'UE est faite pour les factures de moins de 6000€ HT.

La taxe de consommation en % s'applique sur la valeur HT+le transport jusqu'à Mayotte+le droit de douane.

La redevance sur les marchandises (taxe portuaire) est calculée sur le poids des marchandises (exprimé en tonnes), uniquement quand elles arrivent par voie maritime.

## 2 Résultats de l'enquête qualitative sur la climatisation

Il faut noter que l'OME a rencontré en vitrine un appareil fonctionnant au chlorodifluorométhane, HCFC-22 ou plus connu comme R22.

Ce gaz, soumis au Règlement Européen 2037-2000, pose un problème vis-à-vis du réchauffement climatique puisqu'il a un potentiel de réchauffement global 1810 fois supérieur à celui du CO<sub>2</sub>. Le R22 est d'ores et déjà interdit au sein de l'Union européenne en ce qui concerne son utilisation dans les appareils neufs, depuis le 30 juin 2004. Il est encore toléré, en maintenance, sur les appareils anciens jusqu'au 1er janvier 2010. On le remplace par des réfrigérants plus respectueux de l'environnement tels que R410A, R134a ou R407C<sup>8</sup>.

### 2.1 Quantités observées et gamme de puissance

Nous présentons ici les quantités d'appareils mis à la vente observés au cours de l'enquête qualitative. A ce point, il faut préciser que trois bases ont été mises en place :

- base brute des appareils issue de l'enquête
- base des appareils avec étiquette et consommation énergétique
- base des appareils avec prix de vente

Les étiquettes énergies proviennent de trois sources d'information :

- affichage en magasin
- analyse des fiches techniques transmises par les vendeurs/installateurs
- recherche internet pour compléter la base

Nous nous intéressons ici à la base brute des appareils tels qu'observés en magasin. Le Tableau L et la Figure 4 présentent les quantités observées par gamme de puissance frigorifique.

Puissance frigorifique btu/h	Quantités	taux	Puissance frigorifique en W	Surface climatisable en m <sup>2</sup>
7000	1	3%	2000	10 à 15
9000	12	40%	2600	15 à 20
12000	7	23%	3500	20 à 25
18000	3	10%	5300	30 à 40
24000	4	13%	7000	40 à 50
NC	3	10%		
<b>total</b>	<b>30</b>	<b>100%</b>		

Tableau L: Quantités observées des climatiseurs par gamme de puissance frigorifique

Sur les 27 climatiseurs observés, 40% sont de 9000 btu/h et 23% sont de 12000 btu/h.

<sup>8</sup> <http://fr.wikipedia.org/wiki/Chlorodifluorom%C3%A9thane>

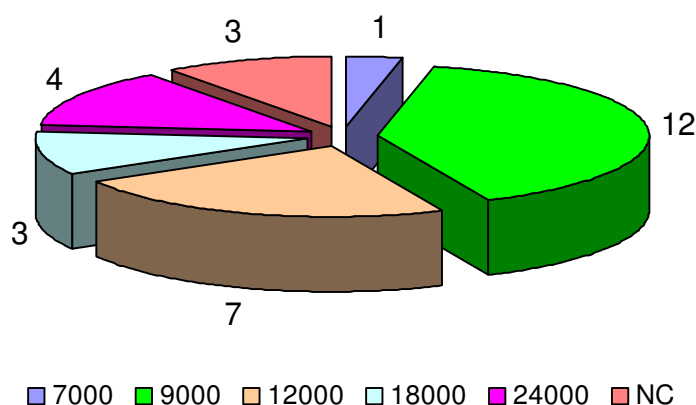


Figure 4: Quantité par gamme de puissance des climatiseurs observés en 2009

## 2.2 Qualité de l'affichage de l'étiquette énergie des climatiseurs

Conformément aux directives portant modalités d'application de la directive 92/75/CEE, (Concernant l'indication de la consommation d'énergie des divers appareils étudiés), l'étiquette doit être « placée soit à l'extérieur de la partie supérieure ou antérieure de l'appareil (gros électroménagers et climatiseurs) de manière à être clairement visible, et non masquée. »

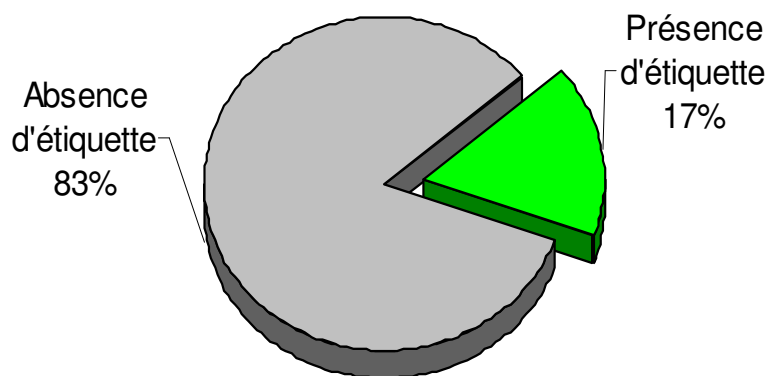


Figure 5: Qualité de l'affichage de l'étiquette énergie

A la différence des appareils électroménagers, les étiquettes énergies des climatiseurs sont toutes présentées de façon réglementaire. En revanche seulement **17%** des climatiseurs observés en magasin sont équipés de l'étiquette énergie.

### 2.3 Qualité de pose des climatiseurs

La qualité de pose des climatiseurs repose sur une enquête terrain s'intéressant aux points suivants:

- protection solaire de l'unité extérieure (u.e)
- respect des dégagements pour la bonne circulation du flux d'air autour de l'unité extérieure : 2 à 3 mètres sans obstacle face au ventilateur
- protection des vitrages du bâtiment
- couleur de la toiture (claire /foncée)

Il n'a pas été possible d'observer l'isolation des murs et de la toiture comme critère de qualité de pose pour les climatiseurs. Cependant, au travers de l'enquête quantitative sur les isolants, il sera possible d'émettre des hypothèses.

L'enquête terrain a été réalisée sur 47 bâtiments climatisés à Mamoudzou et Cavani.

Les tableaux et figures suivants présentent les résultats de cette enquête.

Type de bâtiments	quantités	Protection solaire u.e	vitrages protégés	toiture claire	Respect des dégagements
Maison individuelle	19	16%	37%	53%	74%
Habitat collectif	14	21%	57%	71%	71%
Bureaux	14	7%	57%	71%	79%
<b>Moyenne globale</b>		<b>15%</b>	<b>50%</b>	<b>64%</b>	<b>75%</b>

Tableau M: Caractéristiques des bâtiments climatisés

Avec seulement **15%** d'unités extérieures protégées des rayonnements directs du soleil, les bâtiments mahorais ne sont clairement pas conçus pour recevoir des climatiseurs. De fait, ces unités ont des consommations électriques accrues. Les rares fois où l'unité extérieure est protégée du soleil c'est quand celle-ci est posée en hauteur sous le débord de la toiture.

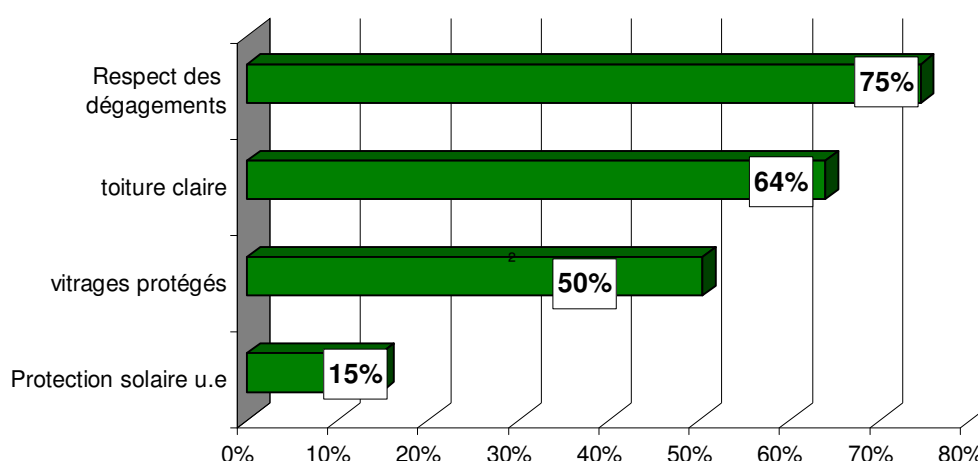


Figure 6 : Qualité de pose en 2009 des climatiseurs dans les secteurs des ménages individuels et collectifs et dans les bâtiments de bureaux, en %

Dans **75%** des cas, les dégagements permettant la bonne circulation du flux d'air autour de la machine sont respectés.



La moitié des vitrages des bâtiments climatisés observés ont des protections solaires soit par teinte ou film réfléchissant soit par interposition de brises-soleil.

Les toitures, majoritairement en tôle (75% en 2006<sup>9</sup>), devraient idéalement être toutes de couleur claire afin de réfléchir un maximum le rayonnement solaire. En effet, la capacité d'un matériau à absorber le rayonnement croît avec le coefficient d'absorption de sa face externe qui dépend de sa couleur et de son état de surface. Le coefficient d'absorption peut doubler d'une toiture claire à sombre. Plus le coefficient d'absorption est élevé et plus la surface s'échauffe.

## 2.4 Qualités énergétiques des climatiseurs observés

Nous présentons ici la répartition des appareils proposés à la vente en fonction de leur qualité énergétique, indépendamment de la qualité d'affichage. Les informations ont été obtenues par lecture des étiquettes énergies, analyse des fiches techniques et par recherches dans les bases de données disponibles sur internet, lorsque l'information était manquante en magasin. Au final, les classes énergétiques de 15 appareils ont pu être déterminées. Ainsi, 50% des climatiseurs proposés à la vente en 2009 respectent la directive européenne 92/75/ CEE. Nous n'avons pas pu trouver des informations relatives à l'étiquetage énergétiques des appareils restants.

La Figure 7 présente les qualités énergétiques observées par gamme de puissance.

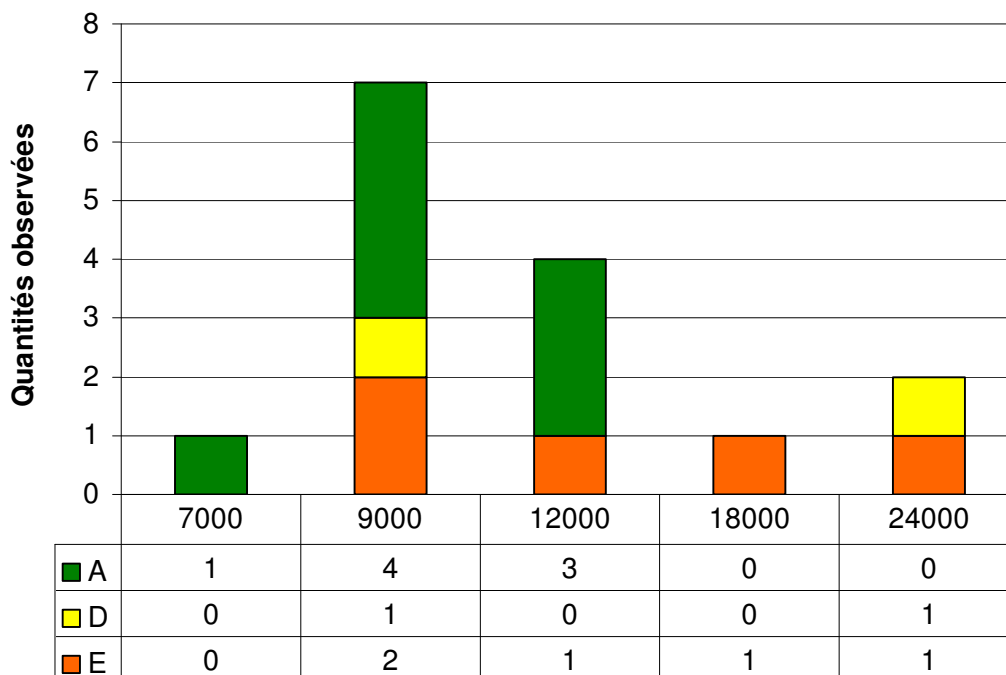


Figure 7: Quantités et qualités énergétiques des climatiseurs proposés à la vente en 2009

<sup>9</sup> Imageen et ICE, *Etude sur la maîtrise de l'énergie dans l'habitat social, les bâtiments publics, les équipements publics et sportifs à Mayotte*, septembre 2006 p. :15

climatiseurs split-system	Répartition en % par classe énergétique			
Puissances btu/h	A	D	E	total par gamme
7000	7%	0%	0%	7%
9000	27%	7%	13%	47%
12000	20%	0%	7%	27%
18000	0%	0%	7%	7%
24000	0%	7%	7%	13%
<b>total par classe</b>	<b>53%</b>	<b>13%</b>	<b>33%</b>	<b>100%</b>

Tableau N: Répartition en % par classe énergétique

On note l'absence de climatiseurs de classe B et C. Les classes A, D et E représentent respectivement 53%, 13% et 33% des observations.

Les figures 8 à 10 présentent les répartitions par classe énergétique des différentes gammes de climatiseurs. 100% des 7000 et 18000 btu/h sont respectivement de classe A et E.

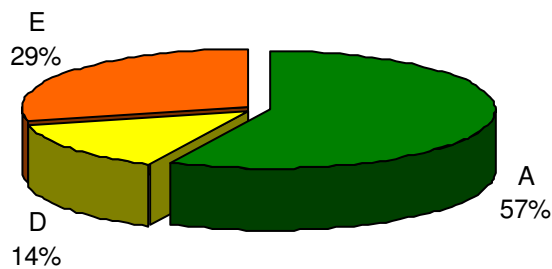


Figure 8: Répartitions par classe énergétique des climatiseurs 9000 btu/h observés

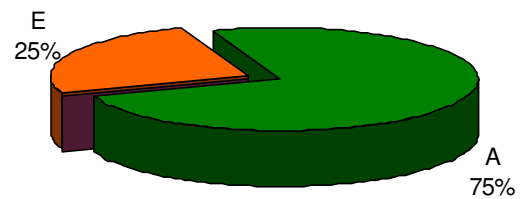


Figure 9: Répartitions par classe énergétique des climatiseurs 12000 btu/h observés

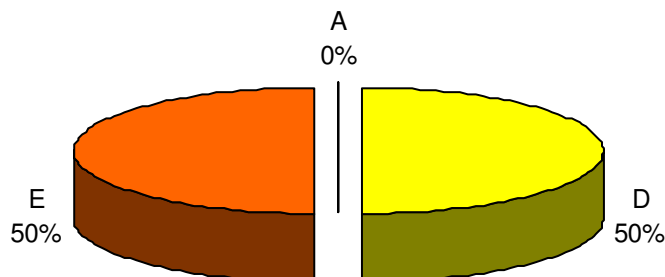


Figure 10: Répartitions par classe énergétique des climatiseurs 24000 btu/h observés

## 2.5 Certification Eurovent, qualités énergétiques certifiées

La liste des produits certifiés Eurovent est disponible sur le site internet du même nom<sup>10</sup>.

**33%** des climatiseurs observés détiennent la certification Eurovent. Les observations des classes énergétiques et des consommations ne sont donc garanties que pour 5 appareils.

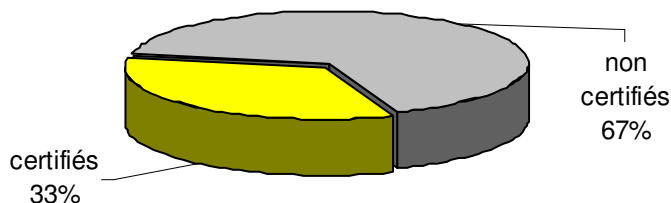


Figure 11 : Certifications Eurovent des climatiseurs observés

Les 18000 et 24000 btu/h ne sont jamais certifiées ainsi que les appareils de classes D (rappelons qu’aucun appareil de classes B et C n’ont été observés).

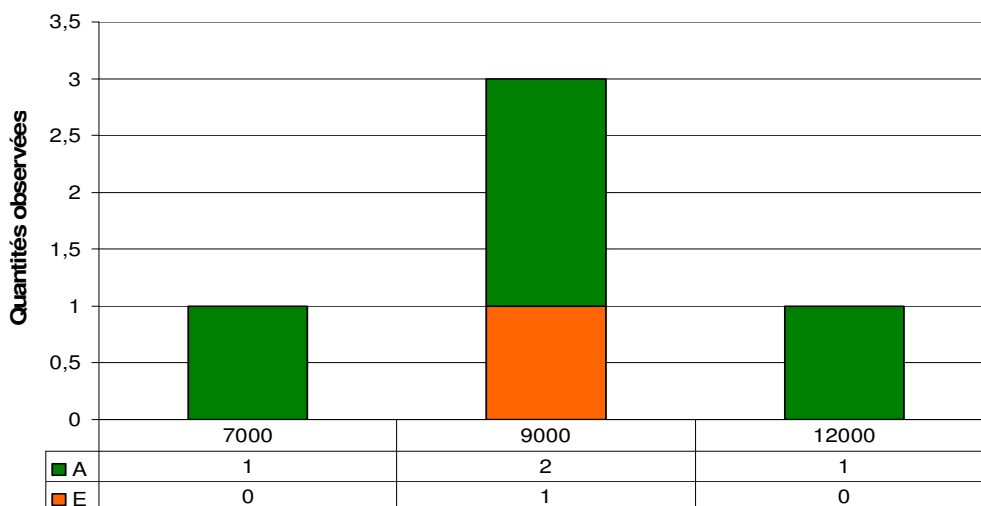


Figure 12: Quantités et qualités énergétiques des climatiseurs certifiés Eurovent, observées en 2009

climatiseurs split-system Puissances btu/h	Répartition en % par classe énergétique			total par gamme
	A	D	E	
7000	20%	0%	0%	20%
9000	40%	0%	20%	60%
12000	20%	0%	0%	20%
18000	0%	0%	0%	0%
24000	0%	0%	0%	0%
<b>total par classe</b>	<b>80%</b>	<b>0%</b>	<b>20%</b>	<b>100%</b>

Tableau O : Répartition en % par classe énergétique des climatiseurs certifiés Eurovent

<sup>10</sup> [http://www.eurovent-certification.com/fr/Produits\\_certifies/Acces\\_par\\_programme.php?lg=fr&rub=04&srub=01&select\\_prog=AC1&select\\_partic=&select\\_marque=&select\\_class](http://www.eurovent-certification.com/fr/Produits_certifies/Acces_par_programme.php?lg=fr&rub=04&srub=01&select_prog=AC1&select_partic=&select_marque=&select_class)

## 2.6 Consommations énergétiques des climatiseurs proposés à la vente

### 2.6.1 Analyse globale des consommations énergétiques

L'estimation de la consommation annuelle, indiquée sur l'étiquette énergie, est fondée sur une utilisation moyenne de 500 heures par an, déterminée conformément aux procédures harmonisées<sup>11</sup>. L'étiquette précise d'ailleurs que la consommation d'énergie dépend de la manière dont l'appareil est utilisé ainsi que du climat.

Or la situation géographique de l'île de Mayotte fait qu'on peut compter, pour un ménage ou pour des bâtiments de bureaux, un fonctionnement de 8 heures par jour pendant 6 mois soit un fonctionnement de **1440 heures par an**. Notons alors que les clients lisent sur les étiquettes, des consommations énergétiques qui ne seront pas réelles pour Mayotte.

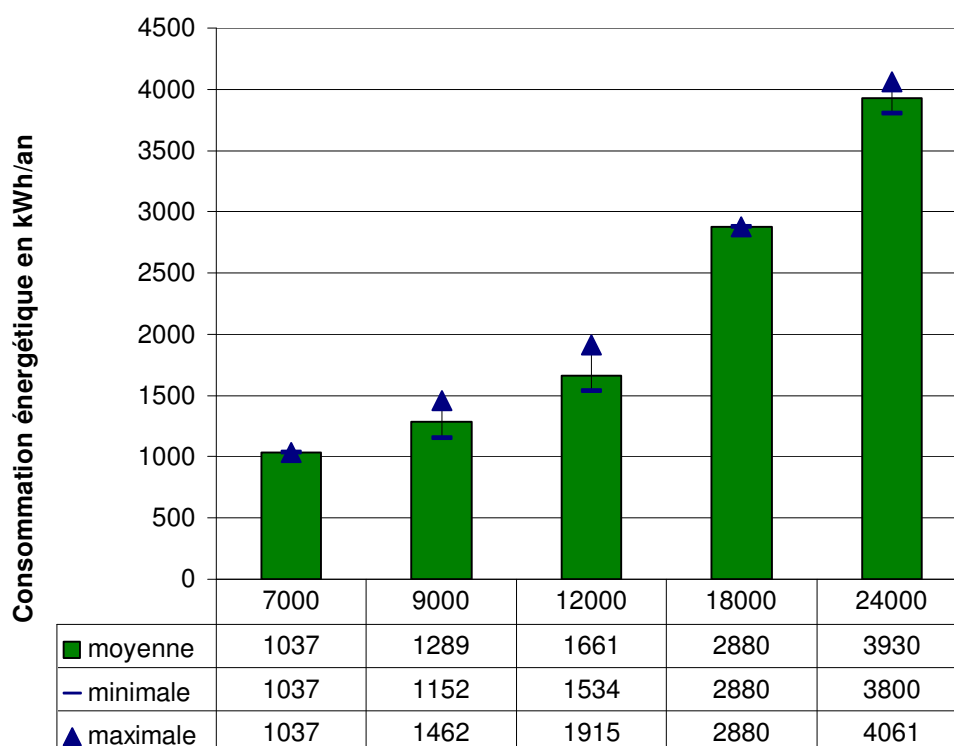


Figure 13 : Consommations énergétiques moyennes et extrêmes pour un fonctionnement de 1440h/an.

<sup>11</sup> Paragraphe 5 annexe II de la directive 2002/31/CE.

### 2.6.2 Analyse détaillée des consommations énergétiques

La figure 14 présente les consommations énergétiques des climatiseurs par gamme de puissance et classes énergétiques.

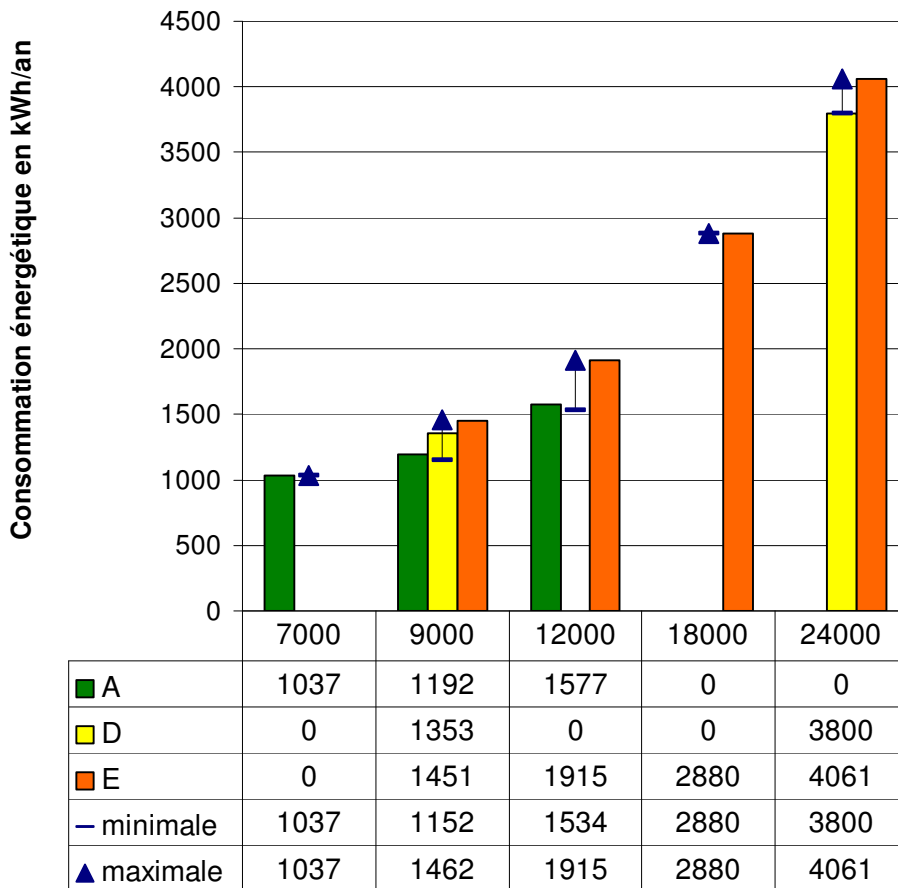


Figure 14 : Consommations moyennes et extrêmes par gamme de puissance et classe énergétique pour un fonctionnement de 1440h/an.

## 2.7 Prix des climatiseurs proposés à la vente

### 2.7.1 Analyse globale des prix

La figure 15 présente les prix moyens et extrêmes des climatiseurs rencontrés sur le marché pour chaque gamme de puissance.

Notons que l'affichage des prix en magasin n'est pas toujours systématique. Le seul climatiseur de 18000 btu/h ayant un prix connu est de classe E, ce qui peut expliquer l'irrégularité du graphe ci-dessous.

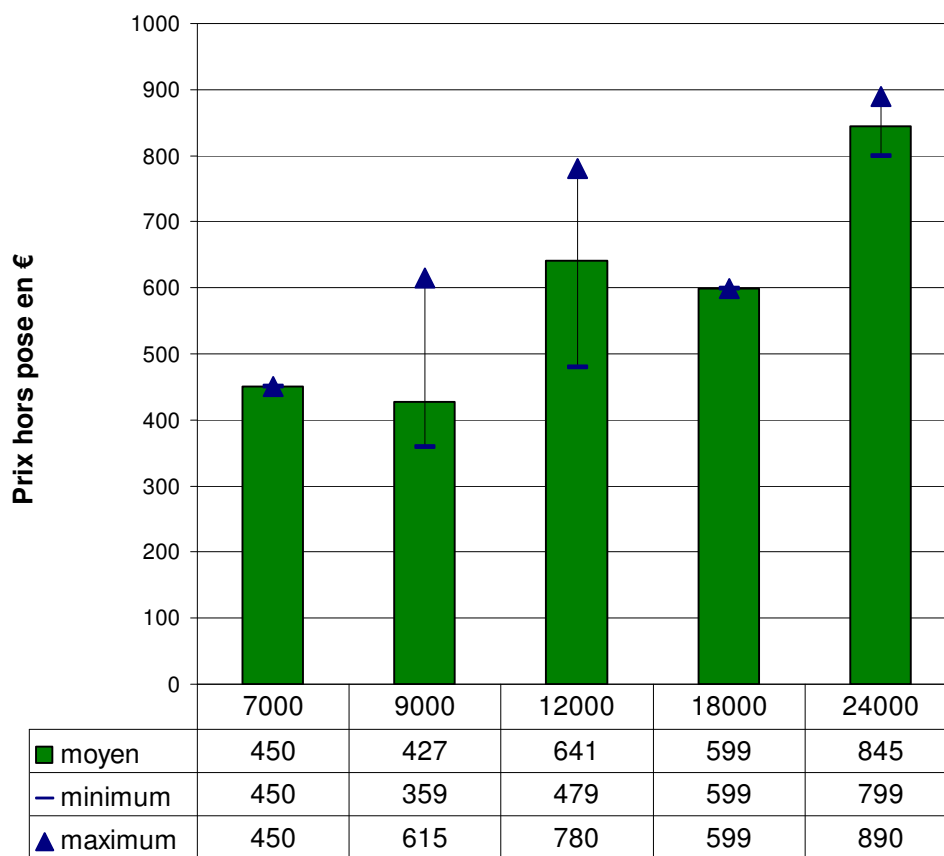
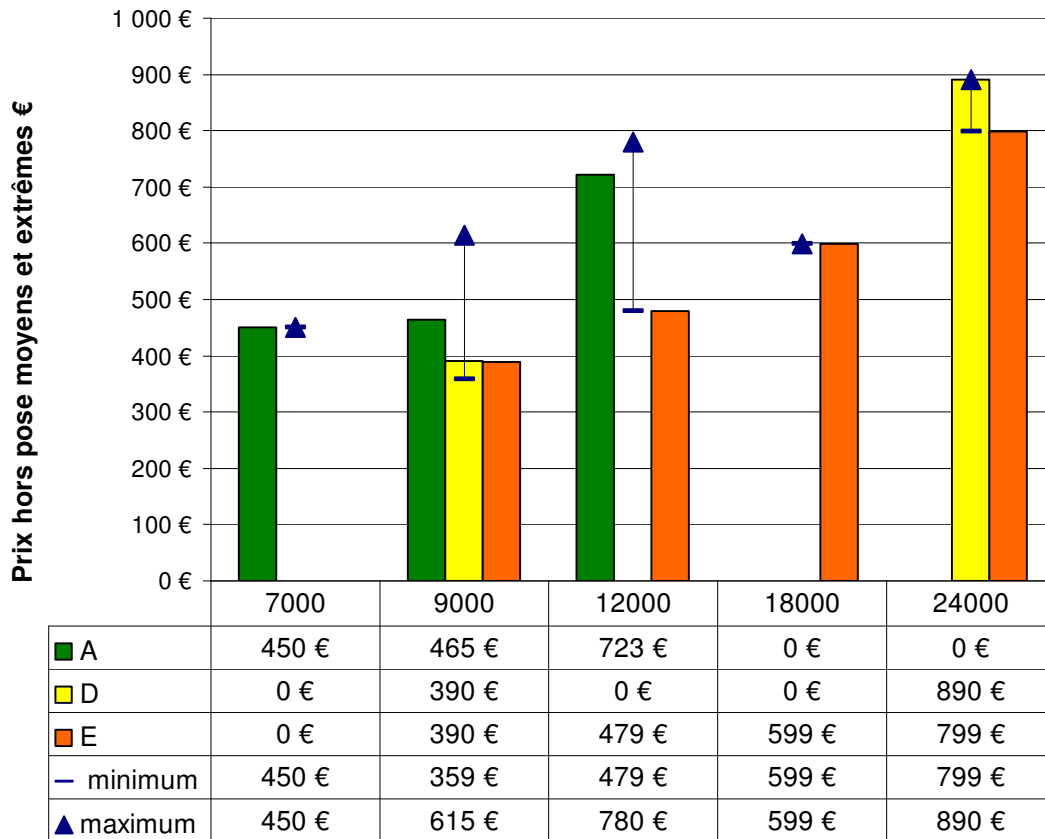


Figure 15: Prix hors pose des climatiseurs proposés à la vente en 2009

### 2.7.2 Analyse détaillée des prix

La figure 16 présente les prix moyens et extrêmes des climatiseurs rencontrés sur le marché, détaillés par gamme de puissance et classe énergétique.



**Figure 16: Prix moyens et extrêmes hors pose par classe et gamme de puissance des climatiseurs proposés à la vente en 2009.**

## 2.8 Coût des climatiseurs pour les utilisateurs sur la durée de vie de l'appareil

L'analyse des déclarations de la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) concernant la Contribution au Service Public de l'Electricité (CSPE) reversée à EDM fait apparaître les informations suivantes concernant 2007, année où la consommation d'électricité était de 172 445 MWh :

- recettes de production : 10,4 M€ soit 0,06 €/kWh
- coût de production : 38,5 M€ soit 0,22 €/kWh
- CSPE versée : 28,1 M€ soit 0,16 €/kWh

Les recettes de production sont versées par les utilisateurs finaux spécifiquement pour la production d'électricité, exclue sa distribution. C'est la valeur utilisée dans l'analyse des coûts globaux pour les utilisateurs.

### 2.8.1 Analyse globale des coûts pour les utilisateurs

La figure 17 présente les coûts globaux par gamme de puissance des climatiseurs pour les utilisateurs.

Le coût global est le coût sur la durée de vie de l'équipement incluant l'investissement initial et son fonctionnement. Dans notre cas, nous considérerons l'achat initial et le coût de l'électricité. La maintenance est négligée, d'autant plus qu'elle est considérée identique pour chaque gamme.

Le prix d'achat initial est issu de l'analyse précédente au chapitre 2.7 La consommation d'électricité est issue de l'analyse au chapitre 2.6 avec une correction d'un facteur de 25% liée aux conditions d'utilisation et au vieillissement des équipements. Il est probable que ce facteur soit plus important dans les faits. La durée de vie est évaluée à 7 ans.

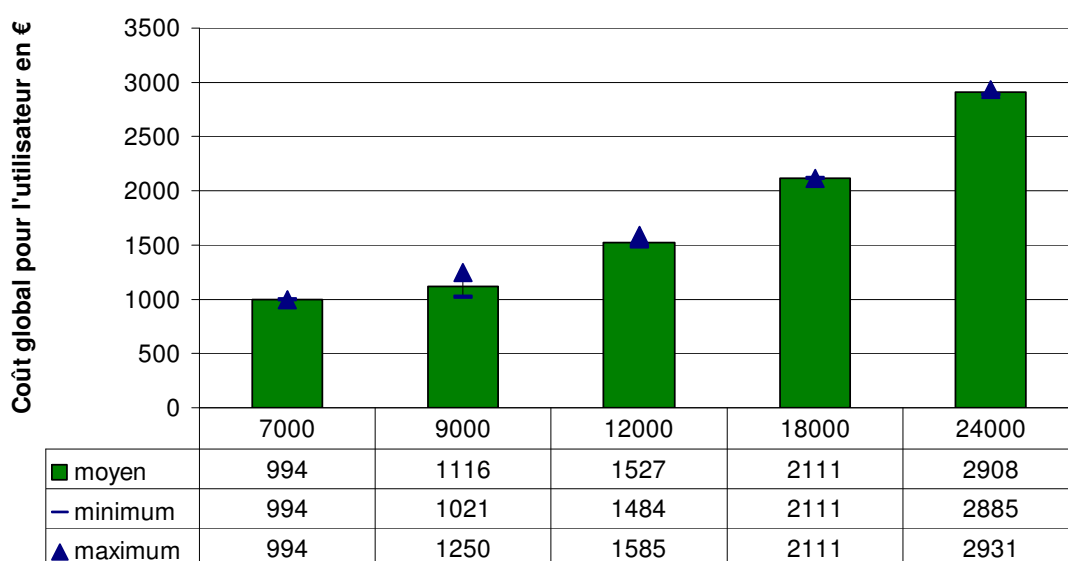


Figure 17 : Coût global pour l'utilisateur sur 7ans



## 2.8.2 Analyse détaillée des coûts pour les utilisateurs

La figure 18 présente les coûts moyens et extrêmes des climatiseurs rencontrés sur le marché, détaillés par gamme de puissance et classe énergétique.

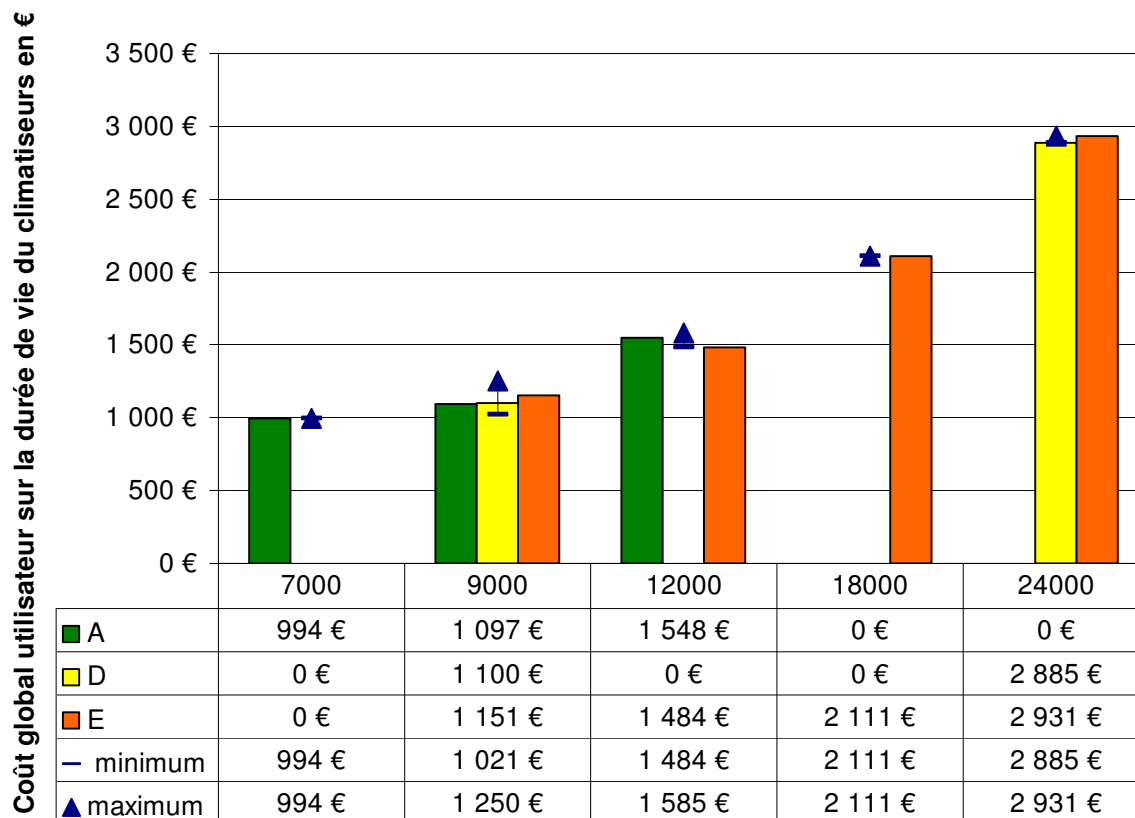


Figure 18: Coût détaillé pour l'utilisateur sur 7 ans

**Il apparaît donc que les coûts globaux sur la durée pour les utilisateurs sont d'autant plus importants que la classe énergétique est mauvaise.**

Ce résultat ne peut être considéré comme absolu dans la mesure où l'échantillon des données est très limité et ne permet pas d'étudier toutes les classes énergétiques par gamme.

Cependant, il s'agit d'un résultat encourageant qui doit être valorisé auprès des consommateurs finaux afin de les sensibiliser à une démarche économe financièrement pour eux mais économe énergétiquement et environnementalement pour le territoire.

La différence de coût serait d'autant plus importante que le facteur de correction est élevé.

## 2.9 Coût des climatiseurs pour le territoire de Mayotte sur la durée de vie de l'appareil

### 2.9.1 Analyse globale des coûts pour le territoire

La figure 19 présente les coûts globaux par gamme de puissance des climatiseurs pour le territoire de Mayotte.

Le coût global pour le territoire est le coût reversé globalement par les acteurs mahorais sur la durée de vie de l'équipement incluant l'investissement initial et son fonctionnement. Ainsi, il faudrait exclure les échanges financiers intra-territoriaux : notamment, le paiement de taxes, de droits de douanes ainsi que la marge locale.

Comme pour l'estimation du coût pour l'utilisateur, nous considérerons l'achat initial et le coût de l'électricité. La maintenance est négligée, d'autant plus qu'elle est considérée identique pour chaque gamme et classe. Le prix d'achat initial est issu de l'analyse précédente au chapitre 2.7 en déduisant une marge estimée pour les distributeurs et les taxes/droits de douanes. La consommation d'électricité est issue de l'analyse au chapitre 2.6 avec une correction d'un facteur de 25% liée aux conditions d'utilisation et au vieillissement des équipements. Il est probable que ce facteur soit plus important dans les faits. La durée de vie est évaluée à 7 ans.

Le coût de production de l'électricité pour le territoire est évaluée à 16 c€/kWh en supposant que les charges locales de production (taxes et frais de personnels) sont aux alentours de 6 c€/kWh.

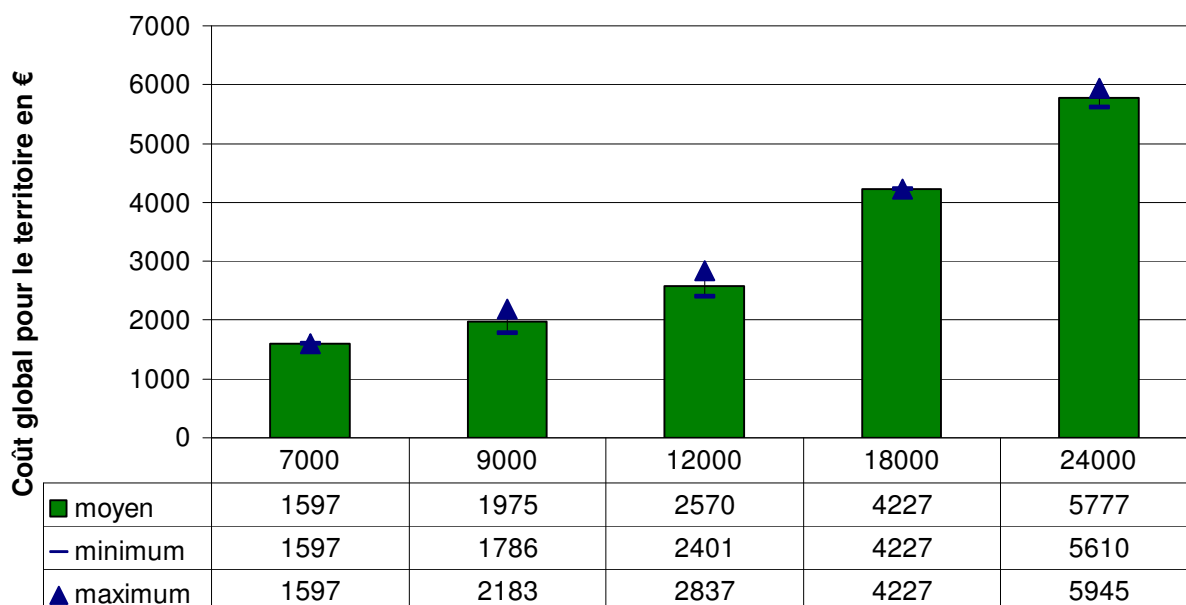


Figure 19: Coût global pour le territoire sur 7 ans

## 2.9.2 Analyse détaillée des coûts pour le territoire

La figure 20 présente les coûts moyens et extrêmes pour le territoire (producteur d'électricité) des climatiseurs rencontrés sur le marché, détaillés par gamme de puissance et classe énergétique.

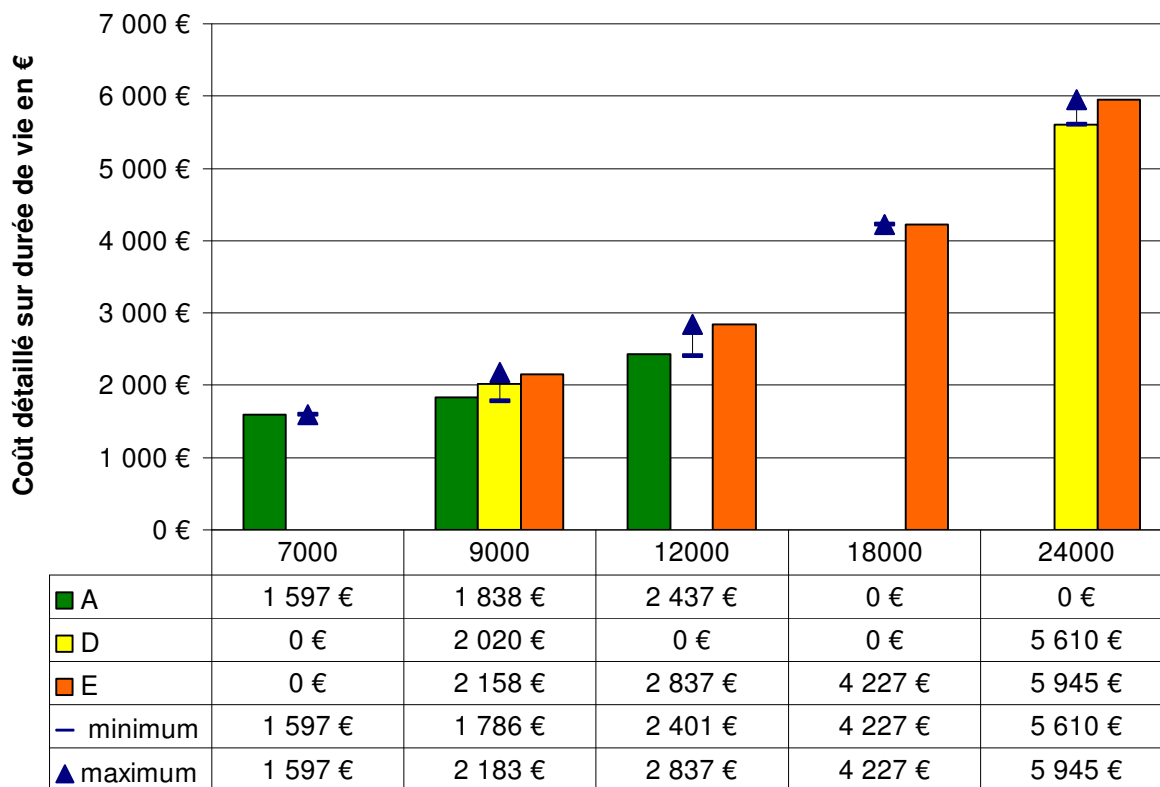


Figure 20: Coût détaillé pour le territoire sur 7 ans

**Il apparaît donc que les coûts globaux sur la durée pour le territoire sont d'autant plus importants que la classe énergétique est mauvaise.**

Tout comme pour le coût pour les utilisateurs, ce résultat ne peut être considéré comme absolu dans la mesure où l'échantillon des données est très limité et ne permet pas d'étudier toutes les classes énergétiques par gamme.

Cependant, il faut noter que la différence de coût entre classes énergétiques au sein d'une même gamme est bien plus importante du point de vue du territoire que de celui de l'utilisateur.

**Cela justifie d'autant plus une intervention publique pour soutenir les utilisateurs dans leur choix pour des équipements efficaces.**

### 3 Résultats de l'enquête quantitative sur la climatisation

#### 3.1 Origines et historique des importations des climatiseurs type split-system

L'analyse des données douanières permet de connaître l'origine des importations et l'historique annuel. Ces analyses sont faites par rapport au poids net total importé des appareils.

La Figure 21 montre la forte provenance d'Asie des climatiseurs. Cela pose le problème du juste étiquetage et de la certification des produits.

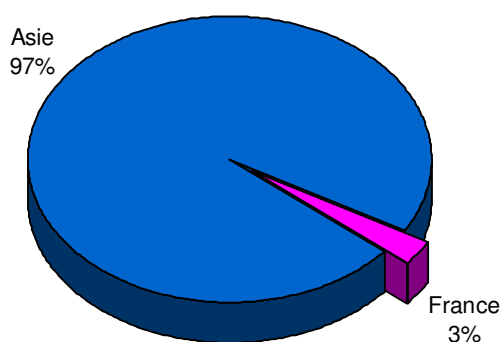


Figure 21: Répartitions des importations des climatiseurs split-system par poids net importés en 2008

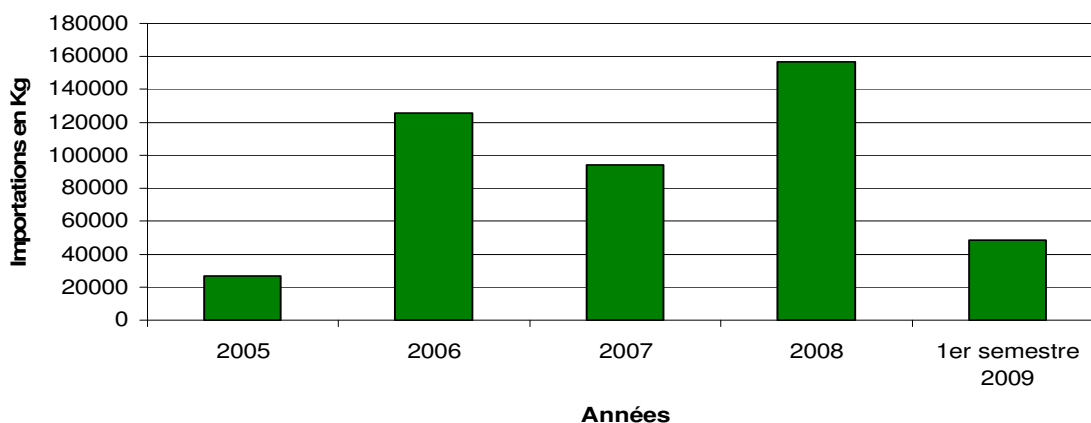


Tableau P: Historique des sommes de poids net importés de climatiseurs split-system

Depuis 2005 jusqu'à aujourd'hui, **451 544 kg**<sup>12</sup> de climatiseurs ont été importés à Mayotte. Pour un poids moyen de 50kg par climatiseur (unités intérieure et extérieure), le parc de climatiseurs de type split-system est estimé à au moins **9000** unités.

Selon cette estimation, en 2008, **3131** split system auraient été importés.

<sup>12</sup> Données douanes

### 3.2 Quantité vendues par gamme de puissance

Nous présentons ici les quantités d'appareils qui ont servi à l'enquête quantitative. A ce point, il faut préciser que l'enquête quantitative n'a pas permis de récupérer les informations relatives à l'ensemble des importations 2008.

A ce jour, seules les ventes de **1332** équipements ont été caractérisées, parmi lesquelles l'information classe énergétique n'a été obtenue que pour **853** appareils. La répartition obtenue pour ce petit échantillon a été appliquée aux 1332 équipements qui avaient été distribués par les mêmes acteurs. Concernant le volume total des importations, il a été préféré de ne pas considérer sa répartition uniforme au petit échantillon de 853 appareils, car les appareils non-caractérisés proviennent de distributeurs différents.

Pour ce qui est des informations relatives aux prix, seules les ventes de **516** appareils ont été caractérisées. Cet échantillon n'est pas suffisamment représentatif pour procéder à une analyse globale des prix. Cependant, l'enquête qualitative fournit des informations intéressantes.

Le tableau ci-dessous présente la répartition par gamme de puissance des ventes 2008 connues.

Puissance frigorifique btu/h	Quantités	taux
7000	37	3%
9000	911	68%
12000	201	15%
18000	73	5%
24000	110	8%
<b>total</b>	<b>1332</b>	<b>100%</b>

Tableau Q : Quantités vendues des climatiseurs par gamme de puissance

Sur les 1332 climatiseurs vendus, 68% sont de 9000 btu/h et 15% sont de 12000 btu/h.

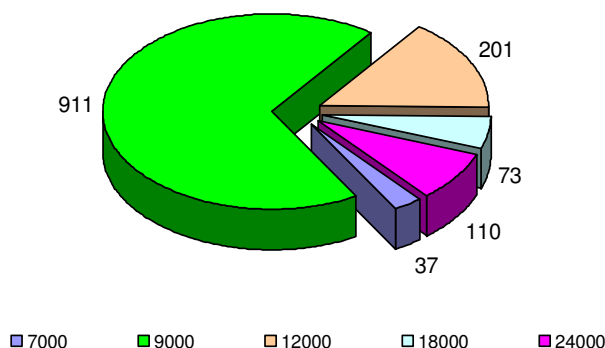


Figure 22:Quantité par gamme de puissance des climatiseurs vendus en 2008

### 3.3 Qualités énergétiques des climatiseurs vendus

La Figure 23 présente les qualités énergétiques vendues par gamme de puissance. Le Tableau R présente les parts des ventes 2008 par classes énergétiques.

Les classes C et D représentent chacune 40% des ventes 2008, toute gamme confondue. 40% des 9000 btu/h vendus sont de classe D.

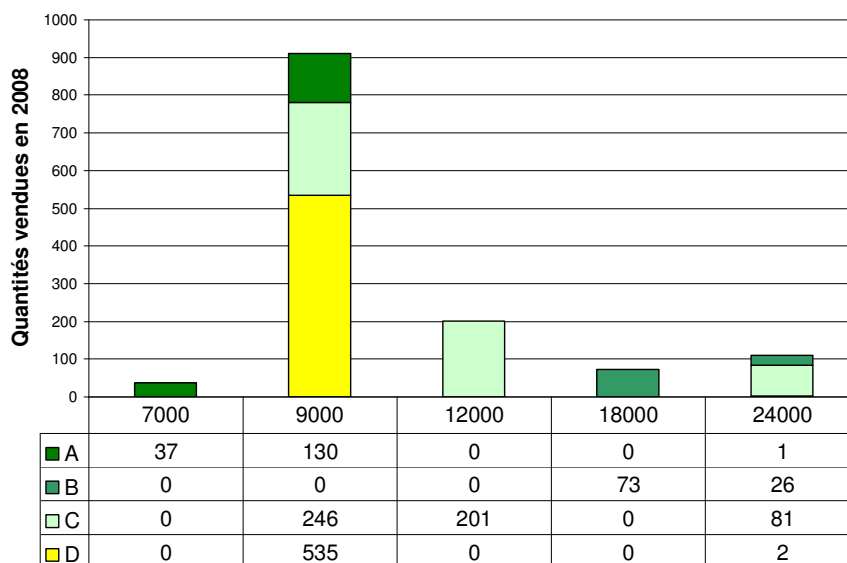


Figure 23 : Quantités et qualités énergétiques des climatiseurs vendus en 2008

climatiseurs split-system	Répartition en % par classe énergétique				
	A	B	C	D	total par gamme
Puissance frigorifique btu/h					
7000	3%	0%	0%	0%	3%
9000	10%	0%	18%	40%	68%
12000	0%	0%	15%	0%	15%
18000	0%	5%	0%	0%	5%
24000	0%	2%	6%	0%	8%
<b>total par classe</b>	<b>13%</b>	<b>7%</b>	<b>40%</b>	<b>40%</b>	<b>100%</b>

Tableau R: Répartition en % par classe énergétique et par gamme de puissance

### 3.4 Certification Eurovent, qualités énergétiques certifiées

25% des climatiseurs observés détiennent la certification Eurovent. Les classes énergétiques et des consommations ne sont donc garanties que pour **335 appareils**.

Les gammes de puissances 7000 et 18000 btu/h ne sont jamais certifiées ainsi que les appareils de classes B et D.

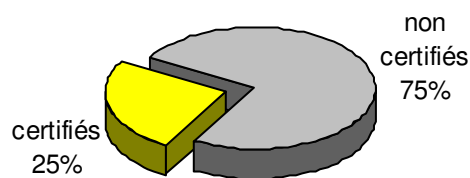


Figure 24 : Certifications Eurovent des climatiseurs observés

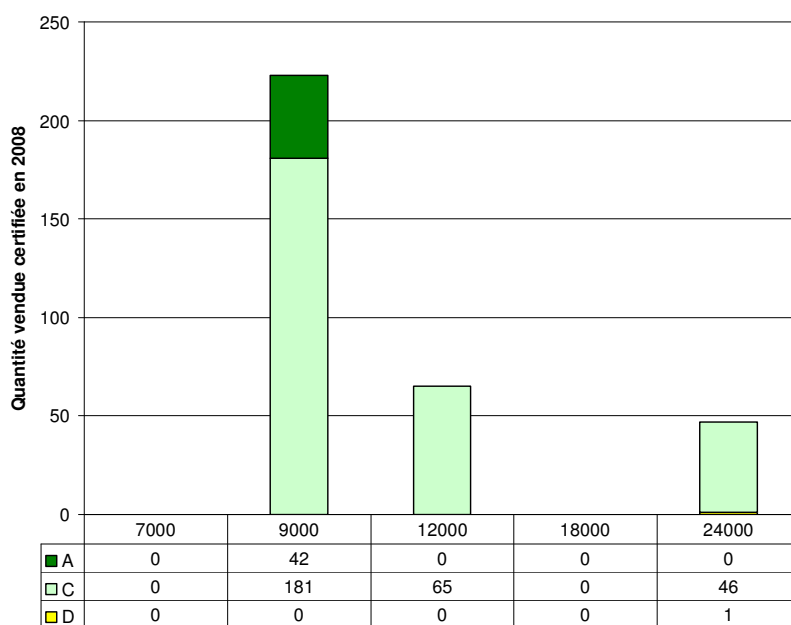


Figure 25: Quantités et qualités énergétiques des climatiseurs certifiés Eurovent

climatiseurs split-system	Répartition en % par classe énergétique				
	A	B	C	D	total par gamme
Puissance frigorifique btu/h					
7000	-	-	-	-	0%
9000	13%	-	54%	-	67%
12000	-	-	19%	-	19%
18000	-	-	-	-	0%
24000	-	-	14%	0%	14%
<b>total par classe</b>	<b>13%</b>	<b>0%</b>	<b>87%</b>	<b>0%</b>	<b>100%</b>

Tableau S : Répartition en % par classe énergétique des climatiseurs certifiés Eurovent

### 3.5 Analyse détaillée des consommations énergétiques

La Figure 26 présente les consommations énergétiques des climatiseurs par gamme de puissance et classes énergétiques.

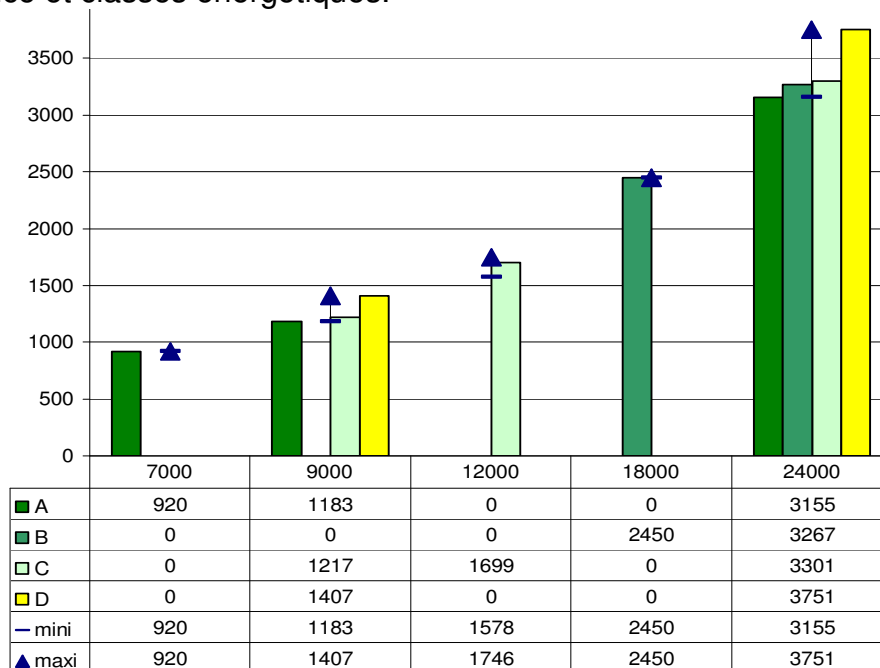


Figure 26: Consommations moyennes et extrêmes par gamme de puissance et classe énergétique pour un fonctionnement de 1440h/an.

### 3.6 Surfaces climatisées et surfaces à isoler/protéger

Le tableau suivant présente des estimations des surfaces climatisées grâce à l'échantillon d'équipements analysé et des surfaces horizontales à isoler et verticales à protéger correspondantes. En effet, du point de vue de la conception, on considèrera que les toitures sont à isoler alors que les murs sont à protéger grâce à des brises-soleil.

Puissance frigorifique btu/h	nombre d'équipement	Surface moyenne climatisable en m <sup>2</sup>	surfaces climatisées en m <sup>2</sup>	surfaces horizontales à isoler par clim en m <sup>2</sup>	surfaces horizontales totales à isoler en m <sup>2</sup>	Surfaces verticales à protéger par clim en m <sup>2</sup>	surfaces verticales totales à protéger en m <sup>2</sup>
7000	37	12	444	6	222	17	641
9000	911	17	15 487	9	7744	21	18781
12000	201	22	4 422	11	2211	23	4714
18000	73	35	2 555	18	1278	30	2159
24000	110	45	4 950	23	2475	34	3690
<b>total</b>	<b>1 332</b>	<b>21</b>	<b>27 858</b>		<b>13 929</b>		<b>29 984</b>

Tableau T: Surfaces climatisées et à isoler ou protéger

Les surfaces moyennes climatisables par puissance frigorifique sont issues de la littérature (SNEFCCA). Les surfaces à isoler sont obtenues en considérant qu'un bâtiment moyen climatisé est constitué de deux niveaux de quatre pièces chacun.

En extrapolant aux importations totales 2008 de split (**3131 appareils** de 50kg), il faudrait donc isoler 33 000 m<sup>2</sup> de toiture et protéger 70 000 m<sup>2</sup> de façades.

En effectuant une nouvelle extrapolation des importations 2008 de splits vers les importations totales d'appareils de climatisation (Figure 3), on trouve alors une surface totale de toiture à isoler de 55 000 m<sup>2</sup> et une surface totale de façade à protéger de 117 000 m<sup>2</sup>.



### 3.7 Synthèse de l'enquête quantitative sur les climatiseurs

Le tableau suivant présente les données synthétiques relatives aux ventes 2008 de climatiseurs telle que communiquées par les acteurs économiques.

Climatiseurs split-system			parts des classes énergétiques en %				Puissance électrique et EER		Consommations totales et moyennes en kWh/an pour 1440h/an	
Puissance frigorifique btu/h	nombre d'équipement	puissance frigorifique totale kWf	A	B	C	D	Puissance électrique absorbée kWélec	EER moyen	totale	moyenne
7000	37	76	100%	0%	0%	0%	24	3,21	34 051	920
9000	911	2 404	14%	0%	27%	59%	853	2,82	1 228 635	1 349
12000	201	707	0%	0%	100%	0%	244	2,90	351 010	1 746
18000	73	385	0%	100%	0%	0%	124	3,10	178 885	2 450
24000	110	774	1%	24%	74%	2%	263	2,95	378 512	3 441
<b>total</b>	<b>1 332</b>	<b>4 347</b>	<b>13%</b>	<b>7%</b>	<b>40%</b>	<b>40%</b>	<b>1 508</b>	<b>2,88</b>	<b>2 171 094</b>	<b>1 630</b>

Tableau U: Consommations énergétiques moyennes et extrêmes pour un fonctionnement de 1440h/an.

## 4 Résultats de l'enquête qualitative sur les matériaux d'isolation

### 4.1 Préambule sur les isolants

Si la conductivité des matériaux qui exprime leurs qualités isolantes est bien connue des professionnels, les autres caractéristiques thermiques sont beaucoup moins bien connues et utilisées. Nous faisons référence à :

- **La capacité thermique** ( $\text{Wh/m}^3\cdot\text{K}$ ) qui désigne l'aptitude d'un matériau à stocker de la chaleur. (voir 3.4)
- **La diffusivité thermique** ( $\text{m}^2/\text{h}$ ) qui désigne l'aptitude d'un matériau à transmettre rapidement une variation de température.
- **L'effusivité thermique** ( $\text{W}\cdot\text{h}^{0,5}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ) qui désigne la rapidité avec laquelle un matériau absorbe les calories.
- **L'énergie grise** ( $\text{kwh/m}^3$ ) correspond à la somme de toutes les énergies primaires nécessaires à l'extraction, la transformation, la distribution et enfin au recyclage du produit (voire 3.4).

Les conductivités thermiques des isolants mahorais, toutes inférieures à  $0,05 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ , varient peu, il n'y a donc pas d'intérêt de les comparer. En revanche, les énergies grises et capacités thermiques des isolants varient nettement plus. Ces caractéristiques, comparées à celles de la ouate de cellulose sont présentées dans le tableau ci-dessous.

#### Origine et fabrication de la laine ou ouate de cellulose :

La laine de cellulose provient du papier recyclé, obtenu à partir de journaux non utilisés, ou, pour certaines fabrications dites « blanches », à partir de coupes de papiers neufs d'imprimerie. Le papier est défibré et réduit en flocons, puis stabilisé par incorporation de divers agents de texture et ignifugeants, variables selon les fabricants : gypse, sels de bore, sels de sodium, de calcium, bauxite, phosphate d'ammonium, etc. La laine de cellulose est utilisée depuis les années 30 aux Etats-Unis et en Scandinavie, où plusieurs centaines de milliers de maisons et d'établissements publics ont été isolés avec ce matériau.<sup>13</sup>

	densités $\text{kg/m}^3$	énergie grise $\text{kwh/m}^3$	capacité thermique $\text{Wh/m}^3\cdot\text{K}$
ouate de cellulose	70	6	42
Laines minérales	60	280	27
polystyrène expansé	20	500	9
Réflecteurs minces	52	840	NC

Tableau V : Caractéristiques thermiques des familles d'isolants disponibles à Mayotte comparées à celles de la ouate de cellulose

<sup>13</sup> Jean-Pierre Oliva, *L'isolation écologique*, terre vivante 2008 page 63

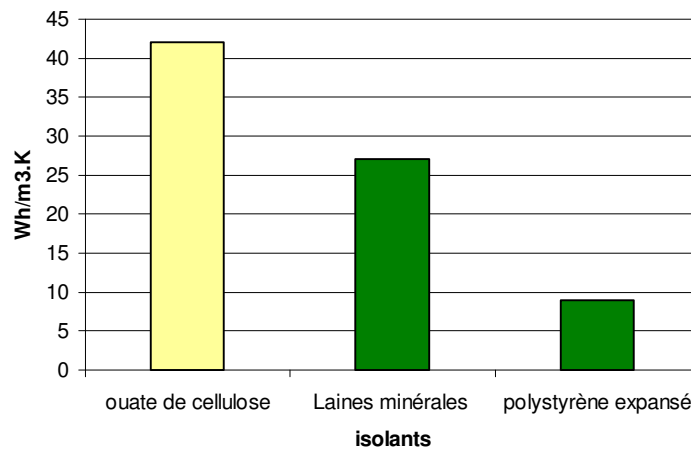


Figure 27 : Capacités thermiques des isolants mahorais comparées avec la celle de la ouate de cellulose

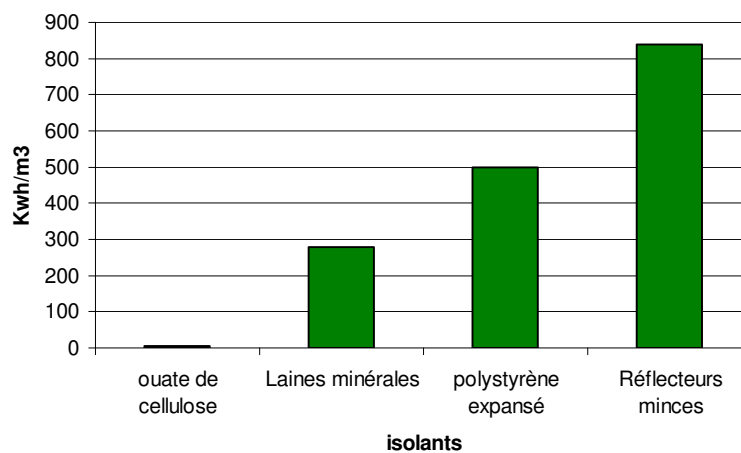


Figure 28: Energies grises des isolants mahorais comparées avec celle de la ouate de cellulose

Les figures 25 et 26 montrent que les isolants mis à la vente en 2009 à Mayotte pourraient être nettement plus performants au niveau des capacités thermiques et des énergies grises qu'ils présentent.

Aucun des isolants proposé n'est d'origine renouvelable et leur recyclage est soit difficile (laine de verre et de roche) soit impossible (polystyrène et réflecteur mince). En revanche, la ouate de cellulose est un matériau réutilisable et certains fabricants proposent des formules sans sels de bore afin de permettre le compostage et l'utilisation agricole des déchets<sup>14</sup>.

<sup>14</sup> Jean-Pierre Oliva, *L'isolation écologique*, terre vivante 2008 page 65

## 4.2 Nombre de produits observés

L'OME a observé 15 isolants différents. Le tableau ci-dessous présente les types et caractéristiques associées à chacun de ces isolants. Dans la suite de l'étude, on utilisera cette nomenclature pour désigner les isolants.

Type d'isolant	Epaisseur mm	Densité Kg/m <sup>3</sup>	Conductivité th W/m.K	Résistance th m <sup>2</sup> K/W
laine de roche faux plafond	20	110	0,035	0,54
laine de roche faux plafond	25	110	0,035	0,71
polystyrène expansé	40	10	0,050	0,80
laine de verre (9,36m <sup>2</sup> )	45	18	0,038	1,10
laine de roche faux plafond	40	110	0,035	1,14
laine de verre (12,96m <sup>2</sup> )	45	18	0,038	1,15
polystyrène expansé	50	25	0,042	1,19
laine de verre	60	57	0,039	1,5
mince à bulles	9	52	0,0045*	2
multicouche mince	9	NC	0,0045*	2
laine de verre	80	65	0,039	2
laine de verre	100	71	0,039	2,5
laine de verre	160	60	0,040	4
laine de roche	200	NC	0,042	4,75
laine de verre	200	NC	0,040	5

Tableau W : Caractéristiques des isolants observés en 2009

\* : conductivité équivalente calculée à partir de la résistance constatée et de l'épaisseur réelle

Les faux-plafonds sont intégrés à cette analyse car ils permettent d'atteindre les résistances de référence annoncées dans l'étude IMAGEEN.

## 4.3 Qualité de l'affichage de l'étiquette ACERMI performances thermiques des isolants

Le logo ACERMI, permettant de savoir si le matériau est certifié, est apposé sur **66%** des fiches techniques des produits observés. L'étiquette ACERMI (présentée au 1.2.3) n'a jamais été rencontrée. La Figure 29 présente la répartition en pourcentage des isolants certifiés, non certifiés et ceux pour lesquels il n'a pas été possible de savoir s'ils sont certifiés (le polystyrène expansé).

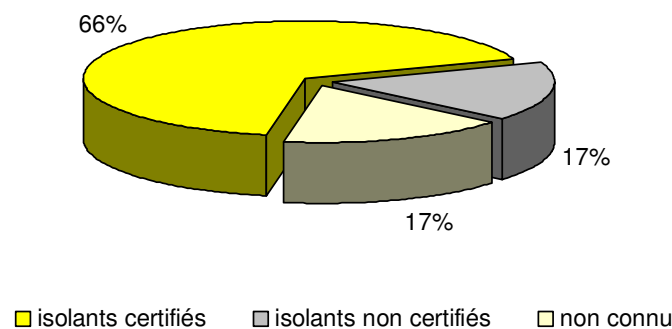


Figure 29: Part des isolants certifiés

#### 4.4 Qualités énergétiques des isolants

Pour qualifier les matériaux d'isolation en vente à Mayotte, on se basera uniquement sur les données fournisseurs. En effet, les conditions transport et de stockage ainsi que l'humidité et la température influent sur la conductivité thermique et donc sur la résistance thermique.

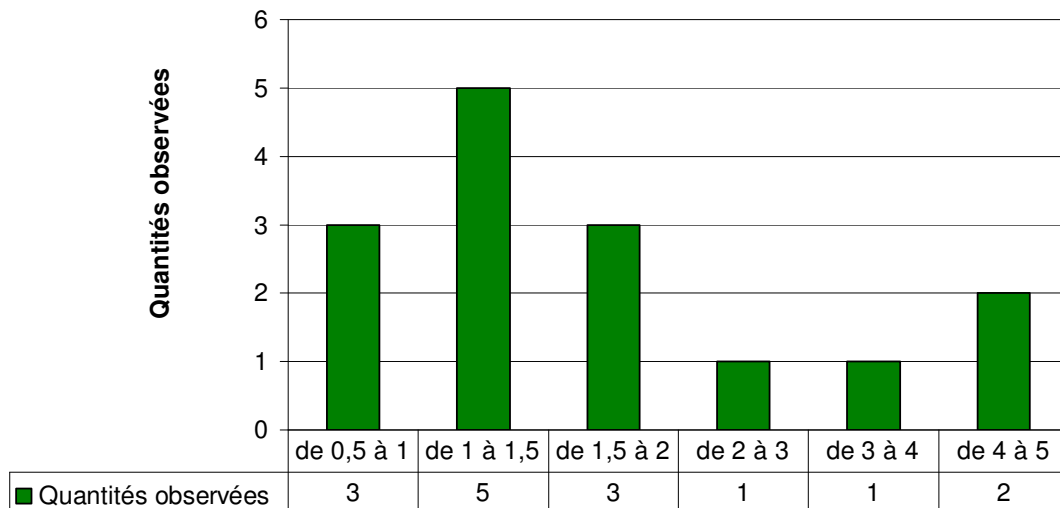


Figure 30: Quantités des isolants proposés à la vente en 2009.

#### 4.5 Nombre de produits permettant d'atteindre les prescriptions de l'étude IMAGEEN.

##### 4.5.1 Paroi horizontale

Le tableau R présente les nombres d'isolants en vente à Mayotte en 2009 qui permettent d'atteindre un facteur solaire de 0,02. Les résistances thermiques de références ( $R_{thréf}$ ) sont calculées à partir de l'étude IMAGEEN.

paroi horizontale			Nombre de produits permettant d'atteindre un facteur solaire de 0,02	Nombre de produits dont la résistance est entre $R_{thréf}$ et $R_{thréf}+50\%$
matériau de construction	couleur surface	$R_{thréf}$ de l'isolant en $m^2.K/W$		
tôle ou bardeau +tôle	claire	0,6	14	2
béton 20cm		0,8	13	5
tôle ou bardeau+tôle	moyenne	1,2	8	1
béton 20cm		1,5	8	4
tôle ou bardeau+tôle	foncée	1,6	7	3
béton		2	7	4

Tableau X : Nombre d'isolants permettant d'avoir une résistance thermique supérieure ou égale à celle de référence

### 4.5.2 Paroi verticale

Le tableau R présente les nombres d'isolants en vente à Mayotte en 2009 qui permettent d'atteindre un facteur solaire de 0,05. Les résistances thermiques de références ( $R_{thréf}$ ) sont calculées à partir de l'étude IMAGEEN.

paroi verticale			Nombre de produits permettant d'atteindre un facteur solaire de 0,05	Nombre de produits dont la résistance est entre $R_{thréf}$ et $R_{thréf}+50\%$
matériau de construction	couleur surface	$R_{thréf}$ de l'isolant en $m^2.K/W$		
BTS 20cm	claire	pas d'isolation nécessaire		
BTS 20cm	moyenne	0,14	12	0
Agglo 19cm	claire	0,16	12	0
béton banché 16cm ou bois 2cm	claire	0,22	12	0
Agglo 19cm	moyenne	0,4	12	0
BTS 20cm	foncée	0,4	12	0
Béton banché 16cm ou bois 2cm	moyenne	0,46	12	0
béton banché 16cm ou agglo 19cm ou bois 2cm	foncée	0,7	12	1

Tableau Y: Nombre d'isolants permettant d'avoir une résistance thermique supérieure ou égale à celle de référence.

### 4.6 Analyse des prix

La Figure 31 présente les prix de vente des isolants disponibles à Mayotte en 2009. Avec **4,91€/m<sup>2</sup>** (hors pose), la laine de verre de 45mm d'épaisseur (en rouleau de 9,36m<sup>2</sup>) est l'isolant le moins cher du marché avec une résistance thermique est de **1,1 m<sup>2</sup>.K/W**. D'après les tableaux X et Y, il permettra d'isoler uniquement les toitures béton ou tôle de couleur claire mais permettra d'isoler tout type de mur quelque soit sa couleur.

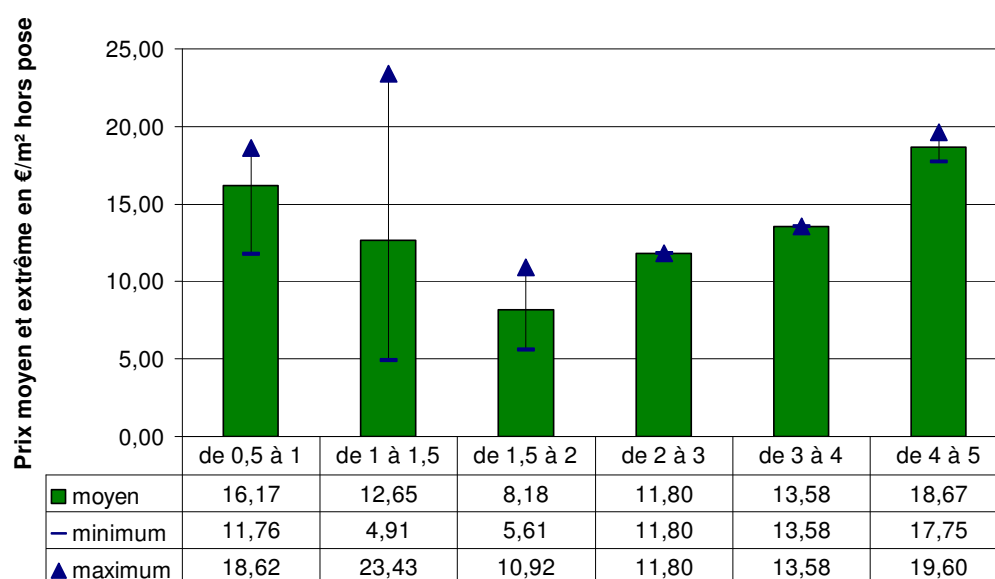


Figure 31: Prix de vente 2009 moyen et extrême hors pose en €/m<sup>2</sup> par tranche de résistance thermique

#### 4.7 Ratios de prix moyen et extrême par résistance par tranche de résistance thermique

La Figure 32 présente l'évolution du ratio prix de vente par résistance thermique en fonction des tranches de résistance thermique.

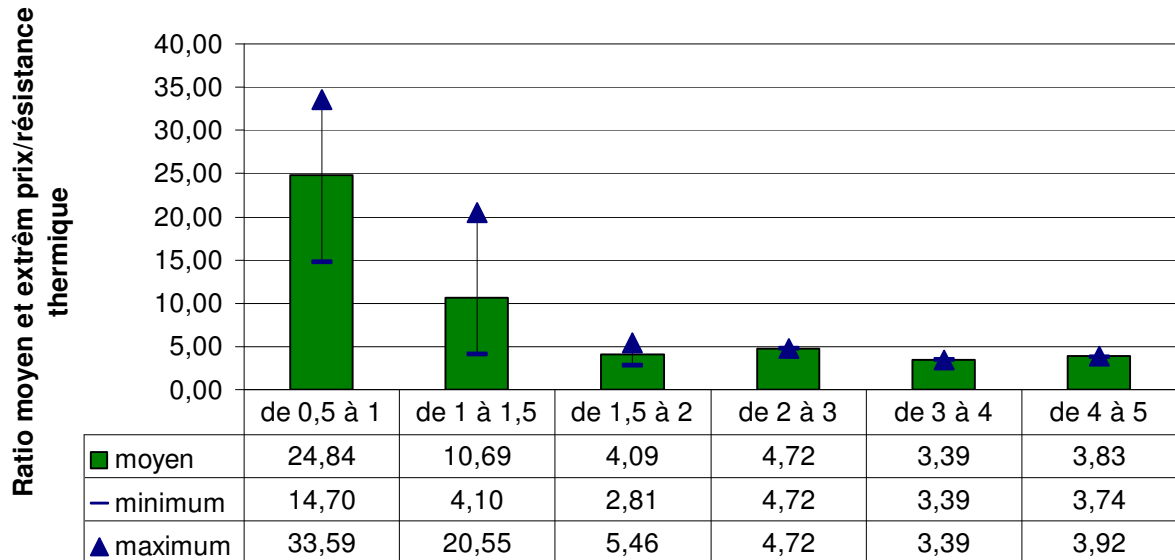


Figure 32: Ratio moyen et extrême de prix par la résistance thermique par tranche de résistance thermique.

## 5 Résultats de l'enquête quantitative sur les matériaux d'isolation

Les isolants vendus en 2008 sont les mêmes que ceux proposés à la vente en 2009.

### 5.1 Origines et historique des importations des isolants

On trouve à Mayotte des isolants **synthétiques** (le polystyrène expansé), **minéraux** (laine de verre et de roche) et des isolants **réflecteurs minces**. En revanche, aucun isolant **végétal** (bois feutré, laine de cellulose, de chanvre, de lin, de coco ou encore de coton) n'est proposé à la vente. Les laines minérales viennent principalement d'Europe comme le montre la Figure 33<sup>15</sup>.

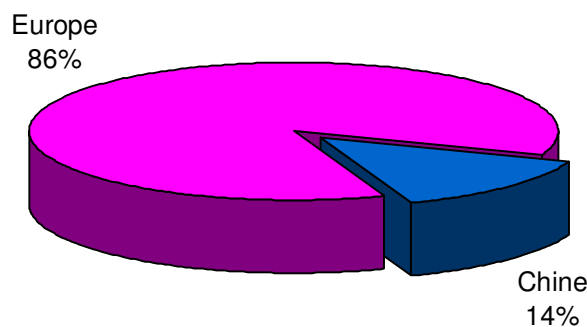


Figure 33: Origines des importations de laine de verre en % du poids net total importé en 2008

#### Origine, fabrication et historique des importations des laines minérales :

Les laines minérales sont les isolants les plus répandus en Europe tout comme à Mayotte. Elles sont obtenues par fusion de matières minérales à environ 1500°C, puis par centrifugation, soufflage et extrusion. Pour la laine de verre, la matière première employée est du verre de récupération et du sable silicieux, pour la laine de roche, ce sont des roches volcaniques comme le basalte. Dès leur constitution, les fibres sont enrobées par pulvérisation de résines à base d'urée-formol, dont la proportion peut atteindre 10%. La nappe constituée passe dans une étuve où la résine durcit par polymérisation, assurant la stabilité et la tenue mécanique de l'ensemble.

De 2005 à aujourd'hui, **77 370 kg** et **133 434 kg** respectivement de laine de verre et de roche ont été importés à Mayotte.

#### Origine et fabrication du polystyrène expansé :

La mousse de polystyrène expansé est obtenue à partir d'hydrocarbures (styrène) expansés à la vapeur d'eau et au pentane afin de présenter une structure à pores ouverts.

#### Origine et fabrication des minces multi-réflecteurs :

Apparus depuis peu dans le domaine du bâtiment, ces « isolants » ont été mis au point pour des utilisations très particulières comme l'industrie aérospatiale, les véhicules frigorifiques, ou la construction nautique. Ils sont constitués d'un sandwich multiple de films réflecteurs à base d'aluminium et de mousse synthétiques à cellules fermées. Ils fonctionnent essentiellement à partir de la propriété qu'à l'aluminium de

<sup>15</sup> Données services des Douanes



réfléchir le rayonnement calorifique. Précisions que les « isolants » réflecteurs minces sont à proscrire absolument comme système d'isolation principale dans toute construction de qualité à usage d'habitation.

## 5.2 Quantités vendues en 2008

Le Tableau Z et la Figure 34 présentent la répartition des isolants en pourcentage de la surface totale vendue en 2008.

type	nomenclature	surface totale vendue 2008 (m <sup>2</sup> )	part en %
laine de verre 45mm (9,36m <sup>2</sup> )	LV45-9,36	14695,2	36%
laine de verre 80mm	LV80	6890,4	17%
polystyrène expansé 50m	PT50	3996	10%
laine de roche faux plafond 20mm	FP20	2911,68	7%
laine de verre 100mm	LV100	2536,8	6%
laine de verre 60mm	LV60	2404,8	6%
laine de roche faux plafond 25mm	FP25	2260,8	5%
multicouche mince 10mm	MR10	2100	5%
mince à bulles 10mm	MRB10	1425	3%
polystyrène expansé 40mm	PT40	1111,25	3%
laine de roche 200mm	LR200	638,28	2%
laine de roche faux plafond 40m	FP40	280,8	1%
laine de verre 200mm	LV200	10,8	0%
laine de verre 45mm (12,96m <sup>2</sup> )	LV45-12,96	0	0%
laine de verre 160mm	LV160	0	0%

Tableau Z: Répartition des ventes des isolants en m<sup>2</sup> et % de la surface totale vendue en 2008

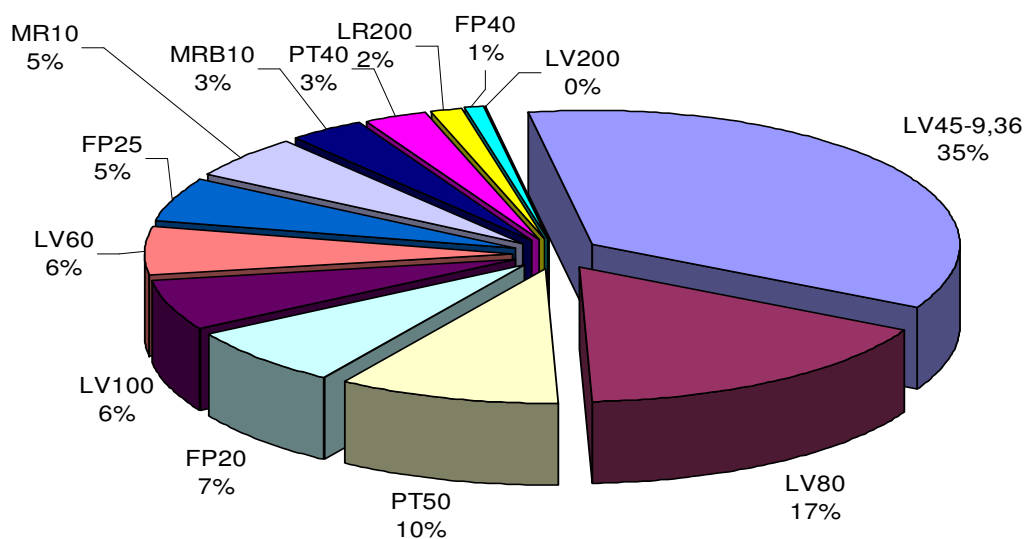


Figure 34: Répartition des isolants en % de la surface totale vendue en 2008

Au total, **41 262 m<sup>2</sup> d'isolants ont été vendus en 2008**. En ne tenant compte que des isolants dont la résistance thermique répond aux préconisations d'IMAGEEN en toiture (i.e. R<sub>th</sub> entre 1 et 3 m<sup>2</sup>.K/W), cette surface devient **34 329 m<sup>2</sup>**.

Avec **14 695 m<sup>2</sup>**, soit 35% de la surface totale vendue de matériau isolant, la laine de verre de 45mm d'épaisseur est l'isolant le plus vendu à Mayotte (sous réserve du cas du polystyrène dont les codes douaniers restent inconnus à ce jour).

### 5.3 Qualités énergétiques des isolants vendus en 2008

La Figure 35 présente la quantité d'isolant vendue en mètre carré en fonction de leur résistance thermique en mètre carré kelvin par watt.

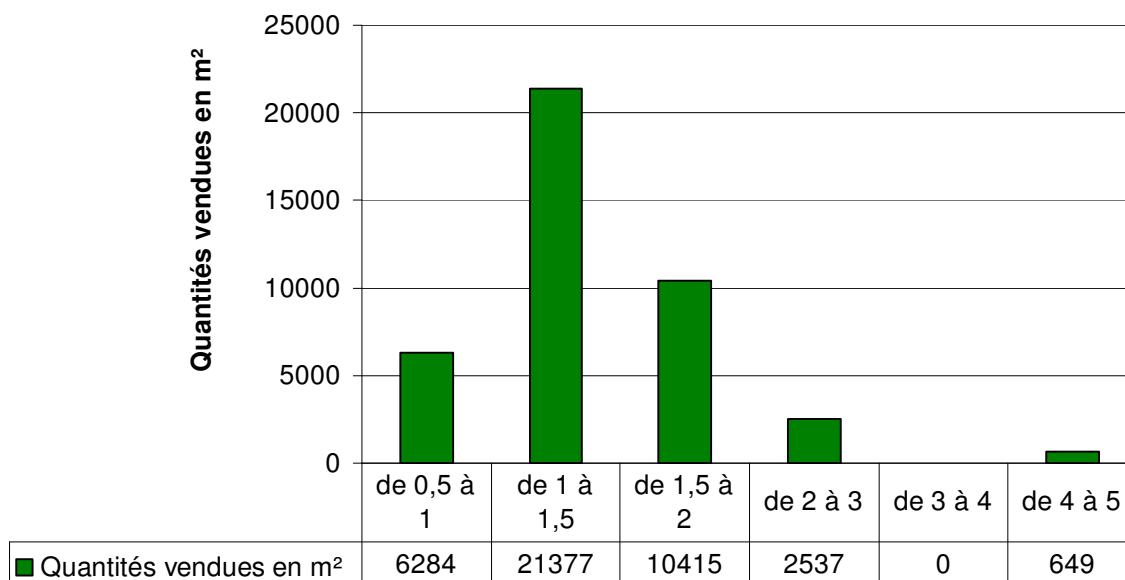


Figure 35: Qualité énergétique des isolants vendus en 2008

La résistance thermique de l'isolant le plus vendu en 2008 est de 1,1 m<sup>2</sup>.K/W, il s'agit aussi l'isolant le moins cher du marché 5€/m<sup>2</sup> hors pose.

## 6 Scénarii alternatifs relatifs aux ventes 2008

Deux scénarii seront présentés. Dans le premier, la qualité des splits systems importés reste la même que celle de 2008 mais on réduit le besoin en froid grâce à l'isolation. Dans le second scénario, on suppose une double action : 100% des climatiseurs split-systems de classe A et réduction des besoins en froid grâce à l'isolation. Dans chacun de ces scénarii, on fera les hypothèses suivantes :

### Hypothèses :

- 100% des importations 2008 ont été vendues et installées avant la période de climatisation.
- La quantité totale de climatiseurs split-systems vendue en 2008 est évaluée à **3131 appareils** de 50kg.
- Même si le calcul n'est pas statistiquement correct, on peut reproduire la répartition des puissances vendues connues aux ventes totales 2008, ce qui donne le tableau suivant. On obtient alors une consommation totale, toutes capacités confondues, d'environ **5,1 GWh pour l'année 2008**. Dans la conclusion, on extrapolera cette consommation sur la durée de vie (7 ans) des climatiseurs.

Situation actuelle - Données 2008				
Puissance frigorifique btu/h	puissance frigo totale kWf	EER moyen	Puissance élec kWélec	Consommation totale en kWh/an pour 1440h
7000	179	3,21	56	80 041
9000	5 652	2,82	2 006	2 888 030
12000	1 663	2,90	573	825 085
18000	906	3,10	292	420 488
24000	1 820	2,95	618	889 731
<b>total</b>	<b>10 219</b>	<b>2,88</b>	<b>3 544</b>	<b>5 103 375</b>

Tableau AA: Répartition des puissances et consommations des ventes totales 2008 de climatiseurs

- Un bâtiment correctement isolé en toiture et protégé en façade nécessite une puissance frigorifique **30%** inférieure à un bâtiment mal conçu.
- La surface horizontale totale à isoler liée aux ventes totales 2008 de split est de **33 000 m<sup>2</sup>** et la surface verticale à protéger de **70 000 m<sup>2</sup>** (voir page 30).

L'étude quantitative sur les isolants affiche des ventes 2008 d'environ **34 000 m<sup>2</sup>** permettant le respect des exigences en toiture de l'étude IMAGEEN, soit plus 100% des besoins totaux d'isolation en rapport avec toutes les ventes 2008 de split systems.

Ainsi, pour les deux scénarii, on peut formuler trois hypothèses sur l'isolation en toiture des bâtiments climatisés par split system :

- 100% des surfaces à isoler à cause des splits sont isolées
- 50% des surfaces à isoler sont isolées
- 0% sont isolées.

Par ailleurs, on considérera qu'aucune façade n'est protégée actuellement.

### 6.1 Scénario 1 : Aucune action sur la classe des climatiseurs et action sur l'isolation et la protection

100% isolation et protection aucune action sur les splits	Puissance frigorigifique btu/h	puissance frigo totale kWf	EER moyen	Puissance élec kWélec	Consommation totale en kWh/an pour 1440h	Economie de puissance et d'énergie
hypothèse surfaces climatisées déjà isolées à 100% en toiture  Besoin d'isolation en toiture = 0 m <sup>2</sup> Besoin de protection en façade = 70 000 m <sup>2</sup>	7000	179	3,21	56	80 041	0%
	9000	5 652	2,82	2 006	2 888 030	0%
	12000	1 663	2,90	573	825 085	0%
	18000	906	3,10	292	420 488	0%
	24000	1 820	2,95	618	889 731	0%
	<b>total</b>	<b>10 219</b>	<b>2,88</b>	<b>3 544</b>	<b>5 103 375</b>	<b>0%</b>
hypothèse surfaces climatisées déjà isolées à 50%  Besoin d'isolation en toiture = 16 500 m <sup>2</sup> Besoin de protection en façade = 70 000 m <sup>2</sup>	7000	151	3,21	47	67 535	16%
	9000	4 769	2,82	1 692	2 436 775	16%
	12000	1 403	2,90	483	696 166	16%
	18000	764	3,10	246	354 786	16%
	24000	1 535	2,95	521	750 710	16%
	<b>total</b>	<b>8 622</b>	<b>2,88</b>	<b>2 990</b>	<b>4 305 973</b>	<b>16%</b>
hypothèse surfaces climatisées déjà isolées à 0%  Besoin en isolation = 33 000 m <sup>2</sup> Besoin en protection = 70 000 m <sup>2</sup>	7000	123	3,21	38	55 028	31%
	9000	3 886	2,82	1 379	1 985 521	31%
	12000	1 143	2,90	394	567 246	31%
	18000	623	3,10	201	289 085	31%
	24000	1 251	2,95	425	611 690	31%
	<b>total</b>	<b>7 025</b>	<b>2,88</b>	<b>2 437</b>	<b>3 508 570</b>	<b>31%</b>

Tableau BB: Scénario alternatif 2 relatif aux ventes 2008

On ne retiendra pas ce scénario car dès aujourd'hui (2009), nous savons que la qualité énergétique des climatiseurs importés tend à se rapprocher de la classe A.

## 6.2 Scénario 2 : 100% des climatiseurs importés sont de classe A et action sur l'isolation

100% isolation et protection 100% split classe A	Puissance frigorifique btu/h	puissance frigo totale kWf	EER moyen	Puissance élec kWélec	Consommation totale en kWh/an pour 1440h	Economie de puissance et d'énergie
hypothèse surfaces climatisées déjà isolées à 100% en toiture  Besoin d'isolation en toiture = 0 m <sup>2</sup> Besoin de protection en façade = 70 000 m <sup>2</sup>	7000	179	3,21	56	80 091	0%
	9000	5 652	3,21	1 761	2 535 379	12%
	12000	1 663	3,21	518	745 863	10%
	18000	906	3,21	282	406 329	3%
	24000	1 820	3,21	567	816 368	8%
	<b>total</b>	<b>10 219</b>	<b>3,21</b>	<b>3 183</b>	<b>4 584 029</b>	<b>10%</b>
hypothèse surfaces climatisées déjà isolées à 50%  Besoin d'isolation en toiture = 16 500 m <sup>2</sup> Besoin de protection en façade = 70 000 m <sup>2</sup>	7000	151	3,21	47	67 576	16%
	9000	4 769	3,21	1 486	2 139 226	26%
	12000	1 403	3,21	437	629 322	24%
	18000	764	3,21	238	342 840	18%
	24000	1 535	3,21	478	688 810	23%
	<b>total</b>	<b>8 622</b>	<b>3,21</b>	<b>2 686</b>	<b>3 867 774</b>	<b>24%</b>
hypothèse surfaces climatisées déjà isolées à 0%  Besoin en isolation = 33 000 m <sup>2</sup> Besoin en protection = 70 000 m <sup>2</sup>	7000	123	3,21	38	55 062	31%
	9000	3 886	3,21	1 210	1 743 073	40%
	12000	1 143	3,21	356	512 781	38%
	18000	623	3,21	194	279 351	34%
	24000	1 251	3,21	390	561 253	37%
	<b>total</b>	<b>7 025</b>	<b>3,21</b>	<b>2 189</b>	<b>3 151 520</b>	<b>38%</b>

Tableau CC: Scénario alternatif 2 relatif aux ventes 2008

L'analyse économique et environnementale de ces scénarii n'est cependant pas possible dans la mesure où les données relatives aux prix de vente et aux coûts d'importation par classe et par gamme ne sont pas accessibles

## 7 Conclusion

La collaboration des acteurs économiques de Mayotte aux travers des enquêtes qualitative et quantitative a mis en valeur leur volonté de s'engager pour le développement durable de leur territoire.

L'étude a permis de qualifier, avec un fort taux de représentativité, les états des marchés de la climatisation par split-system et de l'isolation thermique dans le bâtiment.

17% des climatiseurs proposés à la vente en 2009 ont une étiquetage énergie. Ce chiffre prouve qu'un effort de la part des acteurs économiques doit être fait pour informer au mieux les clients sur la qualité énergétique des appareils qu'ils achètent.

L'analyse de la répartition par gamme de puissance et par classe des appareils montre une évolution vers une mise sur le marché d'appareils de plus en plus efficaces : 53% de classe A mis en vente en 2009 contre seulement 13% de classe A vendus en 2008.

L'analyse des coûts globaux sur la durée de vie des appareils pour les utilisateurs et pour le territoire montre qu'il est préférable d'avoir des équipements efficaces aussi bien pour les utilisateurs que pour le territoire.

Pour ce qui est des matériaux isolants, il apparaît que les résistances thermiques de ceux-ci permettent d'atteindre les préconisations issues de l'étude IMAGEEN. En revanche, l'OME estime que les ventes 2008 représentent environ 40% de la surface totale à isoler due aux ventes des climatiseurs split-systems. Ce chiffre est donc à revoir à la baisse en incluant les ventes des climatiseurs monoblocs et des groupes de production d'eau glacée.

Le scénario alternatif 2 relatif aux ventes 2008 annonce des économies de consommation énergétique de l'ordre de:

- **10%** (~0,6 GWh) dans l'hypothèse où 100% des surfaces climatisées seraient isolées,
- **24%** (~1,3 GWh) dans l'hypothèse où 50% des surfaces climatisées seraient isolées,
- **38%** (~2 GWh) dans l'hypothèse où aucune surface climatisée ne serait isolée.

L'extrapolation de ces valeurs sur la durée de vie de l'équipement laisse apparaître des potentiels en économies d'énergie selon les 3 hypothèses énoncées plus haut :

- **4,2 GWh** soit plus de **2,4%** des consommations totales électriques 2007.
- **9,1 GWh** soit plus **5,3%** des consommations totales électriques 2007,
- **14 GWh** soit près de **8,1%** des consommations totales électriques 2007.

**Problèmes et améliorations possibles :**

- La récolte des données quantitatives a été difficile du fait de la forte activité des acteurs économiques durant cette période. Les données sur les prix de vente 2008 et surtout 2009 des climatiseurs manquent pour les analyses globale et détaillée des prix en fonction de chaque gamme de puissance.
  - L'OME ne peut pas quantifier les parts des ventes d'isolants utilisés pour les surfaces climatisées.
  - Les données relatives aux coûts des importations par classe et par gamme de climatiseurs ne sont pas disponibles.
- Pour ces trois raisons, l'OME n'est pas en mesure de chiffrer les coûts des scénarii alternatifs.

## 8 ANNEXE

### Facteur solaire des parois horizontales et verticales

Le facteur solaire équivalent des parois horizontales et verticales  $S_{eq}$  a pour valeur :

$$S_{eq} = \frac{0,074 * C_m * \alpha}{R_{th} + 0,19}$$

où :  $C_m$  est un coefficient de réduction correspondant aux pare soleil dont les valeurs sont précisées dans le tableau ci-après ;

$\alpha$  est le coefficient d'absorption de la paroi dont les valeurs, fonction de sa couleur, sont précisées dans le tableau 5 ci-après ;

$R_{th}$  est la résistance thermique de la paroi ;

0,074 est la valeur du coefficient d'échange surfacique extérieur et 0,19 est la somme des coefficients d'échange surfacique intérieur et extérieur.

Pour un ensemble de parois, le facteur solaire équivalent moyen  $S_{eq\ moy}$  est égal à la moyenne pondérée par les surfaces de ces parois des valeurs de leurs facteurs solaires équivalents, ces surfaces étant celles vues de l'intérieur du logement.

Parois horizontales	Avec pare soleil ventilé <sup>16</sup>		Autres cas			
	$C_m = 0,3$		$C_m = 1$			
Parois verticales	Orientation	Sans pare soleil	Avec pare soleil horizontal de valeur $d/h$ <sup>17</sup>			
			$d/h \geq 0,25$	$d/h \geq 0,5$	$d/h \geq 0,75$	$d/h = 1$
	Est/Sud	$C_m = 1$	$C_m = 0,65$	$C_m = 0,50$	$C_m = 0,40$	$C_m = 0,35$
	Nord/Ouest	$C_m = 1$	$C_m = 0,70$	$C_m = 0,45$	$C_m = 0,30$	$C_m = 0,25$

Tableau A: Valeur moyenne du coefficient d'ensoleillement.

Catégorie de teinte	Couleur	Valeur de $\alpha$ à utiliser
Claire	Blanc, jaune, beige clair, crème	0,4
Moyenne	Rouge sombre, vert clair, bleu clair	0,6
Sombre	Brun, vert sombre, bleu vif, gris clair, bleu sombre	0,8
Noire	Gris foncé, brun, sombre, noir	1

Tableau B: Correspondance catégorie de teinte et absorptivité de paroi