Energie, changement climatique et bâtiment en Méditerranée

Cas de la Tunisie

Rafik Missaoui

Plan Bleu
Centre d'Activités Régionales PNUE/PAM

plan bleu

Sophia Antipolis
Juin 2010

Rapport réalisé sous la direction d'Henri-Luc Thibault, directeur du Plan Bleu (2006-2011), et coordonné par Pierre Icard, chef de l'unité thématique du Plan Bleu.
Le comité de pilotage de l'étude « Energie, changement climatique et bâtiment en Méditerranée » a été coordonné par El Habib El Andaloussi (Plan Bleu) et Stéphane Pouffary (ADEME) pour les études régionale et nationales.

Auteurs

Les auteurs de la partie « Perspectives régionales » sont El Habib El Andaloussi (Plan Bleu), Stéphane Pouffary (ADEME), Ariane Rozo (Trans Energie), Rafik Missaoui (Alcor, Tunisie) et Adel Mourtada (Ecotech, Liban).
Les études nationales ont été rédigées respectivement par les experts nationaux, Adel Mourtada pour le Liban, Mohamed Berdai et Naim Lahlou pour le Maroc, Rafik Missaoui pour la Tunisie..

Relecture

Stéphane Pouffary, Ariane Rozo, Prof. Fatiha Bourbia et El habib El Andaloussi.

Les experts qui ont contribué ou apporté leurs commentaires

Pascal Augareils (ADEME), Mohamed Berdai (CDER, Maroc), Charlotte Colleu (ADEME), El Habib El Andaloussi (Plan Bleu), Sylvain Houpin (Plan Bleu), Pierre Icard (Plan Bleu), Julien Le Tellier (Plan Bleu), Naim Lahlou (Citech, Maroc), Rafik Missaoui (Alcor, Tunisie), Adel Mourtada (Ecotech, Liban), Stéphane Pouffary (ADEME), Ariane Rozo (Trans Energie), Nathalie Rousset (Plan Bleu) et Noémie Zambeaux (ADEME).

Des commentaires ont été recueillis lors du comité pilotage énergie sur le projet d'étude de la part de M. Eugène Howard (BEI, Luxembourg), M. Arthur Honoré (AFD/Division Environnement et Equipement, France), Professeur Mladen Borsic (Agence croate de l'énergie), M. Walid Al Deghaili (UN-ESCWA/Chef de Section Energie, Liban), M. Abdenour Keramane (Directeur de la Revue Medenergie, Algérie), Mme Lisa Guarerra (OME, France) et M. Klaus Wenzel (Med-Enec, Beyrouth/Tunis).

Réalisation

Cartographie : Jean-Pierre Giraud, Benoit Briquetti
Mise en page : Sandra Dulbecco

Cette étude a été financée par le Fonds fiduciaire FEMIP. Ce Fonds, établi en 2004 a été financé - jusqu'à ce jour - par 15 États membres de l'UE et la Commission Européenne dans l'intention de soutenir le développement du secteur privé via le financement d'études et de mesures d'assistance technique, ainsi que par l'apport de capital risque.

Cette étude a également bénéficié du soutien de :

Les analyses et conclusions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement le point de vue de la Banque européenne d'investissement, de l'Agencia Española de Cooperación para el Desarrollo ou de l'Agence française de développement.

Sommaire

I. Contexte 5

1. Contexte général 5

2. Le contexte énergétique 5
2.1. L'offre et la demande d'énergie 5
2.2. Outils et instruments publics de développement de la maîtrise de l'énergie en Tunisie 9

II. Situation actuelle du secteur des bâtiments 11

1. Caractérisation du parc existant de bâtiments 11
1.1. Evolution du parc 11
1.2. Répartition géographique 11
1.3. Caractérisation socio-économique de l'habitat 13

2. Organisation du secteur 16
2.1. Les acteurs 16
2.2. Filières et modes de construction 16

3. Caractérisation énergétique du secteur des bâtiments 17
3.1. Les enjeux énergétiques et environnementaux du secteur 17
3.2. Caractéristiques de la consommation énergétique 17

4. Mesures et programmes phares d'efficacité énergétique dans les bâtiments 19
4.1. Mesures réglementaires 19
4.2. Programmes et mécanismes incitatifs 21

III. Scénarios d'évolution à l'horizon 2020 et 2030 22

1. Scénario tendanciel 22
1.1. Définition du scénario 22
1.2. Hypothèses 22
1.3. Evolution de la demande d'énergie finale 24
1.4. Evolution des émissions de GES 26
1.5. Indicateurs 27

IV. Les solutions techniques d'efficacité énergétique disponibles 28

1. Identification des options d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables (EE et ENRs) par zone climatique 28
1.1. Les options architecturales 28
1.2. Les options de construction 28
1.3. Les options liées à l'équipement 29

2. Barrières à la diffusion à grande échelle des options identifiées 29
2.1. Les barrières d'ordre économique 29
2.2. La contrainte de l'investissement initial 30

3. Les contraintes d'ordre technique et organisationnel 31

4. Exemple de projets phare en Tunisie : le programme PROSOL 31

V. Scénario alternatif : scénario de maîtrise de l'énergie 33

1. Définition du scénario alternatif 33
1.1. Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments résidentiels 33
1.2. Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture) 33
1.3. Elimination progressive des lampes à incandescence du marché 33
1.4. Diffusion des appareils électroménagers efficaces 34
1.5. Diffusion des chauffe-eau solaires 34

2. Impacts énergétiques des mesures 34
2.1. Gains en énergie finale 34
2.2. Gains en énergie primaire 35

3. Impacts environnementaux des mesures 35

4. Potentiel d'efficacité énergétique et d'atténuation de gaz à effet de serre 35
4.1. Potentiel d'économie d'énergie finale 35
4.2. Potentiel d'économie d'énergie primaire 36
4.3. Impact environnemental agrégé : potentiel d'atténuation de GES 37

5. Synthèse des scénarios 37
5.1. Scénarios énergétiques 37
5.2. Scénarios d'émissions de GES 38
5.3. Indicateurs 38

6. Impacts socioéconomiques du scénario de maîtrise de l'énergie 39
6.1. Impacts sur le budget des ménages 39
6.2. Impacts en terme de création d'opportunités d'affaires 41
6.3. Impacts en termes de création d'emploi 42
6.4. Puissances électriques évitées 43
6.5. Exemple de programmes d'envergure 43

VI. Analyse coûts / bénéfices de l'action 44

1. Coût de l'action 44
1.1. Coûts additionnels sur la construction 44
1.2. Evaluation du coût de la tep économisée 44
1.3. Evaluation du coût de la tonne de CO_2 évitée 44

2. Coût de la non action : effets attendus des changements climatiques 45
2.1. Définition des hypothèses de changements climatiques au niveau du pays 45
2.2. Evaluation de la consommation d'énergie additionnelle liée aux changements climatiques 45
2.3. Evaluation de l'augmentation de la facture énergétique 47
2.4. Coût de la non action pour la collectivité 47

VII. Mesures d'accompagnement pour le développement d'un scénario de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments 48

1. Moyens et outils de financement 48
1.1. Evaluation des besoins en financement 48
1.2. Identification des sources de financement 49
1.3. Mécanismes de financement 49
1.4. Mécanisme pour un développement propre 49

2. Mesures réglementaires et normatives 50

3. Communication et sensibilisation 50

4. Renforcement de capacités et soutien à la filière 50

VIII. Conclusions 51

Références 53

Table des illustrations 55

I. Contexte

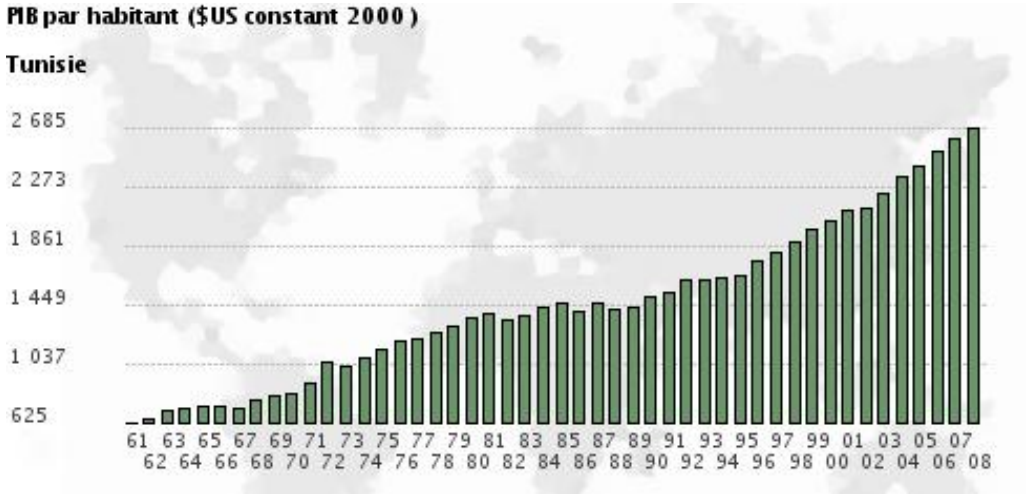
1. Contexte général

La Tunisie, d'une superficie d'environ 264.000 km², compte une population de 10,2 millions d'habitants (2007) dont près de 80 % est concentrée sur le littoral. La Tunisie a mis en place dès son indépendance une politique de planning familial qui a donné des résultats exceptionnels, puisque le taux de croissance de la population ne dépasse pas aujourd'hui 1 % par an.

Parallèlement, la Tunisie a connu une forte urbanisation à partir des années 70 amenant le taux d'urbanisation à plus de 65 % aujourd'hui. De grandes agglomérations urbaines se sont alors formées à cause de l'accélération de l'exode rural. Parmi ces mégapoles, on cite la capitale (grand Tunis), qui représente à elle seule 20 % de la population du pays et Sfax, environ 10 %.

Du point de vue économique, avec un PIB moyen par habitant d'environ 3 200 US$, la Tunisie est classée dans la catégorie des pays intermédiaires. Son économie a connu en effet une croissance soutenue durant les quatre dernières décennies comme le montre les statistiques suivantes :

Figure 1 - Evolution du PIB par habitant en Tunisie (en US$ 2000)



Source : Banque Mondiale

La structure de l'économie a connu également une mutation profonde marquée par une tendance forte à la tertiarisation. Aujourd'hui, le secteur des services contribue à lui seul à 70 % de la formation du PIB, alors que l'industrie n'y contribue qu'à hauteur de 20 % et l'agriculture à 10 %. En 1990, les services représentaient moins de 45 % du PIB et l'agriculture près de 20 %.

2. Le contexte énergétique

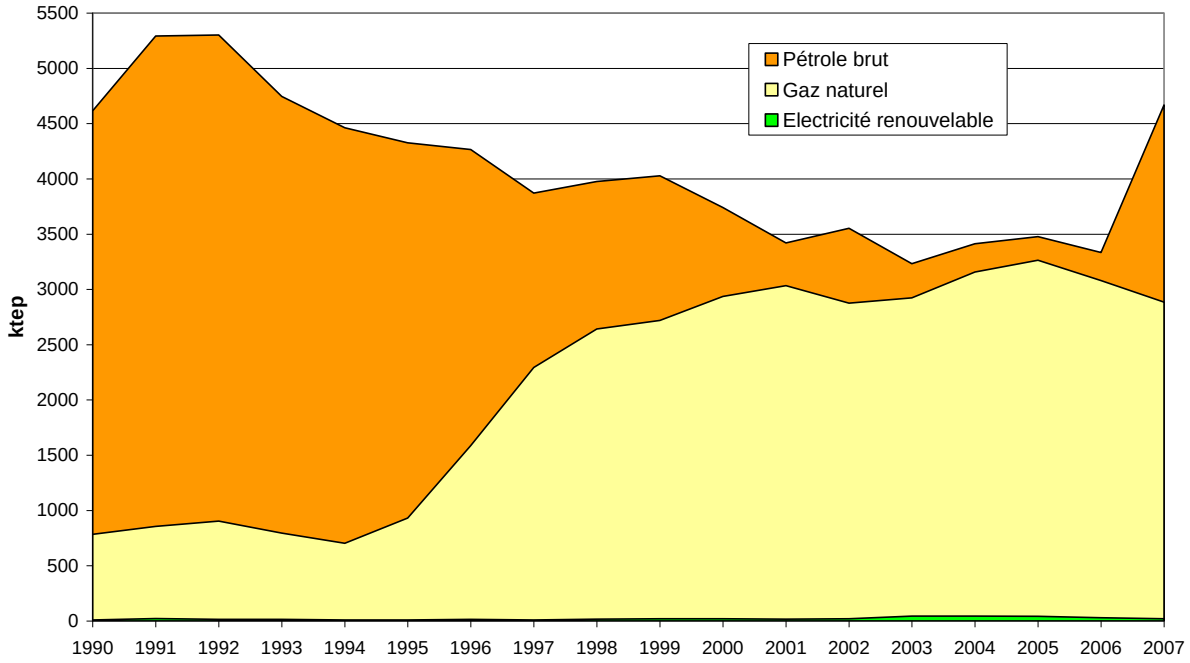
2.1. L'offre et la demande d'énergie

2.1.1. Les ressources

Les ressources énergétiques tunisiennes regroupent principalement les énergies fossiles avec la production d'hydrocarbures (pétrole et gaz naturel) et les redevances de gaz naturel provenant de l'exploitation du gazoduc transméditerranéen (Algérie – Tunisie - Italie).

Depuis 1990 (à l'exception de l'année 2007), le niveau des ressources énergétiques s'est maintenu entre 5,5 et 6,5 Mtep par an.

Figure 2 - Evolution des ressources d'énergie primaire conventionnelle en Tunisie



Les ressources pétrolières sont relativement modestes. La production de pétrole a connu une baisse significative passant de 4,6 Mtep en 1990 à 3,3 Mtep en 2006. Avec la flambée des prix du brut, l'exploitation des gisements marginaux a permis à la production de pétrole de connaître une augmentation appréciable, soit 4,7 Mtep en 2007.

Avec l'entrée en production du gisement gazier de Miskar et le doublement des redevances gazières provenant du gazoduc algéro-italien, les ressources gazières ont été multipliées par 3, passant de 900 ktep en 1995 à environ 3 Mtep en 2007.

Pour les énergies renouvelables, les ressources provenant de l'hydraulique, du solaire thermique et de l'éolien sont négligeables. Les ressources actuelles comprennent :

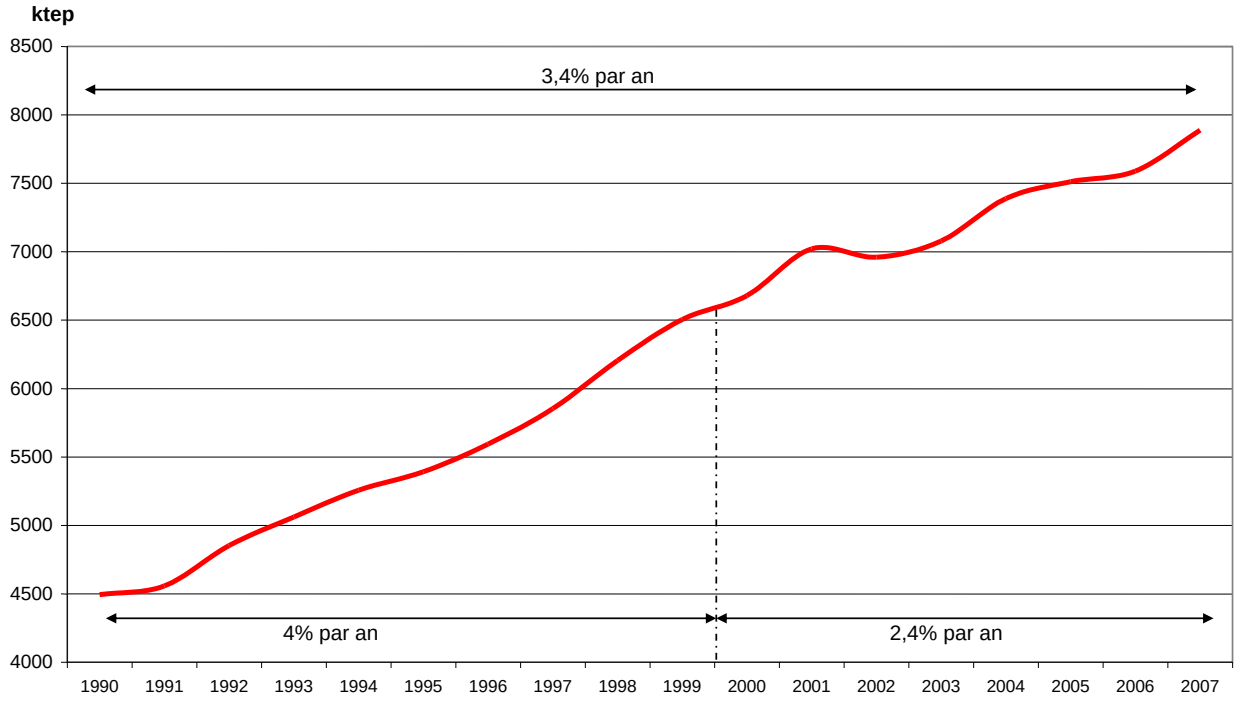
- La production hydro-électrique, avec une capacité installée de 61 MW,
- La production d'eau chaude sanitaire provenant de l'énergie solaire, avec environ 340 000 m² installés (fin 2008),
- La production d'électricité éolienne avec une capacité installée de 54 MW.

2.1.2. La demande

La consommation d'énergie primaire s'est accrue de 75 % sur la période 1990-2007, passant de 4,4 Mtep à 7,7 Mtep. Le taux de croissance annuel moyen de la consommation s'est élevé à 3,4 % sur la période, soit 4 % entre 1990-2000 et 2,4 % sur la période 2000-2007.

Ainsi, depuis 2000, le taux de croissance de la demande d'énergie primaire accuse une augmentation importante, comme le montre le graphique suivant :

Figure 3 - Evolution de la demande d'énergie primaire en Tunisie



L'évolution de la consommation d'énergie primaire par produit se distingue par la progression de la part du gaz naturel et le repli de celle des produits pétroliers. Alors que la part des produits pétroliers a été de 71 % en 1990, elle est passée à 52 % en 2007. La substitution s'est effectuée en faveur du gaz naturel en raison de l'introduction de deux centrales à cycle combiné pour la production d'électricité (1996 et 2001).

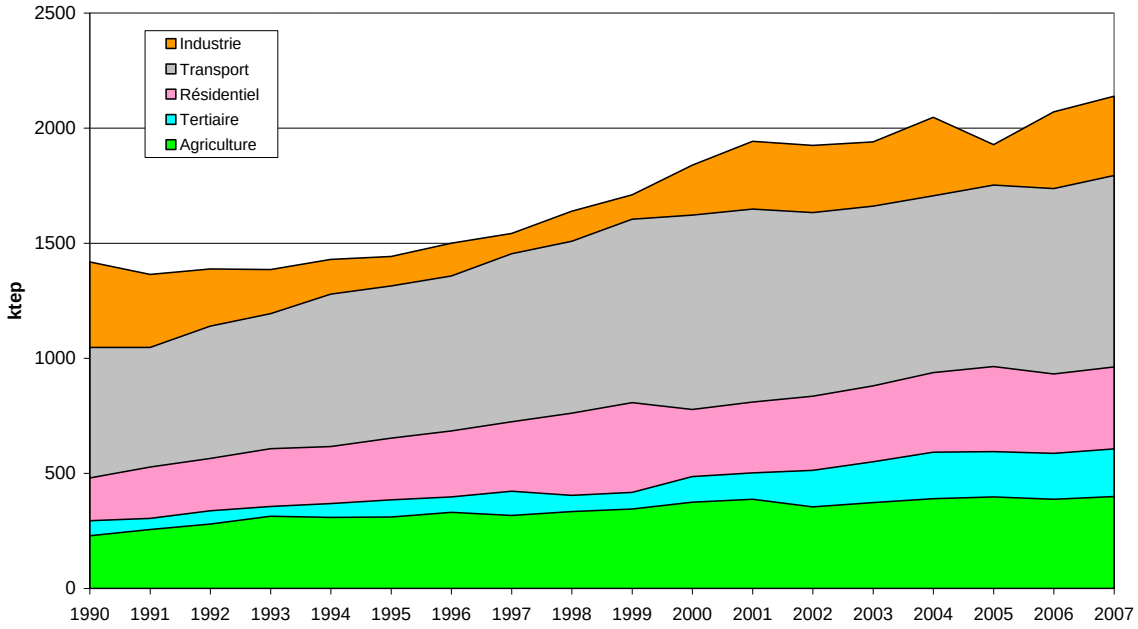
La consommation d'énergie finale a connu une croissance de 69 % passant de 3,5 Mtep en 1990 à 5,9 Mtep en 2007. Le taux de croissance annuel moyen s'est élevé à 3,2 % sur toute la période, 3,8 % sur la période 1990-2000 et 2,1 % sur la période 2000-2007.

Il est à signaler que le taux de croissance de la demande d'énergie finale a connu une baisse beaucoup plus importante que celle de la demande d'énergie primaire en raison des améliorations de performances énergétiques du secteur industriel.

Par secteur, la répartition de la consommation d'énergie finale n'a pas connu un changement important, compte tenu du fait que les clés de répartition n'ont pas été actualisées depuis le milieu des années 80. En 2007, l'industrie représente 36 % de la consommation totale, le transport 31 %, le résidentiel 9 %, le tertiaire 17 % et l'agriculture 8 %, comme le montre le graphique ci-après.

Malgré l'introduction progressive du gaz naturel, la consommation d'énergie finale reste dominée par les produits pétroliers qui représentent actuellement environ 70 % de la consommation totale, contre 14 % pour le gaz naturel et 16 % pour l'électricité. En 1990, les produits pétroliers représentaient 79 % de la consommation finale alors que le gaz naturel n'en représentait qu'environ 9 % et l'électricité 10 %.

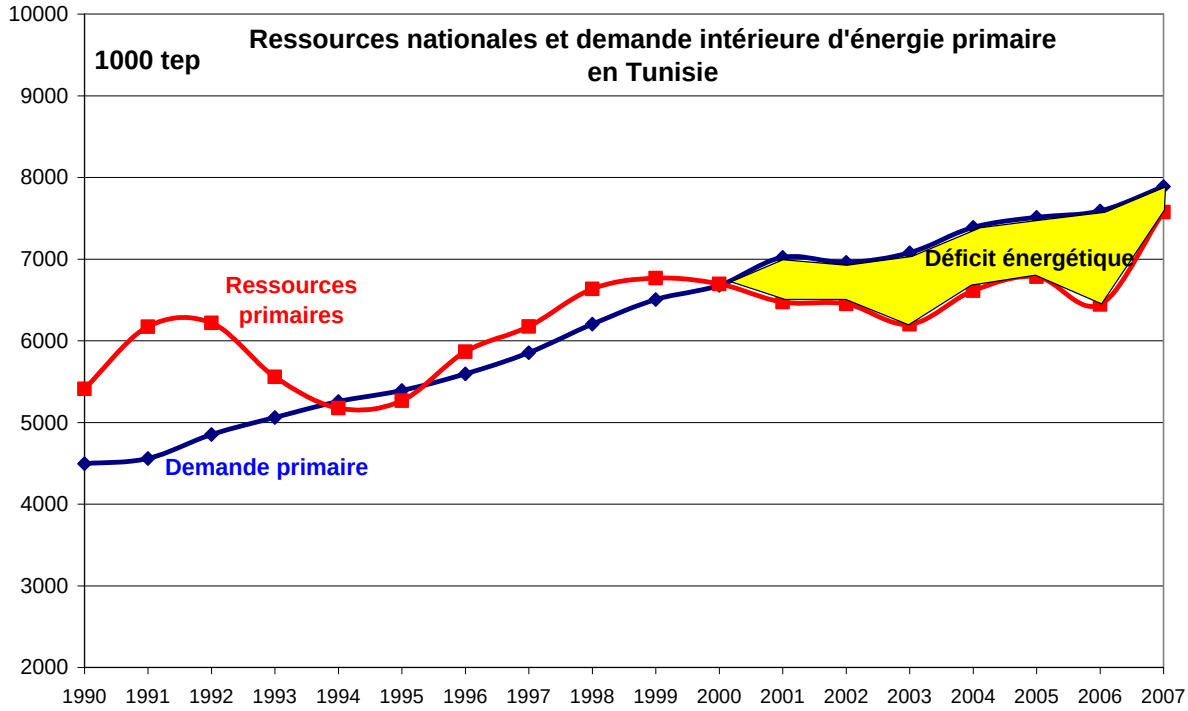
Figure 4 - Structure de la consommation d'énergie finale par secteur en Tunisie



2.1.3. Le bilan énergétique

Compte tenu de cette évolution de la demande et des ressources, la Tunisie est passée dès le début des années 2000 à une situation de déficit chronique de son bilan énergétique, comme le montre le graphique suivant :

Figure 5 - Evolution du bilan énergétique en Tunisie



2.1.4. Les dépenses énergétiques

Ce déficit rend l'économie du pays vulnérable à l'augmentation des prix internationaux de l'énergie. Cette vulnérabilité est due d'une part à l'accroissement des dépenses énergétiques et, d'autre part, à la pression exercée sur les finances publiques, compte tenu du subventionnement des produits énergétiques conventionnels[1].

Ainsi, en 2007, les dépenses énergétiques ont représenté 12 % du PIB ; autrement dit, pour produire 1 000 DT de PIB, la Tunisie a dépensé 120 DT pour l'énergie. Entre 2003 et 2007, la part des dépenses énergétiques dans le PIB est passée de 5,8 % à 12 %, ce qui pénalise la compétitivité de l'économie.

Les prix des produits pétroliers et du gaz naturel sont subventionnés en Tunisie. Les subventions sont calculées sur la base de l'écart entre les prix sur le marché interne et les prix de cession. Les augmentations du prix du brut ont amené le Gouvernement tunisien à procéder à des ajustements des prix internes de façon à limiter l'écart avec les prix de cession. Toutefois, ces augmentations n'ont pas suffi pour réduire les dépenses publiques au titre du subventionnement des produits énergétiques. Le montant total de la subvention est passé d'environ 360 M€ en 2004 à près de 890 M€ en 2007. Ainsi, en 2007, la part des subventions énergétiques peut être estimée à environ 4 % du PIB au prix courant, ce qui pèse lourd dans le budget de l'Etat.

2.2. Outils et instruments publics de développement de la maîtrise de l'énergie en Tunisie

Pour développer la maîtrise de l'énergie, l'Etat tunisien a mis en place quatre types d'outils : institutionnel, réglementaire, financier et fiscal.

2.2.1. L'outil institutionnel

L'outil institutionnel de développement de la maîtrise de l'énergie en Tunisie est l'Agence nationale pour la maîtrise de l'énergie, créée en 1986 par décret-loi du 14 septembre 1985 relatif à l'économie d'énergie. Son rôle est mettre en œuvre la politique de l'Etat en la matière. Sa mission est par conséquent le développement de l'utilisation rationnelle de l'énergie et la promotion des énergies renouvelables et alternatives.

2.2.2. L'outil réglementaire

En Tunisie, le cadre réglementaire et d'incitation publique aux investissements de maîtrise de l'énergie existe depuis le milieu des années 80. Plus récemment, la loi 2004-72 du 2 août 2004 réaffirme ce soutien : *"Les investissements réalisés dans le domaine de la maîtrise de l'énergie donnent lieu au bénéfice des avantages prévus par le code d'incitation aux investissements"*. Les dispositifs et les modalités de ce soutien sont précisés par le décret 2004-2144 du 2 septembre 2004 qui fixe les conditions d'octroi de la prime spécifique inhérente aux investissements dans le domaine de la maîtrise de l'énergie.

Ces textes définissent d'une part les avantages directs et indirects accordés aux projets et actions de maîtrise de l'énergie et, d'autre part, les obligations auxquelles sont soumis opérateurs et utilisateurs de l'énergie. Les principales obligations sont :

- L'obligation de réalisation d'un audit énergétique périodique pour les établissements dont la consommation d'énergie annuelle dépasse un seuil fixé par décret (1 000 tep pour l'industrie et 500 tep pour le transport et le tertiaire) ;
- L'obligation d'un audit énergétique préalable pour les projets consommateurs d'énergie (audit sur plan) ;
- L'obligation de la STEG d'acheter l'électricité excédentaire produite par les établissements s'équipant d'installation de cogénération ;
- L'obligation d'affichage d'un label de performance énergétique pour les appareils électroménagers ;

[1] Les tarifs énergétiques en Tunisie sont administrés par l'Etat et sont déconnectés du prix international.

- L'interdiction de mise sur le marché d'équipements électroménagers dont les performances énergétiques sont en dessous de certains seuils fixés par décret ;
- L'assujettissement des nouveaux bâtiments aux spécifications thermiques définies par le code des bâtiments ;
- L'obligation aux municipalités d'utiliser un éclairage performant pour les nouveaux réseaux d'éclairage public ;
- L'obligation de diagnostic des moteurs des automobiles à l'occasion des visites techniques.

2.2.3. L'outil financier

La loi 2005-82 constitue un pas important dans le choix d'une ressource extra budgétaire pour le financement du soutien public aux investissements de maîtrise de l'énergie. Cette loi crée en effet le Fonds National pour la Maîtrise de l'Energie (FNME) qui a pour but d'apporter un appui financier aux actions visant la rationalisation de la consommation de l'énergie, la promotion des énergies renouvelables et la substitution de l'énergie. L'Agence nationale pour la maîtrise de l'énergie est désignée comme gestionnaire du FNME.

Ce fonds est alimenté par des taxes affectées provenant d'une part de la taxation due à la première immatriculation des voitures de tourisme dans une série tunisienne et, d'autre part, la taxation due à l'importation ou à la production locale des appareils pour le conditionnement de l'air.

En termes d'utilisation, le FNME sert à financer les avantages financiers directs accordés dans le cadre de la loi sur la maîtrise de l'énergie et des textes qui lui sont associée :

	Taux	Plafond
Audit énergétique	50 %	20.000 DT
Projet de démonstration	50 %	100.000 DT
Contrat programme de maîtrise de l'énergie	20 %	100 000 DT pour les établissements de consommation inférieure à 4 000 tep/an, 200 000 DT pour les établissements de consommation est située entre 4 000 tep/an et 7 000 tep/an 250 000 DT pour les établissements de consommation supérieure à 7 000 tep/an.
Raccordement au GN dans industrie	20 %	Industrie : 400.000 DT
Raccordement au GN dans le résidentiel	20 %	140 DT par logement individuel 20 DT par appartement dans le logement collectif
Bancs pour le diagnostic des moteurs	20 %	6 000 DT
Chauffe-eau solaire	20 %	100 DT/m^2 de capteur

2.2.4. Les incitations fiscales

Les avantages octroyés par le FNME sont complétés par des avantages fiscaux :

- Application de droits de douane minimum et suspension de la TVA sur les équipements et produits utilisés pour la maîtrise de l'énergie et qui n'ont pas d'équivalent fabriqués localement,
- Suspension de la TVA sur les biens d'équipement et les produits économiseurs en énergie acquis localement,
- Application d'un droit de douane minimum sur l'importation des chauffe-eau solaires,
- Suspension de la TVA sur les chauffe-eau solaires.

II. Situation actuelle du secteur des bâtiments

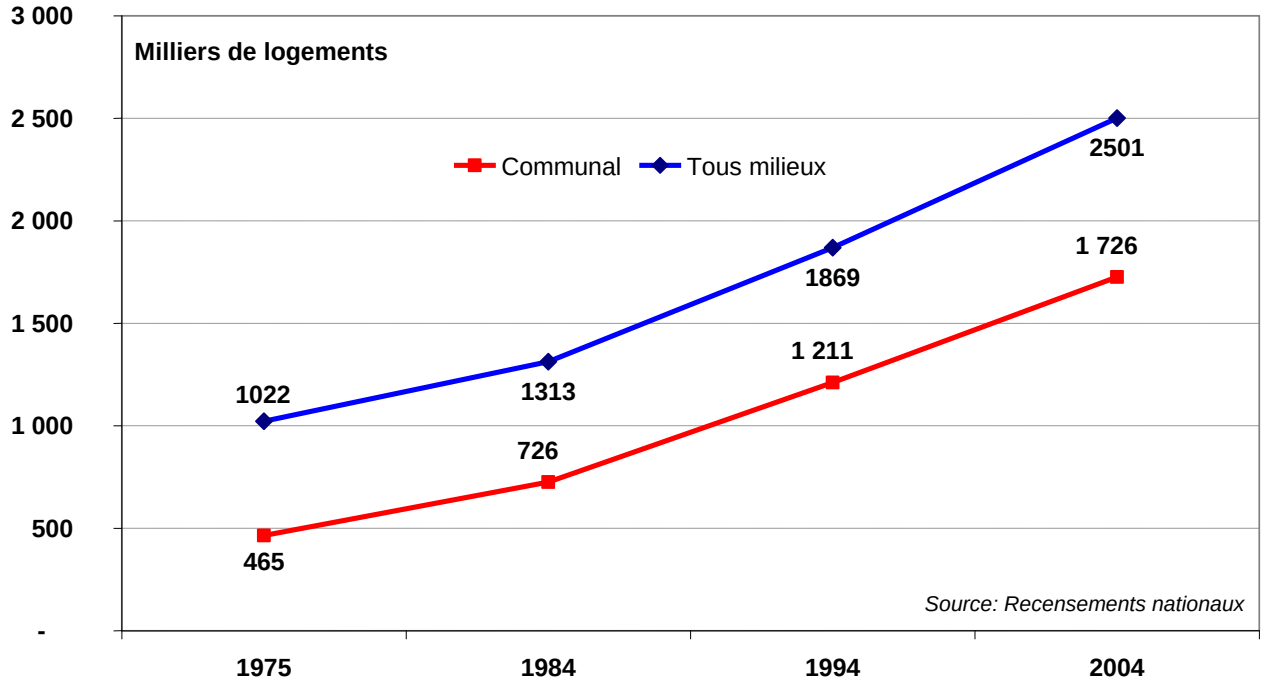
1. Caractérisation du parc existant de bâtiments

1.1. Evolution du parc

Le parc du logement tunisien a connu une forte croissance durant les trois dernières décennies résultant de la politique volontariste de la Tunisie en matière d'accès au logement. En effet, selon le recensement de 2004, près de 83,5 % des ménages tunisiens sont propriétaires de leur logement.

C'est ainsi que le parc est passé d'environ 1 million de logements en 1975 à 2,5 millions de logements en 2004, comme le montre le graphique suivant :

Figure 6 - Evolution du parc de logements en Tunisie (1975-2004)



Source : Recensements nationaux

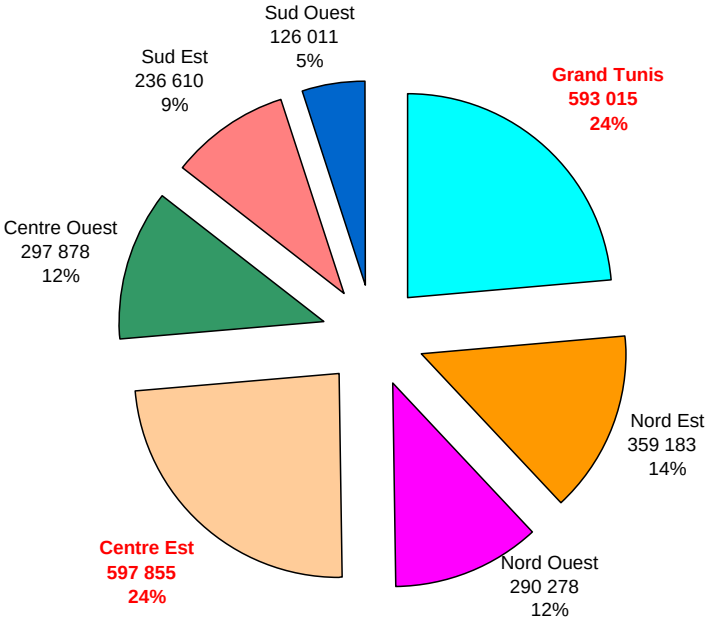
Si l'on se base sur la projection des tendances observées durant la période 1994-2004, le parc de logements serait, en 2009, de l'ordre de 2 645 milliers de logements.

Les statistiques de la population en Tunisie distinguent le milieu communal (urbain) et non communal (rural). Le graphique précédent montre la croissance rapide de l'urbanisation. En effet, alors que le nombre de logements en zone urbaine ne représentait, en 1975, que 45 % du parc total en Tunisie, il en représente aujourd'hui 69 %, soit près de 1,9 millions de logements.

1.2. Répartition géographique

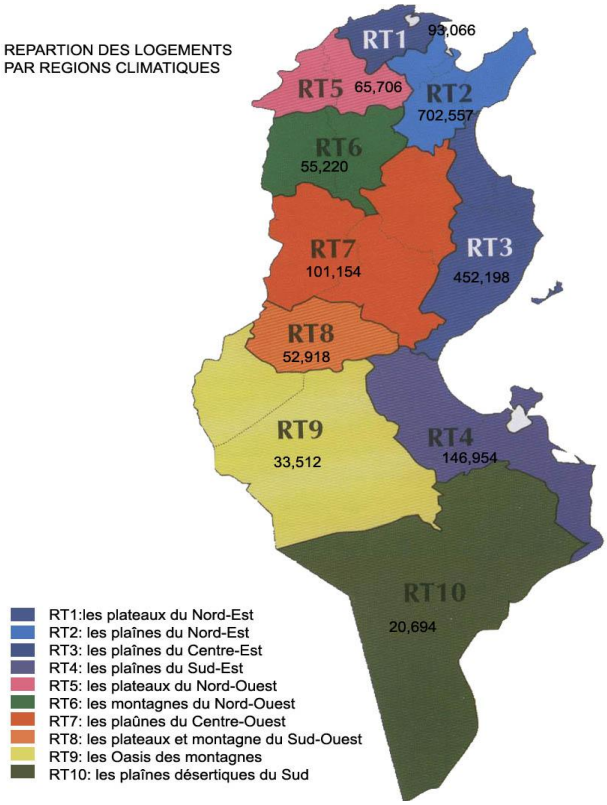
Le graphique suivant présente la répartition des logements par grande région. Il en ressort qu'environ la moitié du parc de logements est polarisée par le Grand Tunisie et la région du Centre Est, comportant les grandes villes côtières de Sousse, Monastir et Sfax.

Figure 7 - Répartition du parc par région économique



Une autre analyse importante est la répartition du parc existant selon les zones climatiques. En effet, les travaux de l'ANME, effectués dans le cadre du projet sur la Réglementation thermique des bâtiments, ont permis de définir 10 régions climatiques de pertinence optimale prenant en compte les considérations climatiques détaillées, administratives et socio-économiques (mode de construction, mode d'occupation, etc.). Ce mode de zonage sert, entre autres, pour la conception et le dimensionnement optimal des équipements de chauffage et de climatisation ainsi que pour l'optimisation thermique de la construction.

La répartition des logements urbains par région, comme indiqué dans la carte ci-après, montre que la région RT2, correspondant aux plaines du Nord Est, est la plus peuplée, avec environ 702.000 logements.



Pour des considérations de simplification, l'ANME a également regroupé certaines régions climatiques pour la formulation de la réglementation thermique des bâtiments :

- La zone ZT1, qui renferme le littoral allant du Gouvernorat de Bizerte à celui de Gabès ;
- La zone ZT2, qui renferme le Nord et le Centre hors littoral, s'étendant du Gouvernorat de Jendouba à celui de Gafsa ;
- La zone ZT3, qui renferme les Gouvernorats de Tozeur, de Kébili et de Tataouine.

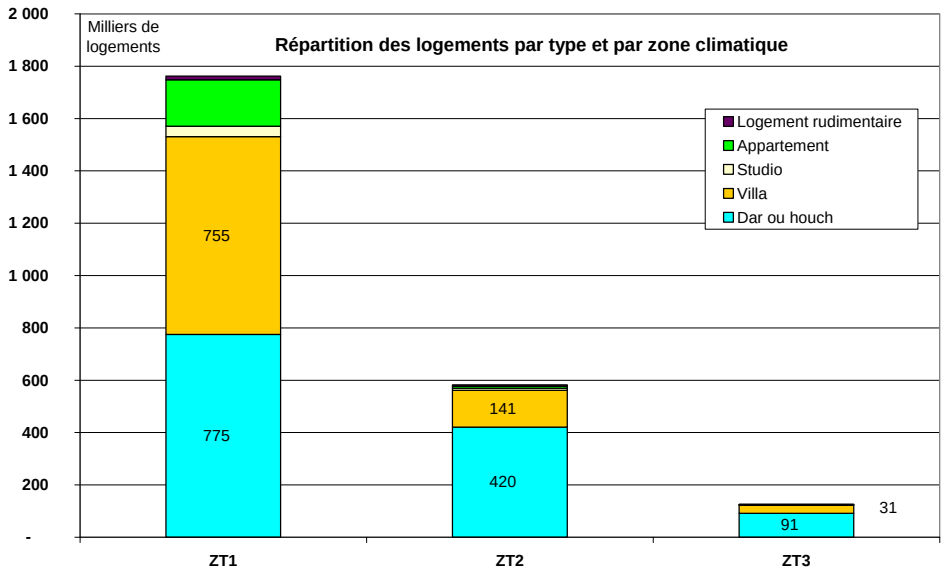
Le tableau suivant présente le nombre de logements urbains au niveau de chaque zone thermique.

Tableau 1 – Nombre de logements urbains par zone thermique

Zones	Nombre total	Dont urbains
ZT1	1 786 665	1 394 775
ZT2	588 155	274 998
ZT3	126 011	54 206
Total	2 500 831	1 723 979

Bien évidemment, la zone du littoral (ZT1) est la plus peuplée avec plus de 85 % du parc urbain. Par ailleurs, comme le montre le graphique ci-après, les villas sont surtout localisées dans la zone ZT1, où elles représentent plus de 42 % du parc.

Figure 8 - Répartition des logements par type et par zone climatique



1.3. Caractérisation socio-économique de l'habitat

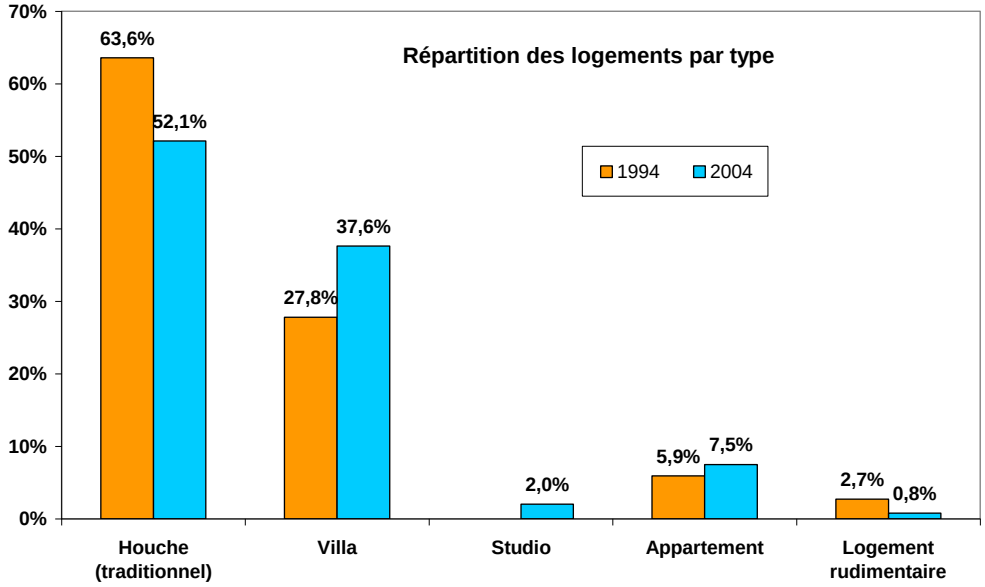
1.3.1. Typologie des logements

L'Institut National des Statistiques (INS) distingue cinq types de logements :

- Dar ou houche,
- Villa,
- Studio,
- Appartement,
- Logement rudimentaire.

Le graphique suivant présente la structure du parc de logements en Tunisie par type de logements :

Figure 9 - Répartition du parc par type de logements en Tunisie



Bien qu'elle ait connu une baisse relativement importante entre 1994 et 2004, la part des maisons traditionnelles (houche) reste la plus importante (52 % en 2004). La part de villas a connu en revanche une hausse importante, passant de 28 % en 1996 à 38 % en 2004.

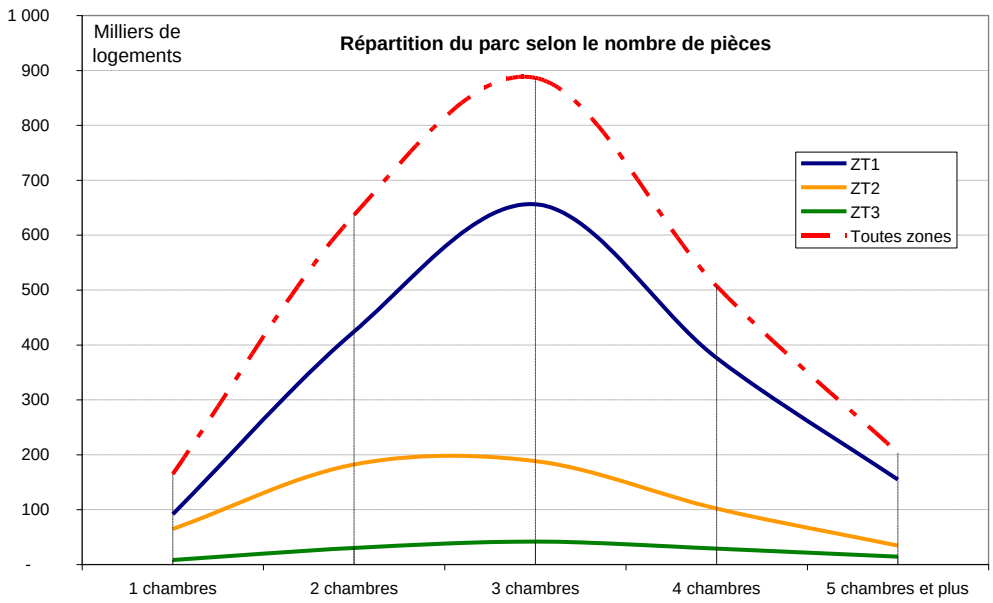
La part des appartements a connu une faible évolution, de 1,5 % par an pour la même période (de 5,9 % en 1994 à 7,5 % en 2004).

En valeur absolue, les maisons traditionnelles viennent en première place avec environ 1,3 millions de logements, suivies des villas dont le parc compte environ 1 million de logements en 2004.

1.3.2. Taille des logements

Le graphique suivant présente la répartition des logements selon le nombre de pièces dans les trois zones climatiques.

Figure 10 - Répartition du parc selon le nombre de pièces dans les différentes zones climatiques



L'analyse montre que la plupart des logements comporte 3 pièces (37 % des logements). Les grands logements, comportant trois pièces et plus, représentent la part la plus importante, à savoir 67 % des logements urbains et ruraux. Cette part est particulièrement grande dans la zone climatique Z1, soit 70 % du parc.

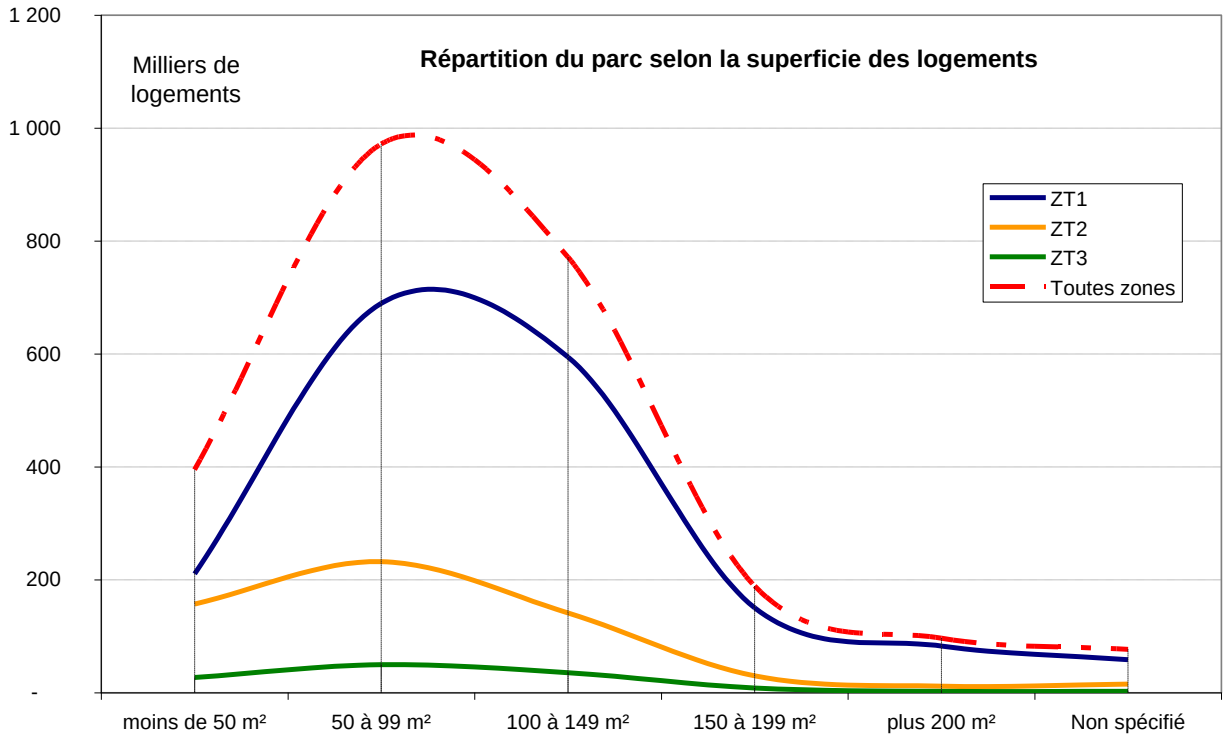
Enfin, une première approximation montre que la taille moyenne des logements est de 3,1 pièces. Elle est de 3,1 dans la zone ZT1, 2,8 dans la zone ZT2 et 3,2 dans la zone ZT3.

La superficie moyenne des logements en Tunisie est de l'ordre de 100 m² par logement (soit environ 20 m² par habitant) et varie selon les zones comme suit :

Zone climatique	Superficie moyenne (m²/logement)
ZT1	105
ZT2	87
ZT3	92
Toutes zones	100

La zone ZT1 semble comporter les logements dont les superficies sont les plus importantes. Le graphique suivant présente la répartition des logements par palier de superficie dans les trois zones climatiques.

Figure 11 - Répartition du parc selon la superficie des logements et selon les zones climatiques



Il en sort que la part des « grands logements » de plus de 100 m² est très importante, représentant plus de 44 % des logements. Cette part est particulièrement prépondérante dans la zone ZT1, soit près de 50 %.

2. Organisation du secteur

2.1. Les acteurs

Le secteur des bâtiments en Tunisie est géré par le Ministère de l'Équipement de l'Habitat et de l'Aménagement du Territoire (MEHAT). Il intervient dans le secteur à travers la Direction générale de l'habitat dont la mission est la définition et la mise en œuvre de la politique de l'habitat en Tunisie ainsi que la régulation et le contrôle des opérateurs intervenants dans le secteur. Le MEHAT est représenté au niveau régional à travers ses Directions régionales.

Sur le plan opérationnel, plusieurs parties interviennent dans le processus de production de l'habitat, dont on cite essentiellement :

- Les communes, responsables de la délivrance des permis de construire et du contrôle de leur respect. En général, les communes ont beaucoup de difficultés à assurer cette mission, compte tenu des limites des moyens humains et matériels dont elles disposent.
- Le Centre Technique des Matériaux de Construction du Céramique et de Verre (CTMCCV) a un rôle d'accompagnement et de conseil technique auprès des opérateurs du secteur des matériaux de construction. Il intervient entre autres sur le test et l'agrément des matériaux de construction utilisés dans le secteur.
- Le système de financement de l'habitat est constitué d'une dizaine de banques commerciales actives dans ce domaine à travers le préfinancement des promoteurs immobiliers et l'octroi de crédits aux particuliers pour l'acquisition et la construction ou la rénovation de logements. L'une de ces banques, la Banque de l'Habitat (BH), a été créée par l'Etat dans les années 70 pour faciliter l'accès des ménages au logement et occupe aujourd'hui la part la plus importante du marché.
- Les sociétés de promotion immobilière, au nombre de 1 500 environ aujourd'hui, jouent un rôle primordial dans la production des logements.

2.2. Filières et modes de construction

2.2.1. Filières

En Tunisie, on estime à environ 60.000 le nombre de nouveaux logements produits chaque année. Ce flux se répartit entre deux filières principales :

- La filière formelle de la promotion immobilière faisant appel aux concepteurs structurés et aux bureaux de contrôle formels. Elle représente environ 1/3 des nouveaux logements ;
- La filière de l'auto-construction qui s'accapare la plus grande part du marché (environ 2/3 du parc annuel) et qui fait appel aux petites micro-entreprises informelles de bâtiments.

Une partie non négligeable de l'auto-construction, mais dont la part est difficile à estimer, se fait de manière illégale, sans l'obtention d'un permis de construire. Ce phénomène est dû en grande partie au rythme limité de production de terrains constructibles par le système d'aménagement dans le pays, par rapport au rythme de la demande de logement.

Le secteur de l'autoproduction, compte tenu de son caractère diffus est très difficile à cibler avec les programmes d'efficacité énergétique, notamment par les mesures d'ordre réglementaire.

2.2.2. Modes de construction

En ce qui concerne le mode de construction, la technique dominante en Tunisie est celle utilisant les briques trouillées de terre cuite, le plus souvent d'une épaisseur de 20 cm. Cela explique le fort développement de l'industrie de briques en Tunisie (plus d'une vingtaine d'unités).

Par ailleurs, dans la pluparts des cas, les murs sont en double parois avec lame d'air, ce qui améliore nettement la qualité thermique de l'enveloppe des bâtiments. Les modes architecturaux traditionnels favorisant l'approche bioclimatique (voute, convection naturelle, etc.) sont quasiment abandonnés en Tunisie, laissant la place à des modes de construction modernes souvent moins adaptés aux conditions climatiques locales (taux de vitrage élevé, etc.).

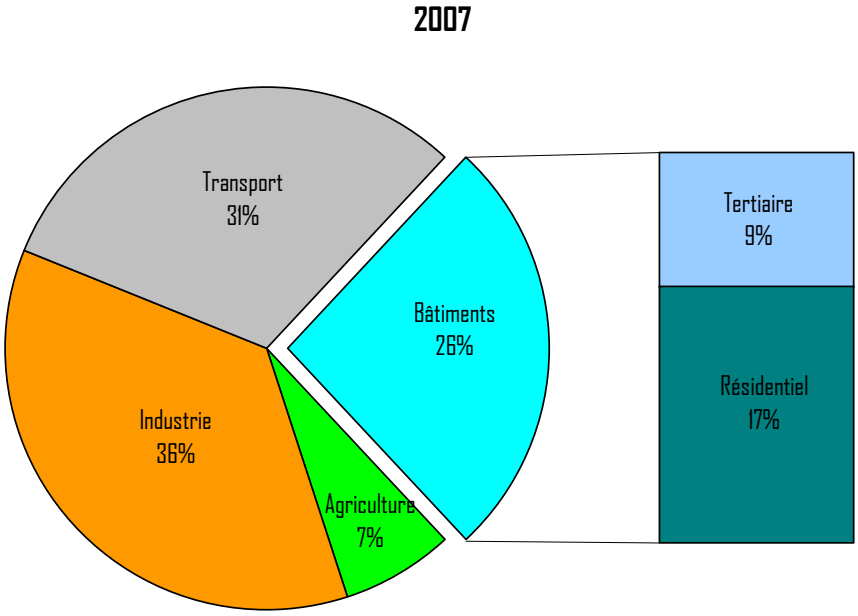
Les toitures sont généralement des toitures terrasses avec forme de pente. Dans la quasi-totalité des cas, ces toitures ne sont pas thermiquement isolées, ce qui engendre des pertes énergétiques très importantes, estimées entre 20 % et 25 %.

3. Caractérisation énergétique du secteur des bâtiments

3.1. Les enjeux énergétiques et environnementaux du secteur

Sur le plan énergétique, le secteur du bâtiment, recouvrant le résidentiel et le tertiaire, constitue un enjeu fort important pour la Tunisie. En effet, ce secteur est actuellement le troisième consommateur d'énergie finale (26 %) après l'industrie (36 %) et les transports (31 %). Les bâtiments résidentiels représentent à eux seuls 17 % de la consommation d'énergie finale du pays.

Figure 12 - Structure de la consommation finale d'énergie en Tunisie



Source : Bilan énergétique, ONE

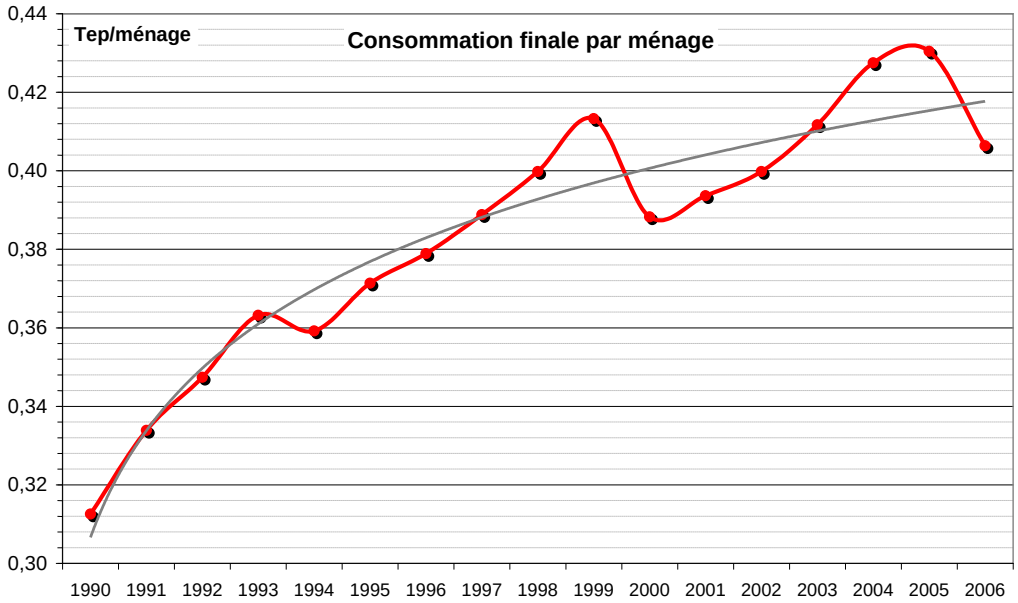
Sur le plan environnemental, le secteur des bâtiments (résidentiel et tertiaire) représente environ 13 % des émissions de gaz à effet de serre dues à l'énergie en 2007, soit près de 3 200 kTECO$_2$.

3.2. Caractéristiques de la consommation énergétique

La consommation unitaire des ménages connaît une tendance à la croissance se justifiant notamment par l'augmentation du niveau de vie des ménages et de leur taux d'équipement en appareils électroménagers.

Ainsi, la consommation unitaire est passée de 0,31 tep/ménage en 1990 à près de 0,41 tep par ménage en 2006, comme le montre le graphique suivant :

Figure 13 - Evolution de la consommation finale unitaire d'énergie des ménages en Tunisie

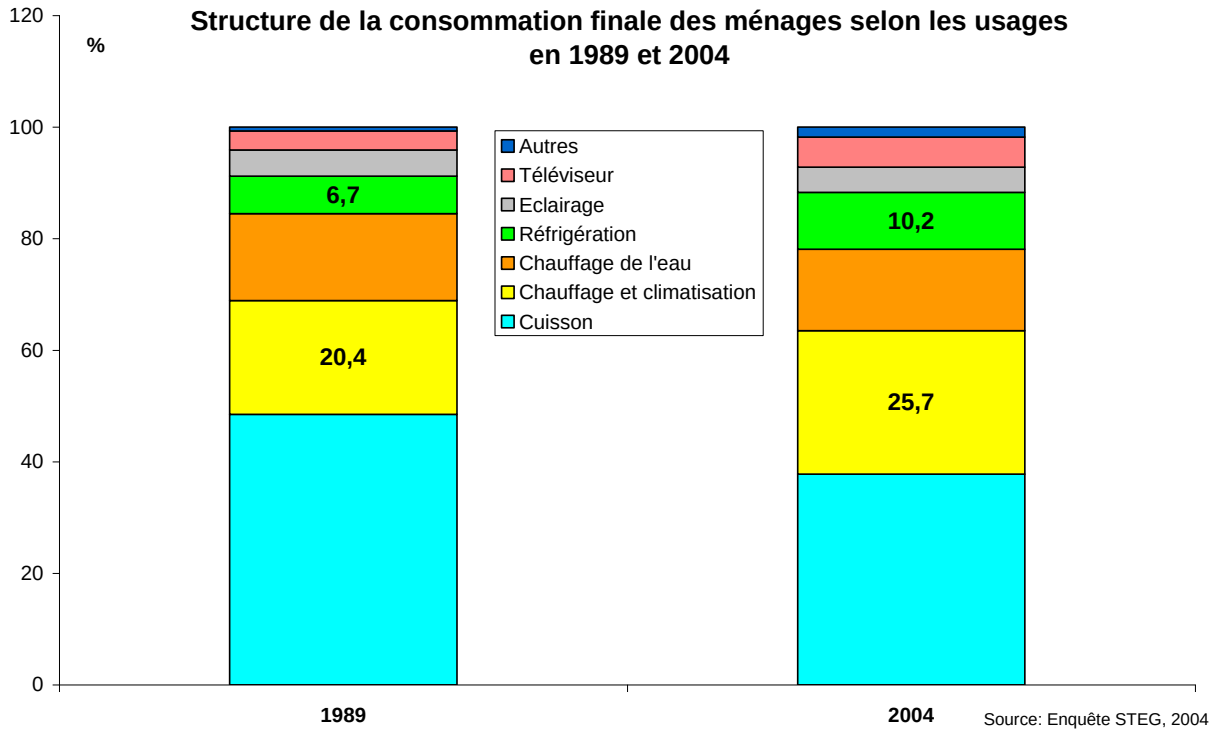


En Europe, la consommation unitaire varie entre 1,1 et 2,3 tep/logement, avec une moyenne de 1,7 tep/logement/an.

Ramenée au m², la consommation finale d'énergie en Tunisie est estimée à environ 4,9 kgep/m² (58 kWh/m²) de logement occupé, contre 17 à 20 kgep/m² en Europe.

Cette augmentation de la consommation unitaire s'est traduite également par une transformation de la structure de la consommation finale qui a connu le développement de certains usages tels que la réfrigération, le chauffage et la climatisation, comme le montre le graphique suivant :

Figure 14 - Structure de la consommation finale d'énergie des ménages selon les usages en Tunisie



Source : Enquête STEG, 2004

Ainsi, la part du chauffage et de la climatisation est passée de 20,4 % en 1989 à 25,7 % en 2004.

L'enquête STEG 2004 et le recensement national de 2004 ont pu permettre de dégager les indicateurs de consommation suivants :

- Consommation d'énergie finale pour le chauffage et la climatisation par m² de surface de logement : 15 kWh/m²/an, soit 1,3 kgep/m²/an ;
- Consommation d'énergie finale pour le chauffage et climatisation par m² de surface de logement chauffé et climatisé : 23 kWh/m²/an, soit environ 2 kgep/m²/an ;
- Consommation d'électricité pour la climatisation par m² de surface de logement climatisé : 1,2 kWh/m²/an, soit environ 0,1 kgep/m²/an ;
- Consommation d'énergie finale pour le chauffage : 21,8 kWh/m²/an, soit environ 1,9 kgep/m²/an.

Sur le plan environnemental, la consommation d'énergie dans le secteur résidentiel participe à environ 8 % des émissions totales dues à l'énergie en 2007, soit environ 2 000 $kTECO_2$, ce qui représente près de 0,8 $TECO_2$/logement.

Sur le plan socio-économique, en 2004, la part des dépenses énergétiques dans le budget des ménages se s'est située autour de 5 %. Cette part a certainement augmenté à partir de 2005, compte tenu de la hausse des prix intérieurs de l'énergie conséquente à la flambé du prix international du pétrole durant la période 2005-2008.

4. Mesures et programmes phares d'efficacité énergétique dans les bâtiments

4.1. Mesures réglementaires

4.1.1. Réglementation thermique des bâtiments

Dans le cadre du projet FEM/FFEM sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments, l'Agence nationale pour la maîtrise de l'énergie a lancé un processus graduel de mise en place d'une réglementation thermique des bâtiments de manière concertée entre les principaux acteurs du secteur.

Ainsi, la loi n°2004-72 du 2 août 2004 ainsi que son décret d'application du 2 septembre 2004 ont intégré des mesures obligatoires en termes de performances thermiques des nouveaux bâtiments.

Les dispositions pratiques de la mise en œuvre du décret sont promulguées dans la cadre d'arrêtés conjoints du Ministère en charge de l'énergie et du Ministre en charge de l'habitat. Deux arrêtés ont d'ores et déjà été promulgués :

- Arrêté fixant les spécifications techniques minimales visant l'économie dans la consommation d'énergie des projets de construction et d'extension des bâtiments à usage résidentiel ;
- Arrêté fixant les spécifications techniques minimales visant l'économie dans la consommation d'énergie des projets de construction et d'extension des bâtiments à usage de bureaux.

Les arrêtés prévoient que les spécifications techniques peuvent être fixées conformément à une approche basée sur la performance ou prescriptive, selon la taille du projet. Les arrêtés d'application concernant les autres types de bâtiments (hôpitaux, hôtels et centres commerciaux) seront promulgués progressivement.

Dans le cadre de cette réglementation thermique des bâtiments neufs, un système de Label de Performance Thermique par type de bâtiment a été introduit dans les textes réglementaires, basé sur les besoins énergétiques annuels liés au confort thermique (BECTh). Le tableau suivant présente les classes du label pour les bâtiments résidentiels collectifs neufs :

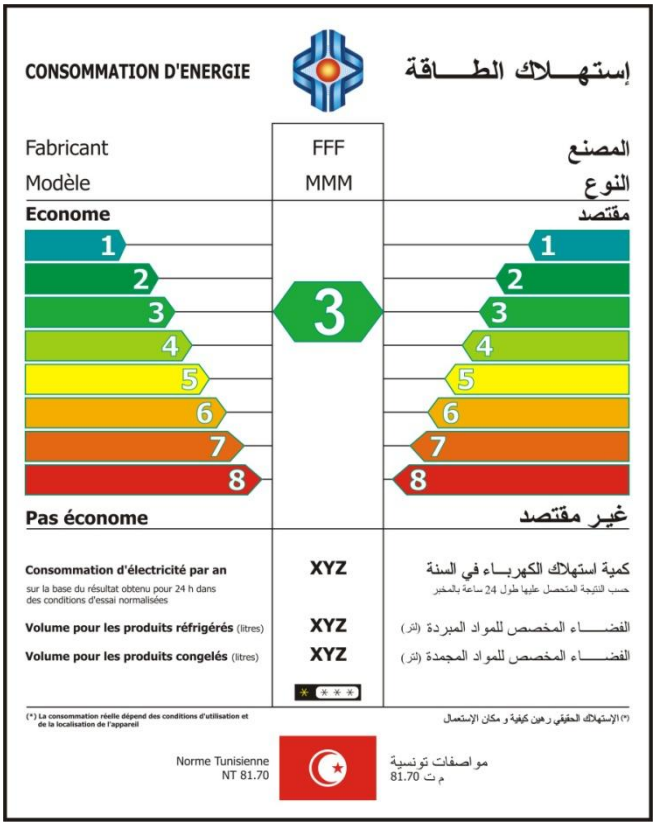
Classes de performances thermiques du bâtiment	Besoins énergétiques spécifiques annuels (BECTh) en kWh/m².an
classe 1	BECTh ≤ 36
classe 2	36 < BECTh ≤ 41
classe 3	41 < BECTh ≤ 46
classe 4	46 < BECTh ≤ 51
classe 5	51 < BECTh ≤ 60
classe 6	60 < BECTh ≤ 72
classe 7	72 < BECTh ≤ 87
classe 8	BECTh > 87

Pour ce type de bâtiments, la réglementation exige un niveau de performance minimal de classe inférieure ou égale à 5.

Un travail import a été mené dans le cadre du processus de promulgation de la réglementation afin de bien préparer les conditions de son applicabilité et sa durabilité, à travers le renforcement de capacité des différents acteurs de la construction (administration, concepteurs, architectes, bureaux de contrôle, promoteurs et grand public).

Par ailleurs, les nouvelles dispositions réglementaires de 2008 (loi n°2009-7 et décret n°2009-362 du 9 février 2009) ont instauré une obligation d'audit sur plan pour les grands projets de bâtiments neufs, couvrant tous les systèmes énergétiques du bâtiment.

4.1.2. La certification des appareils électroménagers



La loi a également introduit, depuis 2004, la certification et l'obligation de l'affichage de l'étiquette de performances énergétiques des appareils de réfrigération.

La réglementation prévoit également l'interdiction progressive des appareils de mauvaise performance (Arrêté conjoint des ministres de l'industrie et du commerce du 25 octobre 2005).

Ainsi, depuis 2007, la vente des appareils de réfrigération de classe énergétique supérieure à 5 est interdite en Tunisie.

La même démarche est en train d'être menée pour les appareils de climatisation, qui constituent un poste de consommation de plus en plus important chez les ménages.

Enfin, des textes sont en cours de préparation pour l'interdiction de la vente des lampes à incandescence, selon un processus progressif et concerté avec les fabricants de lampes et l'ensemble des acteurs concernés.

4.2. Programmes et mécanismes incitatifs

4.2.1. Programme de diffusion de chauffe-eau solaires (CES) en Tunisie - PROSOL

Le programme PROSOL, lancé en 2005, est basé sur un mécanisme innovant qui vise à lever les principales barrières à l'encontre du développement du marché des chauffe-eau solaires (CES) d'ordre financier, technique et organisationnel (voir plus loin).

Le programme PROSOL a permis d'initier une vraie transformation du marché du CES dans le pays, puisque le rythme annuel d'installation est passé de 7 500 m² en 2004 à 85 000 m² de capteurs en 2008. Le nombre de fournisseurs agréés est passé de 6 en 2004 à une trentaine en 2008.

Rappelons que le programme PROSOL vise l'installation de 540 000 m² de capteurs solaires sur la période 2007-2011, ce qui permettrait d'économiser annuellement environ 38 ktep et un cumul de 570 ktep sur la durée de vie des CES, estimée à 15 ans.

Ce rythme devrait être maintenu autour d'un objectif annuel de 120 000 m² au-delà de cette période pour atteindre 1 million de m² à l'horizon 2015, ce qui ramènerait l'indicateur de diffusion de 17 m² par 1 000habitants en fin 2006 à environ 46 m² par 1 000 habitants en 2009 et à 92 m² par 1 000 habitants en 2015.

4.2.2. Le programme de diffusion des lampes basse consommation

Ce programme vise la commercialisation de 2 millions de lampes basse consommation par an sur le marché, à des prix fixés par l'Etat à un niveau plus bas que le marché actuel. La baisse des prix est obtenue grâce aux économies d'échelle à travers l'achat groupé de grandes quantités par l'Office de commerce par voie d'appel d'offre international.

4.2.3. Le programme PROMO-ISOL

Un programme d'isolation thermique des toitures des maisons individuelles existantes ou neuves est en cours de mise en place par l'ANME afin de compléter la réglementation thermique actuelle, qui ne vise pas ce segment. Le programme devrait se dérouler en deux phases :

- Une phase pilote 2010-2011 : 10.000 logements, soit environ 1 million de m² de toitures,
- Une phase de diffusion 2012-2016 : 100.000 logements, soit 10 millions de m² de toitures.

A rappeler que les simulations réalisées montrent que l'isolation des toitures permet de réduire en moyenne de 20 % les besoins en climatisation et de 25 % les besoins en chauffage dans le contexte tunisien.

Le programme est basé sur un mécanisme financier à deux composantes :

- L'octroi d'une subvention de 20 % du coût de l'isolation, pour ramener le temps de retour pour le consommateur à moins de 7 – 8 ans,
- L'octroi d'un crédit sur 7 ans pour le financement du reste du montant, ce qui permet d'éliminer la barrière de l'investissement initial.

Un programme d'accompagnement du contrôle de qualité, de formation et d'habilitation des opérateurs est prévu également dans ce cadre.

III. Scénarios d'évolution à l'horizon 2020 et 2030

1. Scénario tendanciel

1.1. Définition du scénario

Le scénario tendanciel traduit l'interrogation suivante : que se passerait-il (dans le cadre des hypothèses socio-économiques retenues) si aucune mesure publique nouvelle n'était prise pour améliorer l'efficacité énergétique ? En ce sens, ce scénario est une convention : ce n'est pas une prédiction, et il ne cherche pas à cerner le futur « le plus probable ». Il est même fort probable – sinon souhaitable - qu'un tel scénario ne se produise jamais dans la réalité, quand bien même les hypothèses socio-économiques se réaliseraient.

Pour établir les hypothèses techniques constitutives de ce scénario, on s'appuie sur deux principes élémentaires :

- Pour toutes les installations, bâtiments, équipements, etc. existants à l'année de base, on raisonne à efficacité constante (« frozen efficiency ») et on considère la poursuite de la pénétration tendancielle des énergies renouvelables (c'est à dire dans le prolongement des tendances historiques) ;
- Pour toutes les installations, bâtiments, équipements, etc. nouveaux (neufs, installés après l'année de base), on raisonne :
  - en partie sur le principe d'efficacité constante, mais à un niveau d'efficacité qui peut être nettement plus élevé que celui du stock existant du fait des technologies disponibles actuellement sur les marchés tunisien et européen, voire mondial ;
  - en partie en prenant en compte une amélioration tendancielle de l'efficacité, lorsque celle-ci est déterminée par les évolutions internationales elles-mêmes tendancielles (par exemple, l'amélioration des performances des appareils électroménagers, etc.).

Le niveau moyen d'efficacité du neuf est déterminé soit par référence aux pratiques actuelles (quand elles sont connues, par exemple pour les bâtiments), soit par référence aux standards moyens d'efficacité des équipements neufs disponibles sur les marchés tunisiens et internationaux aujourd'hui.

Le scénario tendanciel a été développé dans le cadre de l'étude stratégique de l'utilisation rationnelle de l'énergie réalisée par l'ANME en 2005/2006. ***Cette prospective a été réajustée en réactualisant l'année de base en adoptant celle de 2007 et en tenant compte des nouvelles prévisions démographiques élaborées par l'INS.***

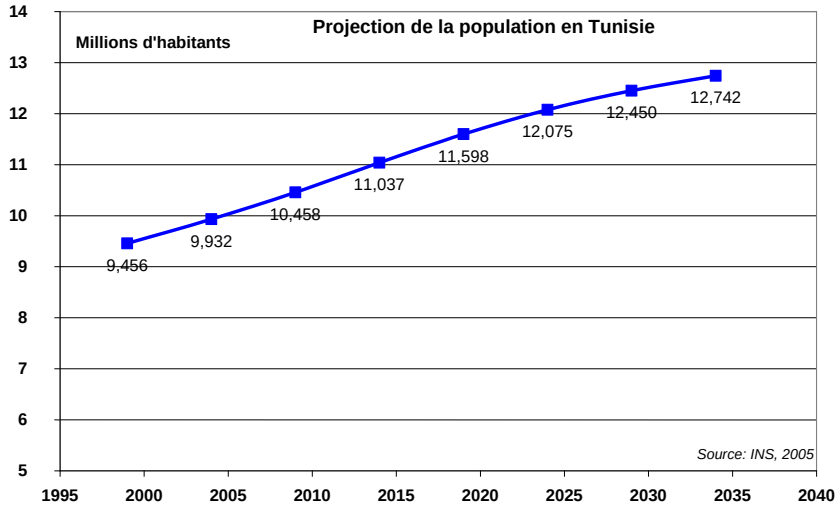
1.2. Hypothèses

1.2.1. Population

La Tunisie n'échappe pas au phénomène général de transition démographique, qui se manifeste notamment par une réduction continue du taux de fertilité des femmes et du taux de croissance de la population, avec la conséquence inéluctable du vieillissement de la population, avec un taux de fécondité de 1,74 enfants par femme et un taux de natalité de 15,42 naissances/1 000 habitants.

Selon les travaux de l'Institut national des statistiques, la population tunisienne atteindrait environ 12,4 millions d'habitants en 2030, comme le montre le graphique suivant :

Figure 15 - Projection de la population à l'horizon 2035 en Tunisie



Source : INS, 2005

1.2.2. Ménages et logements

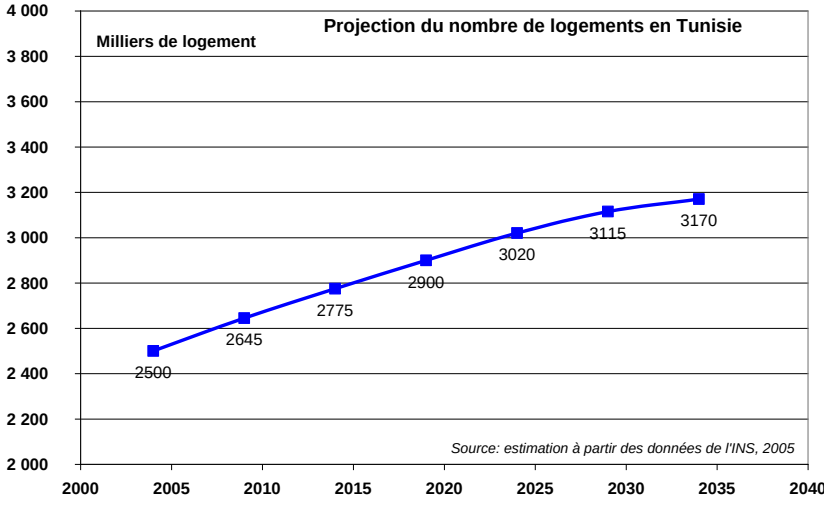
Quelles est la conséquence de cette évolution sur les ménages et le parc de logements ?

La baisse tendancielle du nombre moyen de personnes par ménage est à la fois une conséquence de la baisse de fertilité (moins d'enfants par famille) et l'expression d'un mouvement social de décohabitation familiale. Si la première influence est d'ordre « mécanique » (conséquence directe de l'hypothèse retenue sur la fertilité), la seconde est plus incertaine, car dépendante de plusieurs influences (disponibilité de logements, prégnance culturelle, etc.).

Les modes de vie et les structures familiales sont très différents dans le milieu rural traditionnel et dans le milieu urbain, plus marqué par la modernité. Une migration plus forte de la population du premier milieu vers le second accélérera inéluctablement la transition démographique et ses conséquences sur la taille moyenne des ménages, tandis qu'une plus grande fixation de la population dans les zones rurales agira à l'évidence en sens inverse.

L'INS ne dispose pas de projections en ce qui concerne le nombre de ménages ou de logements. Nous avons par conséquent conservé les mêmes hypothèses d'évolution de la taille moyenne des ménages que celles prises en compte dans le cadre de l'étude stratégique sur l'utilisation rationnelle de l'énergie de 2005, comme l'indique le graphique suivant :

Figure 16 – Projection du nombre de logements en Tunisie



Source : Estimation à partir des données de l'INS, 2005

Nous prenons l'hypothèse de la situation actuelle dans laquelle le nombre de ménages est équivalent au nombre de logements.

1.2.3. Equipements

Le taux d'équipements des ménages en appareils électroménagers est déterminant dans la consommation totale des ménages. Ainsi, dans le scénario tendanciel, le profil d'évolution future du taux d'équipement des ménages a été défini en prolongeant les tendances récentes observées[2]. Nous citons à titre d'exemple les hypothèses suivantes :

- Une généralisation de la télévision et du réfrigérateur, avec même un léger suréquipement des ménages,
- Un accroissement rapide du parc de climatisation, de l'ordre de 30 % par an jusqu'à saturation,
- Une pénétration rapide du chauffage central grâce à la pénétration rapide du gaz naturel, pour atteindre un taux d'équipement de l'ordre de 40 % en 2030, par rapport au taux de 2 % observé en 2004,
- Une transformation rapide dans la structure d'évolution du parc des chauffe-eau, avec une forte pénétration du chauffage solaire, grâce au lancement de ce marché, comme présenté dans le tableau suivant :

Tableau 2 – Taux d'accroissement du parc des chauffe-eau

Type de chauffe-eau	Taux annuel
Chauffe-eau à gaz	10%
Chauffe-eau à GPL	9%
Chauffe-eau à électrique	-3%
Chauffe-eau solaire	34%

1.3. Evolution de la demande d'énergie finale

En tenant compte de ces hypothèses, les simulations montrent que la demande d'énergie finale des ménages évoluerait comme suit :

Tableau 3 – Prévision de la demande énergétique directe du secteur résidentiel (ktep/an)

	2007	2010	2020	2030
Sans biomasse	*919*	*1 158*	*1 626*	*2 222*
Avec biomasse	*1 860*	*2 019*	*2 467*	*3 019*

Source : Etude stratégique URE, ANME, 2005 + actualisaiton par l'auteur (R. Missaoui)

Sans tenir compte de la biomasse, la consommation des ménages en Tunisie serait de l'ordre de 2 200 ktep/an, à l'horizon 2030 et 3 000 ktep/an si l'on tient compte de la consommation de bois énergie. Le taux de croissance annuelle moyen sur la période 2007-2030 serait de l'ordre de 3,9 % dans le premier cas et 2,1 % dans le second (2007 étant l'année de base[3]).

1.3.1. Evolution des usages

L'usage qui connaitrait le plus de croissance est celui de la climatisation (13,3 % sur la période), suivi des appareils électroménagers (6,8 %) et de l'eau chaude sanitaire (4,3 %), comme le montre le tableau suivant :

[2] Enquête STEG, 2004
[3] Source de données : Bilan énergétique de 2007, ONE

Tableau 4 – Taux de croissance de la demande par type d'usage

Usages	2007-2030	2010-2020	2020-2030
Chauffage	2,3%	2,1%	1,8%
Eau chaude	4,3%	3,3%	2,1%
Cuisson	-1,2%	-0,3%	-0,6%
Elec specif.	6,8%	5,4%	5,6%
Eclairage	3,5%	3,2%	2,4%
Climatisation	13,3%	7,5%	4,7%
Total	**2,1%**	**2,0%**	**2,0%**

Source : Etude stratégique URE, ANME, 2005 + actoalisation par l'auteur (R. Missaoui)

Ainsi, comme le montre le tableau suivant, à l'horizon 2030 le chauffage représenterait la part la plus importante de la consommation énergétique des ménages (31 %), suivi de la cuisson et des appareils électroménagers (23 %).

Tableau 5 – Prévision de la consommation énergétique du secteur résidentiel par type d'usage (ktep/an)

Usages	*2007*	2010	2020	2030
Chauffage	*549*	636	779	928
Eau chaude	*182*	280	385	476
Cuisson	*916*	764	738	695
Elec specif.	*149*	232	395	681
Eclairage	*58*	73	100	127
Climatisation	*6*	34	70	112
Total	***1860***	**2 019**	**2 467**	**3 019**

Source : Etude stratégique URE, ANME, 2005 + actualisation par l'auteur (Alcor)

1.3.2. Evolution du mix énergétique

Du point de vue des produits énergétiques, on constatera une forte pénétration de l'usage du gaz naturel (croissance de 7,7 % par an sur la période 2007-2030) et de l'électricité (6,5 %). La première tendance s'explique par la politique volontariste de l'Etat pour la promotion de l'usage du gaz naturel et la seconde par l'amélioration des conditions de vie des ménages et par conséquent l'équipement rapide en nouveaux appareils électroménagers (ordinateurs, micro-ondes, chaines hifi, récepteurs, aspirateurs, etc.).

Tableau 6 – Taux de croissance de la demande par produit

Produits	2007-2030	2010-2020	2020-2030
Produits pétroliers	1,4%	1,6%	0,4%
Gaz naturel	7,7%	7,2%	5,7%
GPL	1,1%	1,0%	-0,1%
Electricité	6,5%	5,9%	5,5%
Autres (bois, solaire thermique...)	-0,7%	-0,2%	-0,5%
Total	**2,1%**	**2,0%**	**2,0%**

Source : Etude stratégique URE, ANME, 2005 + actualisation par l'auteur (R. Missaoui)

Notons également la baisse progressive de l'usage du bois par les ménages, compte tenu de l'amélioration des conditions de vie des ruraux. On notera aussi le ralentissement de la croissance du GPL et des autres produits pétroliers, concurrencés par la forte pénétration du gaz naturel.

Ainsi, comme le montre le tableau suivant, à l'horizon 2030 l'électricité aura la part du lion avec plus de 30 % de la consommation énergétique des ménages, suivi de la biomasse (26 %).

Tableau 7 – Prévision de la consommation du secteur résidentiel (ktep/an)

Produits	*2007*	2010	2020	2030
Produits pétroliers	*262*	298	350	364
Gaz naturel	*83*	130	261	453
GPL	*351*	419	462	456
Electricité	*223*	311	553	949
Autres (bois, solaire thermique...)	*941*	860	842	797
Total	***1860***	**2 019**	**2 467**	**3 019**

Source : Etude stratégique URE, ANME, 2005 + actualisation par l'auteur (Alcor)

1.3.3. L'industrie des matériaux de construction

L'activité de fabrication de matériaux de construction est très liée au développement du parc de bâtiments. De la même manière, le travail de prospective réalisé par l'ANME en 2005, que nous avons actualisé pour les besoins de la présente étude, a permis de dégager la prévision de la demande énergétique de la branche industrielle des matériaux de construction, comme présenté dans le tableau suivant :

Tableau 8 – Prévision de la consommation du secteur des matériaux de construction (ktep/an)

	2007	2010	2020	2030
Combustible fossile	889	1 012	1 186	1 411
Electricité finale	251	198	244	304
Total	**1 140**	**1 210**	**1 430**	**1 715**

Source : Etude stratégique URE, ANME, 2005 + actualisation par l'auteur (R. Missaoui)

A l'horion 2030, la consommation finale de la branche serait de l'ordre de 1 715 ktep par an dont 304 ktep d'électricité et le reste de combustibles fossiles.

Il est toutefois difficile de distinguer la part de consommation attribuable à la demande de matériaux des bâtiments résidentiels de celle des bâtiments tertiaires et des travaux publics. A titre très approximatif et indicatif, nous estimons la part attribuable au résidentiel au tiers de la consommation. Dans ce cas, la consommation totale des bâtiments résidentiels serait comme suit :

Tableau 9 – Prévision de la demande énergétique directe et indirecte du secteur résidentiel (ktep/an)

	2007	2010	2020	2030
Sans biomasse	*1 299*	*1 562*	*2 102*	*2 794*
Avec biomasse	*2 240*	*2 422*	*2 944*	*3 591*

Source : Etude stratégique URE, ANME, 2005 + actualisation par l'auteur (R. Missaoui)

Selon que l'on tient compte ou non de la biomasse, la consommation directe et indirecte des ménages varierait de 2 800 à 3 600 ktep/an à l'horizon 2030.

Selon les prévisions réalisées, le secteur des bâtiments résidentiels représenterait environ 17 % de la consommation finale d'énergie en 2030. Si l'on tient compte de sa part dans la consommation de la branche des matériaux de construction, il en représenterait 21 %.

1.4. Evolution des émissions de GES

Il s'agit d'une évaluation sommaire basée sur les facteurs d'émission des produits énergétiques, selon l'IPCC, et sur le facteur d'émission du secteur électrique tunisien. Pour ce dernier point, on suppose que le mix énergétique pour la production d'électricité reste invariable sur la période.

Tableau 10 – Prévision des émissions de GES du secteur des bâtiments résidentiels ($kTECO_2$/an)

Produits	*2007*	2010	2020	2030
Produits pétroliers	*838*	955	1 119	1 165
Gaz naturel	*190*	300	600	1 042
GPL	*807*	964	1 062	1 049
Electricité	*1 492*	2 076	3 699	6 344
Autres (bois, solaire thermique...)				
Total	***3 327***	**4 295**	**6 480**	**9 601**

Source : Estimation par l'auteur(R. Missaoui)

Si l'on tient compte de la part de la consommation d'énergie due à la fabrication des matériaux de construction utilisés par le secteur résidentiel, les émissions seraient bien plus importante et estimées comme suit :

Tableau 11 – Prévision des émissions totales de GES dues à la consommation directe et indirecte d'énergie du secteur des bâtiments résidentiels ($kTECO_2$)

	2007	2010	2020	2030
Emissions dues la consommation énergétique directe	*3 327*	*4 295*	*6 480*	*9 601*
Emissions dues la consommation énergétique directe et indirecte	*4 835*	*5 815*	*8 289*	*11 784*

1.5. Indicateurs

Le tableau suivant présente l'évolution des ratios de consommation d'énergie et d'émission par ménage.

Tableau 12 – Indicateurs de ratios par ménage

	2007	2010	2020	2030
Consommation d'énergie sans biomasse (tep/ménage/an)	*0,427*	*0,516*	*0,614*	*0,725*
Consommation d'énergie avec biomasse (tep/ménage/an)	*0,865*	*0,899*	*0,932*	*0,985*
Emissions de GES (TECO2/ménage/an)	*1,548*	*1,914*	*2,447*	*3,131*

En tenant compte de la biomasse, les ménages tunisiens auraient en 2030 une consommation unitaire équivalente à celle de l'Espagne ou du Portugal actuellement.

IV. Les solutions techniques d'efficacité énergétique disponibles

1. Identification des options d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables (EE et ENRs) par zone climatique

Les options sont classées en 3 grandes catégories :

- Les options liées à la conception architecturale,
- Les options liées au mode de construction,
- Les options liées au choix des équipements.

1.1. Les options architecturales

Les options architecturales qui consistent à optimiser l'orientation du bâtiment en fonction de la zone climatique, à favoriser la ventilation naturelle et l'éclairage naturel dans la conception du bâtiment sont souvent très efficaces, car elles permettent de réduire significativement les besoins énergétiques à des surcoûts quasiment nuls.

1.2. Les options de construction

Il s'agit de l'isolation de l'enveloppe des bâtiments avec l'adoption du meilleur mix des mesures d'efficacité énergétique suivantes :

- Isolation de la toiture,
- Isolation des murs,
- Fenêtres en bois avec double vitrage.

Le tableau suivant présente les résultats de simulations thermiques de logements type en Tunisie, en ce qui concerne les gains en énergie finale selon les zones thermiques.

Tableau 13 - Gains en besoins d'énergie finale selon les mesures

Mesures	Chauffage			Climatisation		
Zone thermiques	ZT1	ZT2	ZT3	ZT1	ZT2	ZT3
Isolation de la toiture	23%	22%	26%	18%	17%	18%
Isolation des murs	22%	20%	27%	-3%	-1%	3%
Fenêtres DV en bois	6%	5%	0%	-2%	-1%	0%
Isolation Toiture et Murs	45%	42%	53%	15%	17%	20%
Isolation Toiture Murs et fenêtres	48%	45%	53%	27%	28%	31%

	Très efficace
	Peu et pas efficace

Il apparaît clairement que l'isolation des toitures est l'une des mesures les plus efficaces dans le contexte climatique des trois zones thermiques du pays. L'isolation des seuls murs est très efficace pour le chauffage, mais a un impact négatif sur les besoins en climatisation, à cause de l'effet de serre, si la toiture n'est pas isolée.

Enfin, la combinaison des trois mesures est très efficace, puisqu'elle permet des gains de l'ordre de 50 % des besoins en chauffage et de 30 % des besoins en climatisation, dans toutes les zones.

En ce qui concerne les bâtiments existants, la mesure la plus recommandée (car efficace, simple et peu coûteuse) est celle de l'isolation thermique des toitures qui permet un gain moyen de 18 % sur la climatisation et de 25 % sur le chauffage.

1.3. Les options liées à l'équipement

Les options liées aux choix d'équipements efficaces sont nombreuses, mais les plus connues en Tunisie sont :

- La diffusion massive de l'éclairage efficace et l'interdiction à terme des lampes à incandescence ;
- L'amélioration des performances énergétiques des équipements électroménagers (réfrigérateurs, climatiseurs, lave-linge, etc.) à travers la certification de ces équipements et l'interdiction progressive de la mise sur le marché des appareils les moins efficaces ;
- La diffusion massive de l'usage de l'énergie solaire pour le chauffage de l'eau sanitaire.

De par leur nature, toutes ces mesures sont très efficaces dans toutes les zones thermiques et sont par ailleurs simples à mettre en œuvre.

2. Barrières à la diffusion à grande échelle des options identifiées

2.1. Les barrières d'ordre économique

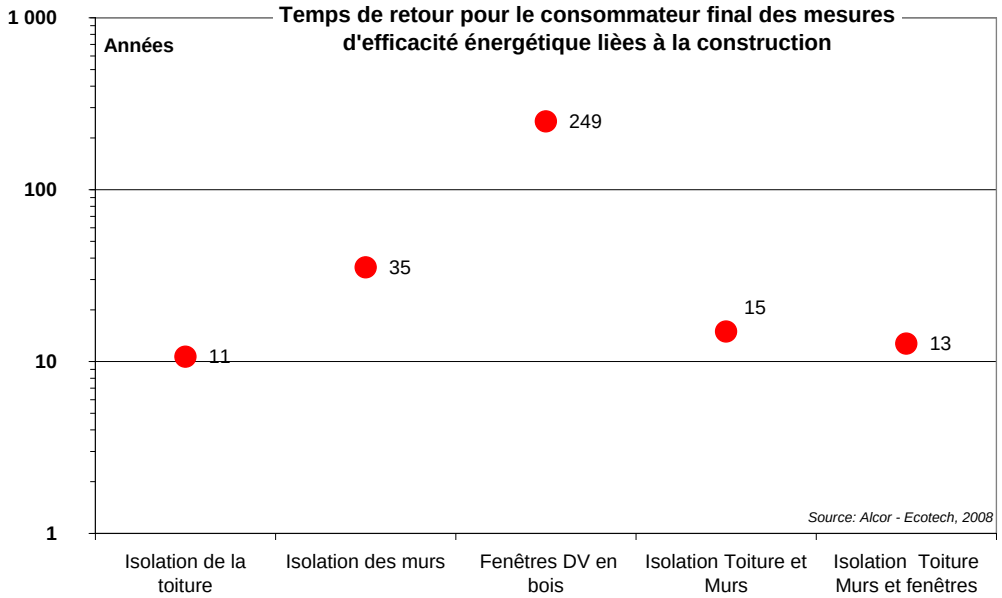
2.1.1. La contrainte de la rentabilité pour l'utilisateur final

Malgré les hausses de prix qu'ont connu les produits énergétiques conventionnels ces dernières années, certains de ces produits (électricité, gaz naturel et GPL notamment) sont encore subventionnés par l'Etat en Tunisie. Cette subvention provient du fait que les prix finaux sont fixés indépendamment du prix international de l'énergie.

Il en résulte qu'un grand nombre de mesures d'efficacité énergétique liées au mode de construction ou à l'amélioration des performances des équipements présentent une faible rentabilité pour le consommateur final.

Le graphique suivant, qui présente une simulation des temps de retour pour le consommateur final des mesures d'efficacité énergétique liées à l'isolation thermique de l'enveloppe des bâtiments, illustre parfaitement cette situation.

Figure 17 - Temps de retour pour le consommateur des mesures d'EE liées à la construction

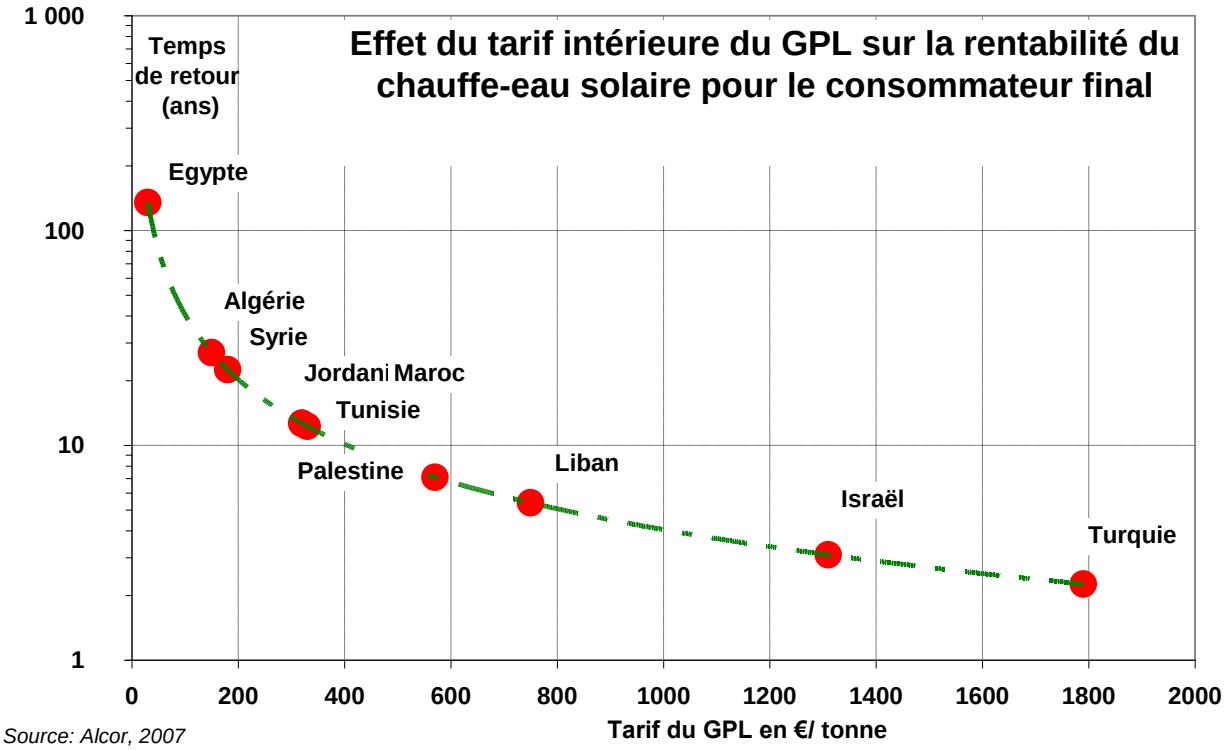


Source : Alcor, Ecotech, 2005

Ces temps de retour ne permettent pas de mobiliser le marché de l'efficacité énergétique dans les bâtiments sur une base purement commerciale et donc de changement d'échelle.

L'autre exemple est celui du chauffe-eau solaire pour lequel la rentabilité dépend fortement du tarif intérieur de l'énergie. Le graphique suivant présente le temps de retour du chauffe-eau solaire pour le consommateur final en référence à l'utilisation du GPL dans les pays de la Méditerranée.

Figure 18 - Effet du tarif du GPL sur la rentabilité du chauffe-eau solaire pour le consommateur final dans certains pays méditerranéens



Source: Alcor, 2007

Il explique clairement la grande diffusion de cette technologie dans certains pays de la région, comme la Turquie ou Israël, ainsi que l'absence totale de marché dans d'autres pays comme l'Egypte, l'Algérie ou la Syrie.

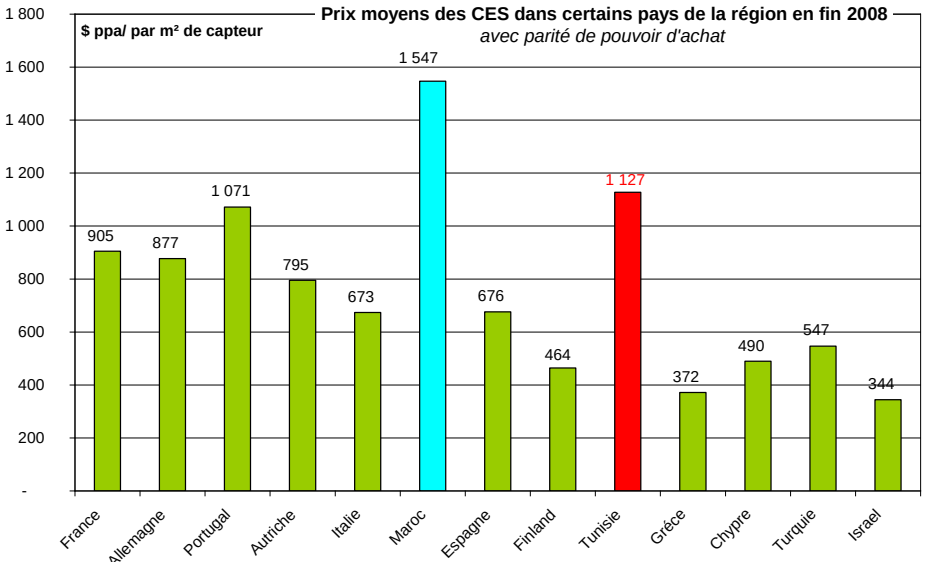
2.2. La contrainte de l'investissement initial

Ainsi, même si le temps de retour pour le consommateur devenait intéressant et attractif pour les ménages, le changement d'échelle du marché pourrait néanmoins être inhibé par la barrière de l'investissement initial, qui dépasse la capacité de financement d'une large proportion des ménages. Dans ce cas, seule une faible partie du marché potentiel pourrait être mobilisée.

Le graphique suivant présente une comparaison des prix d'acquisition du CES, à parité de pouvoir d'achat (PPA), et illustre la contrainte du coût du chauffe-eau en Tunisie par rapport à d'autres pays de la région.

Comme on peut le constater, le CES en Tunisie reste encore un produit de luxe par son prix, si l'on tient compte du niveau de vie dans le pays. Il reste encore trop cher en comparaison avec les autres pays de la région, mis à part le Maroc où le marché est encore limité.

Figure 19 - Prix moyen des chauffe-eau solaires dans certains pays méditerranéens



Source : Alcor, 2009

3. Les contraintes d'ordre technique et organisationnel

Les performances énergétiques des bâtiments ne constituent pas systématiquement un souci majeur pour les consommateurs, en l'absence de communication ciblée et continue sur les enjeux liés à ce domaine et sur les mesures techniques disponibles.

A ce manque de communication s'ajoute l'absence d'une offre structurée et efficace capable de porter le développement du marché d'isolation thermique. Mis à part le secteur du chauffe-eau solaire, il n'existe pas aujourd'hui une véritable filière spécifique d'isolation thermique capable de mobiliser le consommateur final et de l'intéresser à entreprendre des mesures d'efficacité énergétique.

En effet, il existe aujourd'hui peu d'opérateurs dans le domaine de l'isolation thermique. Leurs activités se limitent par ailleurs essentiellement à la fourniture des produits d'isolation à quelques promoteurs immobiliers éclairés.

En particulier, un maillon essentiel manque à la filière pour atteindre ce segment de marché diffus, à savoir les micro-entreprises spécialisées dans les travaux d'isolation, à l'instar des installateurs de chauffe-eau solaires. Ces micro-opérateurs, compte tenu de leur proximité avec les consommateurs ont un rôle fondamental dans la communication, la diffusion des solutions d'efficacité énergétique dans les bâtiments et la mobilisation des consommateurs diffus.

L'organisation de la filière, avec tous ses maillons, est une condition absolument indispensable pour le développement du marché des mesures d'efficacité énergétique dans les bâtiments. En particulier, un effort important devrait être fourni pour renforcer les compétences existantes des différents intervenants et développer d'autres métiers, notamment dans le domaine des travaux d'isolation.

4. Exemple de projets phare en Tunisie : le programme PROSOL

La tentative d'introduire la technologie des CES en Tunisie a démarré en 1985, avec une fabrication locale à travers la société publique « Serept Energie Nouvelle » (SEN).

Pour des raisons de maîtrise technologique et d'assurance qualité, le consommateur a perdu totalement confiance dans le CES. Le marché a ainsi connu de sérieuses difficultés passant d'environ 5 000 m² par an à la fin des années 80 à quelques centaines de m² au milieu des années 90. Ainsi, en 1995, la demande réalisée était d'environ 300 m² par an.

Pour tenter de redynamiser le marché, le Gouvernement tunisien a lancé en 1995, grâce à un financement FEM (Fonds pour l'Environnement Mondial), un programme ambitieux visant la diffusion de 50.000 m² jusqu'en 2003. L'approche du programme est basée sur une simple subvention du prix d'achat, à hauteur de 35 %, ainsi que sur la mise en place des procédures de contrôle de qualité afin de regagner la confiance du consommateur.

Le projet a permis de relancer le marché, de rétablir l'image de la technologie solaire et de créer un embryon de tissu d'opérateurs locaux. Ainsi, les ventes sont passées de quelques 300 m² de capteurs par an en 1995 à environ 17.000 m² en 2001.

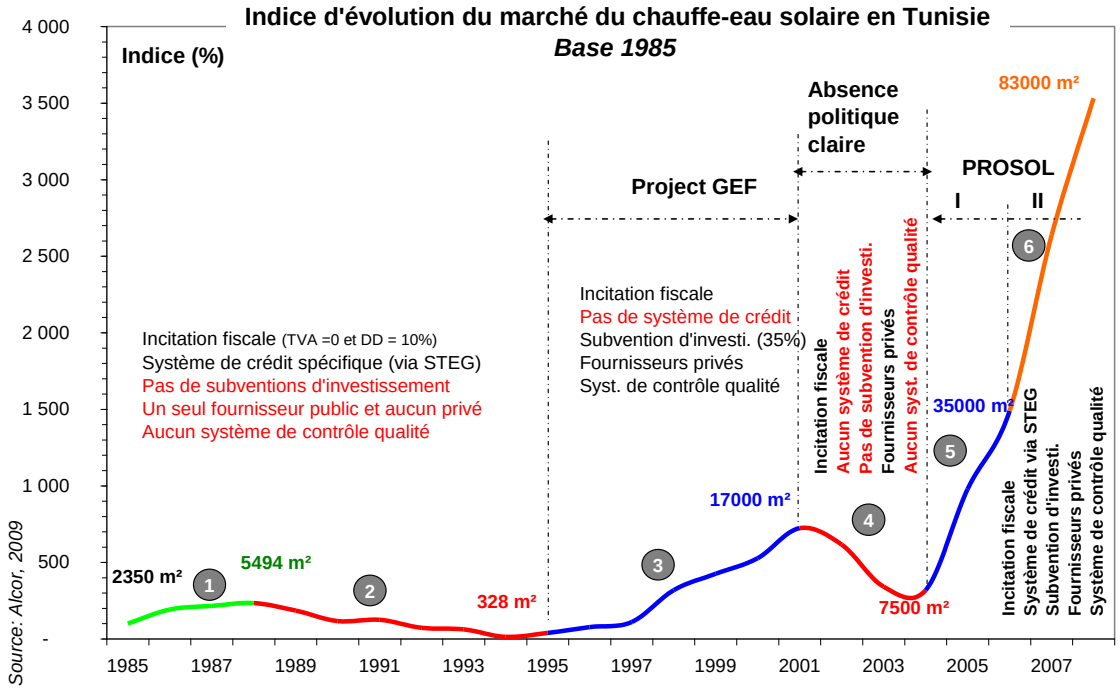
Après cette phase d'espoir, le projet FEM s'est arrêté en fin 2001 avec l'épuisement des fonds prévus pour la subvention (6,6 millions US$), alors qu'aucune mesure de relève à caractère incitatif n'avait été préparée. Depuis, la diffusion du CES a largement baissé, passant d'environ 17 000 m² en 2001 à environ 7 500 m² en 2004, surtout avec l'absence d'une vision politique claire dans ce domaine de la part des pouvoirs publics.

Devant cette situation, et avec la hausse des prix du pétrole en 2005, l'Etat tunisien a décidé de prendre des mesures incitatives, sous forme d'un mécanisme intégré, pour maintenir le développement de la filière :

- Une subvention publique au consommateur de 100 DT/m² a été fixée sur la base d'une logique gagnant - gagnant entre le consommateur et l'Etat. Cette subvention vise à réduire le temps de retour pour le consommateur final tout en permettant des gains nets significatif pour l'Etat tenant compte de la consommation déplacée de GPL et d'énergie conventionnelle pour le chauffage de l'eau ;
- Un crédit remboursable, via la facture d'électricité de la STEG, à des conditions adaptées aux caractéristiques socio-économiques de la cible, notamment en termes de durée, l'objectif étant de supprimer la barrière initiale à l'investissement ;
- Un mécanisme simple et efficace de distribution et de recouvrement des crédits impliquant les fournisseurs et la STEG ;
- Un système de contrôle de qualité en amont et en aval de la distribution des CES.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, PROSOL a permis une réelle transformation du marché du CES en Tunisie, comme le montre le graphique d'évolution du marché :

Figure 20 - Evolution du marché des chauffe-eau solaires en Tunisie



Source : Alcor, 2009

V. Scénario alternatif : scénario de maîtrise de l'énergie

1. Définition du scénario alternatif

Le scénario alternatif est un scénario volontariste de maîtrise de l'énergie. Il suppose une mise en œuvre massive des mesures d'efficacité énergétique qui sont aujourd'hui les plus techniquement et économiquement matures pour une diffusion à grande échelle. Explicitement, ces mesures sont les suivantes :

- Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments,
- Elimination progressive des lampes à incandescence du marché,
- Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture),
- Diffusion des appareils électroménagers efficaces,
- Diffusion des chauffe-eau solaires.

1.1. Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments résidentiels

Il s'agit de l'application stricte de la réglementation thermique qui vient d'être promulguée pour les nouveaux bâtiments résidentiels collectifs. Le scénario suppose aussi que cette réglementation soit complétée pour couvrir les bâtiments résidentiels individuels.

Compte tenu du rythme prévisible de la croissance du parc, le taux de pénétration des logements efficaces serait de l'ordre de 6 % en 2020 et 10 % en 2030, comme le montre le tableau suivant :

	2010	2020	2030
Parc de logements (milliers)	2 671	2 923	3 126
Parc de nouveaux logements efficaces (milliers)	43	169	311
Taux de pénétration	2%	6%	10%

1.2. Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)

La rénovation consiste essentiellement à l'isolation de la toiture dans les bâtiments existants, notamment individuels. Il s'agit donc d'une accélération de la mise en œuvre du programme PROSMOISOL en cours de lancement par l'ANME. Les taux de diffusion de la mesure aux différents horizons sont présentés dans le tableau suivant :

	2010	2020	2030
Taux de rénovation thermique du parc existant	8%	22%	70%

1.3. Elimination progressive des lampes à incandescence du marché

L'Etat tunisien projette d'éliminer progressivement les lampes à incandescence du marché tunisien, en commençant par les plus grandes puissances (150 W et 100 W). L'idée est d'éliminer totalement ce type de lampes à l'horizon 2016.

Nous supposons une montée progressive du taux de diffusion (estimé aujourd'hui à environ 15 %) pour atteindre 100 % au-delà de 2020.

1.4. Diffusion des appareils électroménagers efficaces

L'amélioration des performances énergétiques des équipements électroménagers concerne essentiellement :

- Les réfrigérateurs, dont la réglementation prévoit déjà une élimination progressive des catégories les moins performantes ;
- Les climatiseurs pour lesquels un travail de certification et d'étiquetage est en cours. Cet équipement sera également assujetti à la logique réglementaire d'élimination progressive des appareils les moins performants ;
- Les autres appareils, tels que les lave-linge et lave-vaisselle, etc.

Le scénario prévoit une diffusion progressive de la mesure pour atteindre la généralisation à l'horizon 2025.

Tableau 14 – Taux de diffusion des appareils efficaces

	2010	2020	2030
Taux de diffusion des appareils efficaces	50%	65%	100%

1.5. Diffusion des chauffe-eau solaires

Le programme PROSOL prévoit un rythme de diffusion de 100.000 m² de capteurs à partir de 2009. Le parc installé ainsi que le taux de pénétration du solaire thermique en milieu résidentiel se présentent comme suit :

	2010	2020	2030
Parc installé de CES (1000 m² de capteurs)	450	1 450	2 450
Taux de pénétration (m²/1000 habitants)	43	125	192

2. Impacts énergétiques des mesures

2.1. Gains en énergie finale

Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments

Le tableau suivant présente les résultats des simulations des besoins en chauffage et en climatisation d'un logement type selon les mesures d'efficacité énergétique de l'enveloppe et selon les zones thermiques.

Tableau 15 – Besoins énergétiques moyens pondérés en (kW/h/m²/an)

	Chauffage	Climatisation	Total
Cas de base	57	27	84
Isolation de la toiture	44	22	66
Isolation des murs	45	28	73
Fenêtres DV en bois	54	28	81
Isolation Toiture et Murs	32	23	55
Isolation Toiture Murs et fenêtres	**30**	**20**	**50**

Source : Alcor & Ecothec, 2008

Un bâtiment efficace, au sens prévu par ce scénario, est un bâtiment dont les toitures, les murs et les fenêtres sont bien isolés. Dans ce cas, les gains énergétiques escomptés seront de l'ordre de **34 kWh/m²/an, dont 27 kWh pour le chauffage et 8 kWh pour la climatisation.**

Rénovation thermique des bâtiments (isolation des toitures)

Comme mentionné précédemment, la rénovation thermique consiste à l'isolation des toitures. Ainsi, le gain escompté (voir tableau précédent) serait de l'ordre de 18 kWh/m²/an, dont 13 kWh pour le chauffage et 5 kWh/m² pour la climatisation.

Elimination progressive des lampes à incandescence du marché

En se basant sur le taux d'équipement des ménages en points lumineux, le nombre d'heures d'éclairage et les puissances des lampes utilisées, les gains escomptés de la substitution totale des lampes à incandescence par des lampes basse consommation serait d'environ 210 kWh/an/logement. Ce gain est calculé en se basant sur les statistiques du nombre moyen de points lumineux, puissance et durée moyenne d'utilisation, issues de l'enquête de la STEG de 2004.

Diffusion des appareils électroménagers efficaces

Compte tenu du niveau actuel d'efficacité des appareils utilisés et de celui des appareils efficaces, nous estimons les gains moyens à environ 650 kWh/an/logement, sur la base des consommations des appareils électroménagers utilisés en Tunisie (enquête STEG 2004) et de celles des équipements performants existants actuellement sur le marché européen.

Diffusion des chauffe-eau solaires

Les gains d'énergie conventionnelle sont estimés sur la base de la productivité d'un m² de capteur de chauffe-eau solaire dans le contexte tunisien, soit environ 450 kWh/m²/an.

2.2. Gains en énergie primaire

Le tableau suivant présente la synthèse des gains en énergie primaire des différentes mesures sur l'année et sur leur durée de vie.

	Unité	Par an	Sur la durée de vie
Enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	tep/m²	0,004	0,084
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	tep/m²	0,001	0,011
Rénovation thermique des bâtiments (isolation des toitures)	tep/m²	0,002	0,047
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	tep/m²	0,002	0,033
Diffusion des chauffe-eau solaires	tep/m² de CES	0,039	0,774

3. Impacts environnementaux des mesures

Le calcul des émissions évitées de CO_2 a été effectué en se basant sur les facteurs d'émissions des produits énergétiques, selon l'IPCC et sur le facteur d'émission du secteur électrique tunisien. Pour ce dernier point, on suppose que le mix énergétique pour la production d'électricité reste invariable sur la période.

Mesures	Unité	Valeur
Isolation de l'enveloppe pour les nouveaux bâtiments	$TECO_2/m^2/an$	0,005
Substitution des lampes à incandescence par des LBC	$TECO_2/m^2/an$	0,003
Rénovation thermique des bâtiments (isolation des toitures)	$TECO_2$/logement/an	0,363
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	$TECO_2$/logement/an	0,690
Diffusion des chauffe-eau solaires	$TECO_2/m^2$ capteur/an	0,089

4. Potentiel d'efficacité énergétique et d'atténuation de gaz à effet de serre

4.1. Potentiel d'économie d'énergie finale

En agrégeant les mesures retenues et en tenant compte des hypothèses de diffusion présentées ci-dessus, le potentiel d'économie d'énergie est estimé à environ 1 027 ktep par an à l'horizon 2030, en référence au scénario tendanciel, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 16 – Impact énergétique agrégé des mesures (ktep/an)

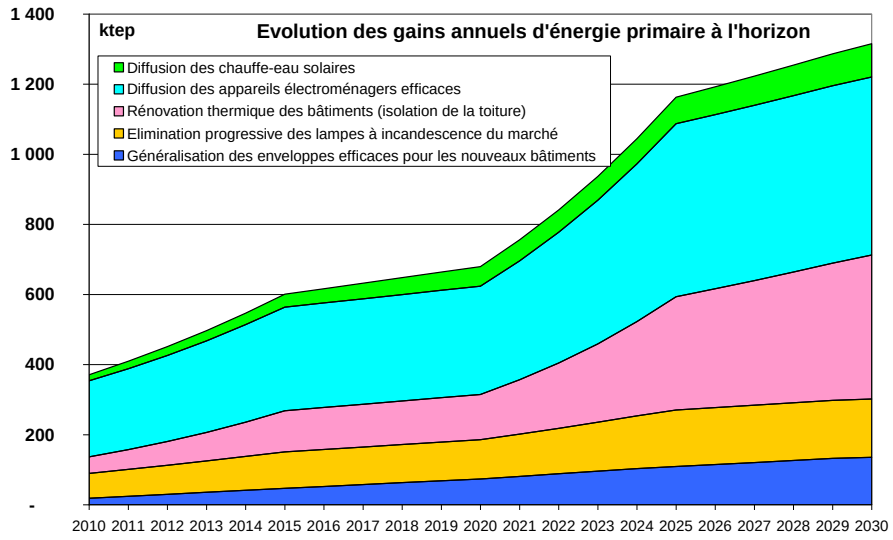
Mesures	2010	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	28	130	247
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	21	34	55
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	26	73	231
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	63	94	167
Diffusion des chauffe-eau solaires	17	56	95
Total	**155**	**387**	**795**

Ainsi le gain à l'horizon 2030 serait d'environ ¼ de la consommation prévue par le scénario tendanciel du secteur.

4.2. Potentiel d'économie d'énergie primaire

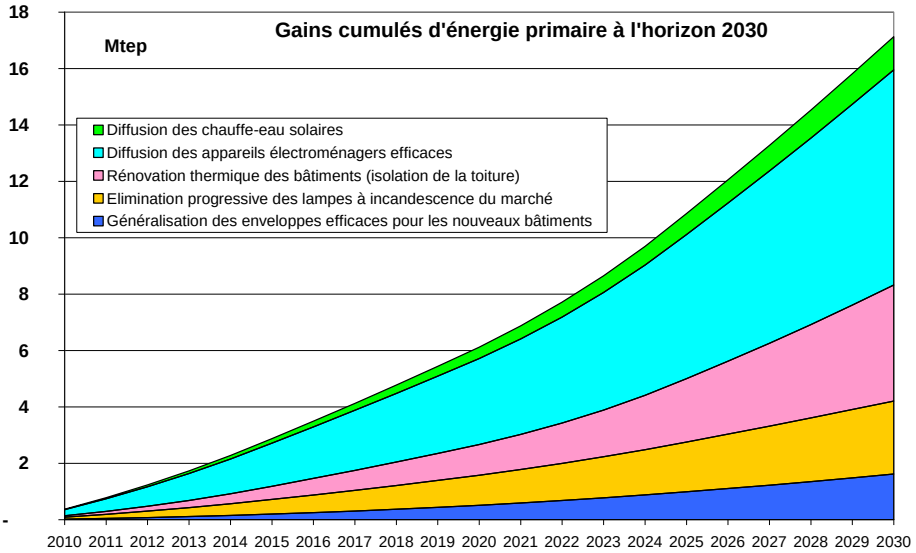
Le graphique suivant présente l'évolution des gains annuels potentiels d'énergie primaire sur la période 2010-2030.

Figure 21 - Evolution des gains annuels d'énergie primaire : scénario de maîtrise de l'énergie



Le graphique suivant présente l'évolution des gains potentiels cumulés d'énergie primaire sur la période 2010-2030.

Figure 22 - Gains cumulés d'énergie primaire : scénario de maîtrise de l'énergie



Comme le montre le tableau suivant, le potentiel d'économies d'énergies cumulées sur la période 2010-2030 serait de l'ordre de 17 Mtep.

Mesures	2010	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	19	511	1 617
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	71	1 064	2 588
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	47	1 090	4 117
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	217	3 047	7 626
Diffusion des chauffe-eau solaires	17	404	1 178
Total	**371**	**6 116**	**17 127**

4.3. Impact environnemental agrégé : potentiel d'atténuation de GES

En conséquence de ce potentiel d'économie d'énergie, le potentiel de réduction des émissions de GES serait de l'ordre de 3 037 kTECO$_2$ par an à l'horizon 2030, comme le montre le tableau suivant :

Mesures	2010	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	41	163	299
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	163	257	382
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	111	304	969
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	499	710	1 168
Diffusion des chauffe-eau solaires	40	129	218
Total	**854**	**1 564**	**3 037**

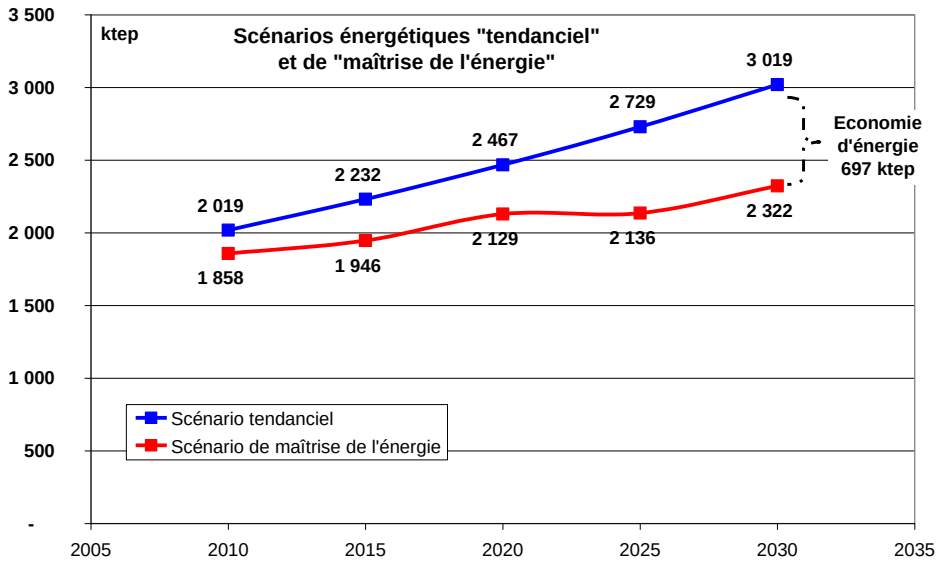
Les émissions évitées cumulées sur la période 2010-2030 seraient de l'ordre de 39 MTECO$_2$.

5. Synthèse des scénarios

5.1. Scénarios énergétiques

Le graphique suivant présente l'évolution de la demande d'énergie finale du secteur des bâtiments résidentiels selon les deux scénarios tendanciel et « maîtrise l'énergie » :

Figure 23 - Evolution de la consommation d'énergie finale selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie »

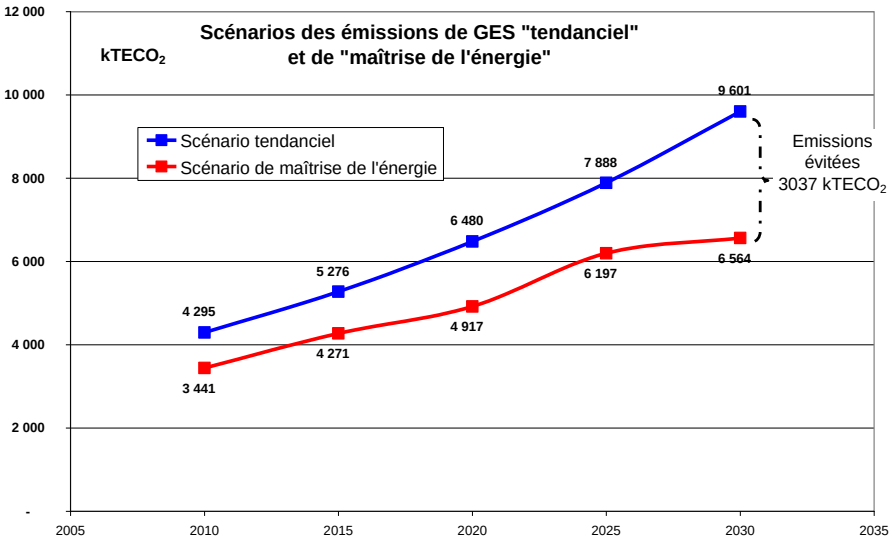


A l'horizon 2030, le scénario de maîtrise de l'énergie permettrait de faire passer la demande en énergie finale de 3 020 ktep à seulement 2 322 ktep, soit un gain annuel d'environ 700 ktep.

5.2. Scénarios d'émissions de GES

En conséquence des scénarios énergétiques, le graphique suivant présente l'évolution des émissions selon les deux scénarios tendanciel et de maîtrise de l'énergie.

Figure 24 - Evolution des émissions de GES selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie »



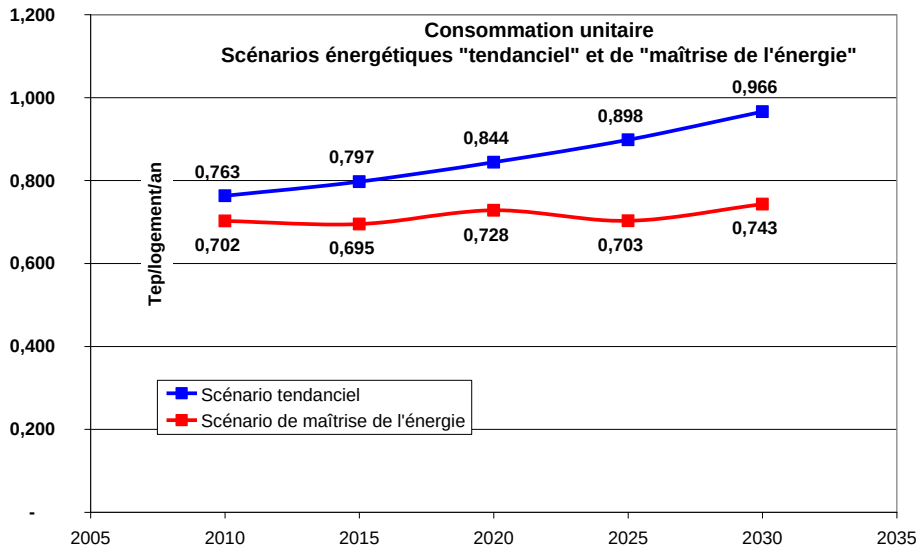
Selon le scénario de maîtrise de l'énergie, les émissions de GES seraient de l'ordre de 6 560 $kTECO_2$ à l'horizon 2030 au lieu des 9 600 $kTECO_2$ prévues par le scénario tendanciel. Les émissions évitées à cet horizon seraient d'environ 3 037 $kTECO_2$.

5.3. Indicateurs

Consommations unitaires

Comme le montre le graphique suivant, le scénario alternatif devrait permettre une baisse importante du ratio de la consommation unitaire par logement. Il atteindrait 0,743 tep/logement en 2030 contre 0,966 dans le cas du scénario tendanciel.

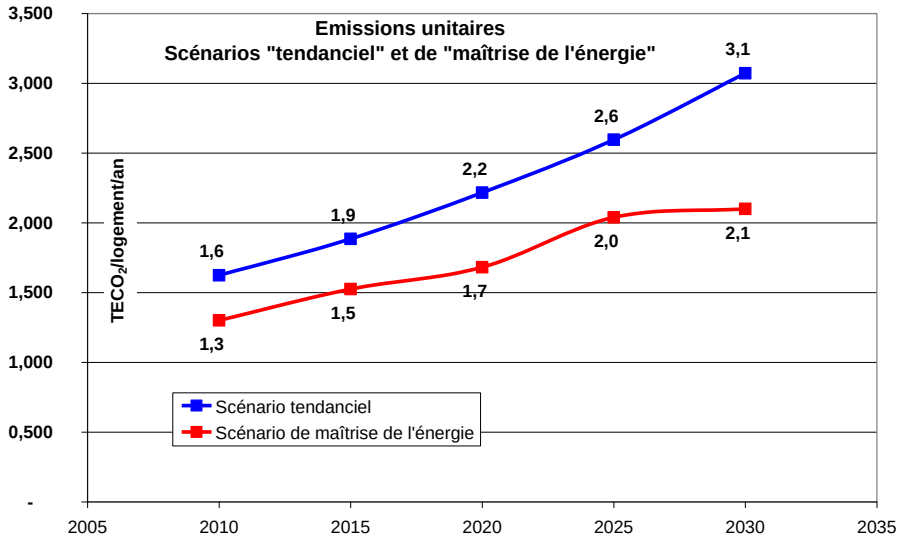
Figure 25 - Evolution de la consommation unitaire par logement selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie »



Emissions unitaires

De la même manière, les émissions unitaires par logement baisseraient de manière considérable en cas d'application des mesures de maîtrise de l'énergie, comme le montre le graphique suivant :

Figure 26 - Evolution des émissions unitaires de GES par logement selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie »



En 2030, les émissions unitaires seraient de l'ordre de 2 $TECO_2$ par ménage, contre 3,1 $TECO_2$ en l'absence de mesures de maîtrise de l'énergie.

6. Impacts socioéconomiques du scénario de maîtrise de l'énergie

6.1. Impacts sur le budget des ménages

Impacts unitaires

Le tableau suivant présente, sur la base des tarifs actuels de l'énergie en Tunisie, les gains annuels sur la facture énergétique du consommateur, générés par chaque type de mesures, pour un logement type.

Mesures	Gain (DT/an)	Gain (€/an)
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	219	115
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	42	22
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	129	68
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	129	68
Diffusion des chauffe-eau solaires	50	26

Ainsi, un logement disposant d'enveloppes thermiquement efficaces, utilisant uniquement des lampes et équipements électroménagers efficaces et équipé en chauffe-eau solaire pourrait gagner jusqu'à 440 DT/an, soit environ 230 €/an.

Agrégation des gains

En agrégeant l'ensemble des mesures selon leur rythme de diffusion, les gains annuels pour la communauté des consommateurs sont présentés par le graphique et le tableau suivants :

Figure 27 - Evolution des gains annuels sur la facture des consommateurs : scénario de « maîtrise de l'énergie »

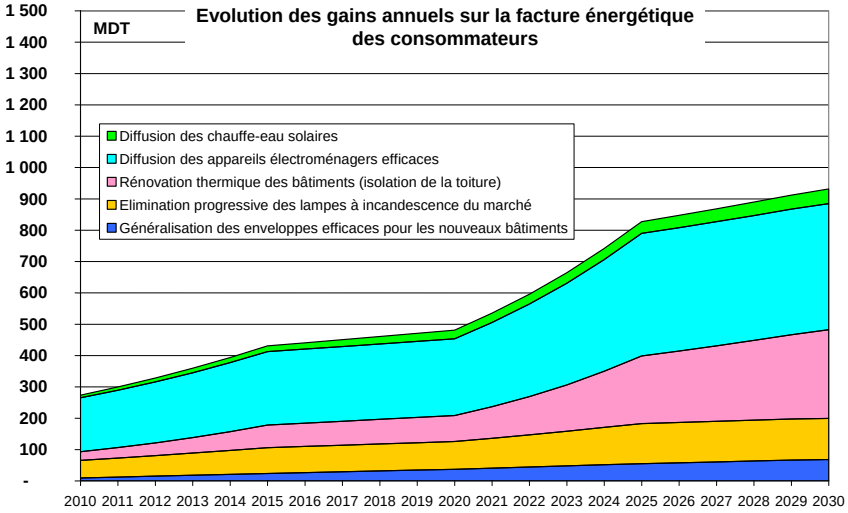


Tableau 17 – Gains annuels sur facture pour la communauté des consommateurs (M€/an)

Mesures	2010	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	5	19	36
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	30	47	69
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	15	44	149
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	90	129	212
Diffusion des chauffe-eau solaires	5	15	25
Total	**144**	**253**	**490**

Ainsi, en 2030, la réduction de facture énergétique des consommateurs (en considérant les tarifs actuels) serait de l'ordre de 490 M€/an.

Les gains cumulés pour la communauté des consommateurs, sur la période 2010-2030, seraient de l'ordre de 6 422 M€, comme le montrent le graphique et le tableau suivants :

Figure 28 - Evolution des gains cumulés sur la facture des consommateurs : scénario de « maîtrise de l'énergie »

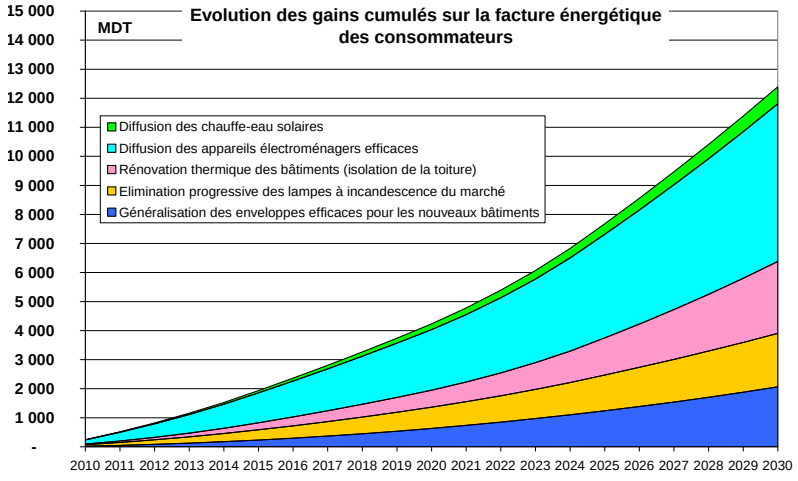


Tableau 18 – Gains cumulés sur facture pour la communauté des consommateurs (M€/an)

Mesures	2010	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	5	135	427
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	30	444	1 079
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	15	356	1 431
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	90	1 270	3 179
Diffusion des chauffe-eau solaires	5	105	307
Total	**144**	**2 310**	**6 422**

Rentabilité pour le consommateur

Compte tenu des gains sur la facture d'énergie et des coûts des mesures, la rentabilité pour le consommateur, exprimée en temps de retour, varie sensiblement selon les types de mesures, comme le montre le graphique suivant :

Mesures	Temps de retour (ans)
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	13,7
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	0,7
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	15,5
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	2,3
Diffusion des chauffe-eau solaires	10,0

Certaines mesures, comme les lampes efficaces ou l'acquisition d'appareils électroménagers efficaces, présentent des temps de retour fort intéressant pour le consommateur final. Leur diffusion à grande échelle devrait se faire sur la base des mécanismes de marché, moyennant des mesures d'accompagnement d'ordre technique et de communication.

Les mesures relatives à l'isolation thermique de bâtiments neufs, l'isolation des toitures ou le chauffe-eau solaire sont moins rentables pour deux raisons essentielles :

- Le subventionnement actuel des prix du gaz naturel et du GPL en Tunisie ;
- Le prix encore relativement élevé des matériaux et travaux, compte tenu du faible développement du marché local et de l'absence d'économie d'échelle (sauf pour les chauffe-eau).

Nous estimons que le développement du marché pourrait faire baisser les coûts d'isolation de 20 % à 25 %. Par ailleurs, si l'on supprime la subvention actuelle du prix du GPL (100 %) et du gaz naturel (40 %), on pourrait atteindre des temps de retour nettement plus intéressants pour le consommateur :

- Chauffe-eau solaire : 5 ans,
- Isolation des enveloppes des bâtiments neufs : 6 ans,
- Isolation des toitures des bâtiments existants : 7 ans.

Ces niveaux de rentabilité deviennent attractifs pour le consommateur final.

Le temps de retour moyen des mesures pour les consommateurs est calculé en divisant l'investissement cumulé sur la période 2010-2030 par le gain annuel moyen sur la facture des consommateurs sur la même période. **Ainsi, le temps de retour moyen est estimé à environ 9,6 ans.**

6.2. Impacts en terme de création d'opportunités d'affaires

La mise en œuvre des mesures préconisées à grande échelle se traduit par la création de nouvelles opportunités d'affaires qu'on pourra approcher à travers l'évaluation du volume d'investissements généré.

Le tableau suivant présente une estimation des coûts d'investissement unitaires pour chaque mesure.

Tableau 19 – Coût unitaire des mesures (DT)

Mesures	Unité	Coût (DT)	Coût (€)
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	DT/m²	30	16
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	DT/logement	30	16
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	DT/m²	20	11
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	DT/logement	300	158
Diffusion des chauffe-eau solaires	DT/m² de CES	500	263

Sur la base de ces coûts, les volumes d'investissements additionnels cumulés sont présentés par le graphique et les tableaux suivants :

Figure 29 - Evolution des investissements cumulés dus aux mesures d'efficacité énergétique : scénario de « maîtrise de l'énergie »

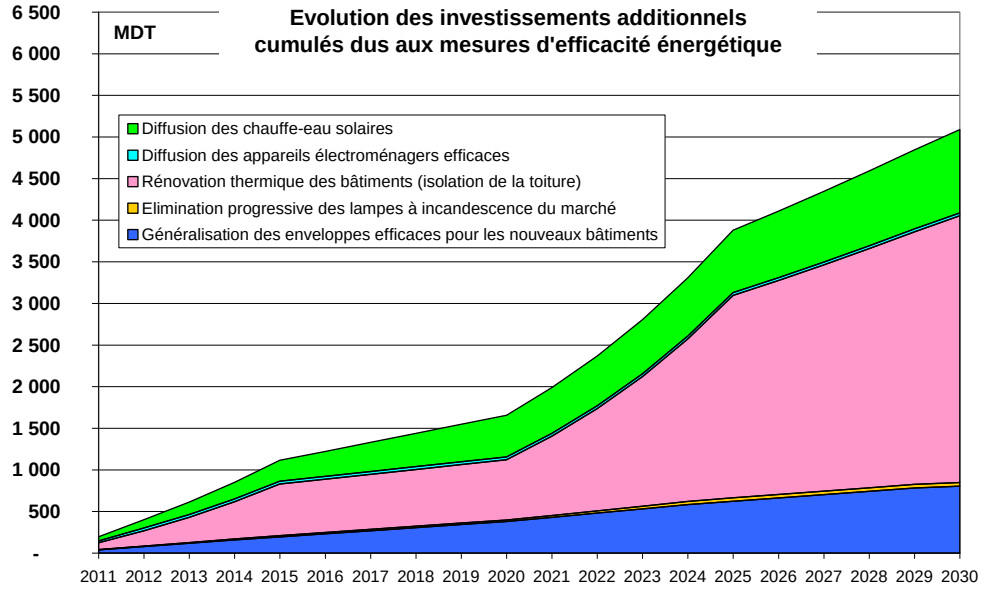


Tableau 20 – Volume d'investissements additionnels cumulés (MDT)

Mesures	2011	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	39	379	805
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	3	18	43
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	83	724	3 206
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	22	34	34
Diffusion des chauffe-eau solaires	50	500	1 000
Total	**196**	**1 655**	**5 088**

Tableau 21 – Volume d'investissements additionnels cumulés (M€)

Mesures	2011	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	20	200	424
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	1	10	23
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	44	381	1 687
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	11	18	18
Diffusion des chauffe-eau solaires	26	263	526
Total	**103**	**871**	**2 678**

6.3. Impacts en termes de création d'emploi

Le tableau suivant présente les hypothèses de créations d'emplois générées par chaque mesure, par unité ciblée (logement et m² de chauffe-eau), exprimées en homme-jours de travail.

Tableau 22 – Emploi unitaire (h.j/unité)

Mesures	Unité	Emploi
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	hj/logement	35
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché		
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	hj/logement	6
Diffusion des appareils électroménagers efficaces		
Diffusion des chauffe-eau solaires	hj/m² de CES	8

En appliquant ces hypothèses et en tenant compte du rythme de diffusion des mesures, on peut évaluer le nombre d'emplois additionnels créés dans le cas du scénario de maîtrise de l'énergie à environ 6 900 emplois à l'horizon 2030, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 23 – Création d'emplois directs (unités)

Mesures	2010	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	1 900	1 800	1 200
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	-	-	-
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	700	300	2 200
Diffusion des appareils électroménagers efficaces			
Diffusion des chauffe-eau solaires	3 500	3 500	3 500
Total	**6 100**	**5 600**	**6 900**

6.4. Puissances électriques évitées

A l'horizon 2030, la puissance électrique évitée serait de l'ordre de 1 650 MWe, comme le montrent le graphique et le tableau suivants :

Figure 30 - Puissance électrique évitée grâce aux mesures d'efficacité énergétique : scénario de « maîtrise de l'énergie »

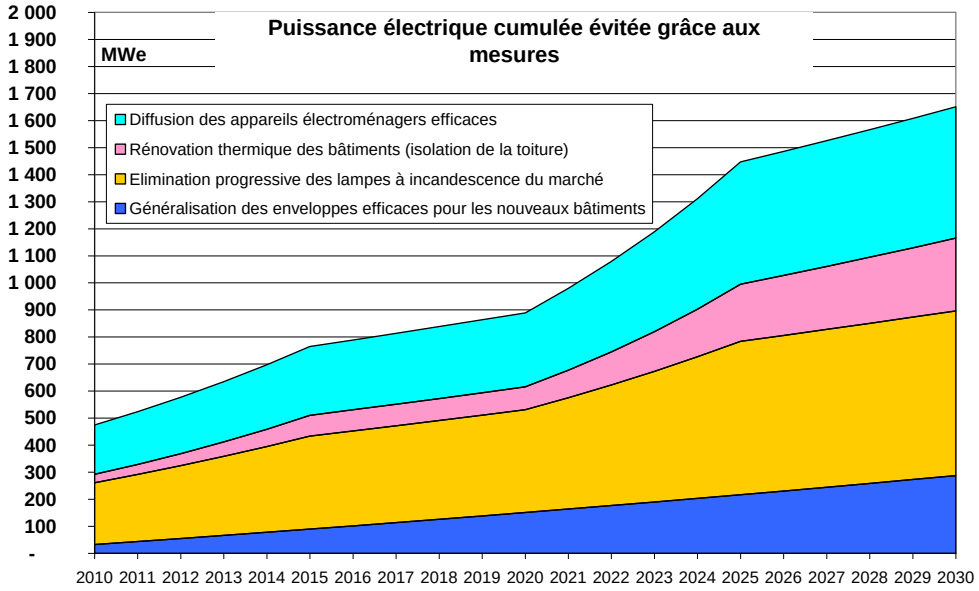


Tableau 24 – Puissances électriques cumulées évitées (MWe)

Mesures	2010	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	15	58	107
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	272	429	637
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	37	102	324
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	217	309	508
Diffusion des chauffe-eau solaires	-	-	-
Total	**541**	**897**	**1 575**

Cette capacité évitée correspond à un investissement de l'ordre de 1 000 M€, sur la base d'une hypothèse de 0,6 M€ par MW de centrales conventionnelles.

6.5. Exemple de programmes d'envergure

A titre d'exemple, le tableau suivant présente les impacts socio-économiques du programme PROMOISOL relatif à l'isolation thermique des toitures des maisons existantes, que l'ANME est en train de monter.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Nombre de logements	3 000	7 000	10 000	15 000	20 000	25 000	30 000
Investissements (MDT)	6	14	20	30	40	50	60
Création d'emplois	**86**	**201**	**288**	**431**	**575**	**719**	**863**
Ouvriers et agents de maîtrise	78	182	260	390	520	650	780
Cadres	8	19	28	41	55	69	83

VI. Analyse coûts / bénéfices de l'action

1. Coût de l'action

1.1. Coûts additionnels sur la construction

Pour un logement de moyen de 100 m² de surface, le coût des mesures d'isolation de l'enveloppe du bâtiment (toiture, murs et fenêtres) se traduit par un surcoût de l'ordre de 3 000 DT, soit 1 600 €. Dans le cas des constructions de haut standing cela représente un surcoût de l'ordre de 2 à 3 % du coût de la construction.

Dans le cas des bâtiments de catégorie économique, le surcoût représente environ 5 à 6 % du coût de la construction.

Ces surcoûts peuvent être résorbés par le marché de la construction à condition d'adapter les outils de financement actuels (montant des crédits, taux d'intérêt, etc.).

1.2. Evaluation du coût de la tep économisée

En se basant sur les économies d'énergie primaire des mesures et sur leur durée de vie (voir plus haut), le tableau suivant présente le coût moyen de la tep d'énergie primaire économisée pour chaque type de mesure.

Tableau 25 – Coût de la tep primaire économisée sur la durée de vie des mesures

Mesures	DT/tep	€/tep
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	179	94
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	56	30
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	215	113
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	185	97
Diffusion des chauffe-eau solaires	646	340

Comme on peut le constater, ces coûts restent largement inférieurs au prix actuel de la tep sur le marché international, estimé actuellement entre 350 et 400 €. Il s'ensuit un gain clair pour la collectivité.

Si l'on considère les investissements cumulés relatifs aux mesures diffusées et les économies cumulées d'énergie primaire sur la période 2010-2030, **le coût moyen de la tep économisée serait d'environ 156 €/tep[4].**

1.3. Evaluation du coût de la tonne de CO_2 évitée

En conséquence, les coûts de la tonne de CO_2 évitée varieraient de 13 à 148 €/tonne selon les mesures, comme le montre le tableau suivant :

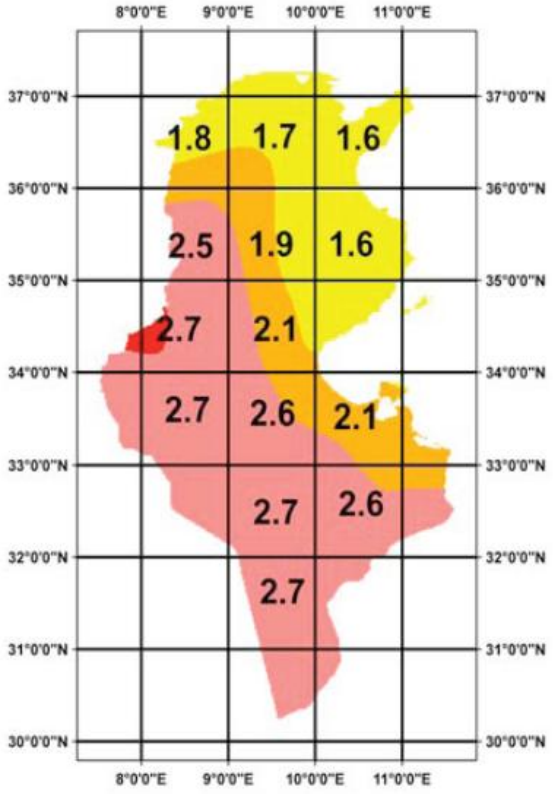
Tableau 26 – Coût de la $TECO_2$ évitée sur la durée de vie des mesures

Mesures	DT/TECO2	€/TECO2
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	78	41
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	25	13
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	93	49
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	80	42
Diffusion des chauffe-eau solaires	281	148

[4] Economies cumulées de 17 892 ktep, pour un montant d'investissements cumulés de 3 137 M€.

2. Coût de la non action : effets attendus des changements climatiques

2.1. Définition des hypothèses de changements climatiques au niveau du pays



Les travaux de prévision de l'IPCC montrent que le climat dans l'Arc méditerranéen tend à évoluer aux horizons 2030 et 2050 vers une augmentation de la température, une baisse du volume des précipitations, mais surtout une accentuation de la **variabilité du climat régional**.

La Tunisie n'échappera pas à ces phénomènes. Les modèles de simulation du climat à l'échelle du pays prévoient une augmentation moyenne annuelle de la température sur l'ensemble du pays de +1,1 °C à l'horizon 2030 et +2,1 °C à l'horizon 2050.

L'amplitude de cette augmentation varierait d'une zone à une autre, de 1,6°C à 2.7 C (Sud).

Pour la suite de l'analyse, on considérera une augmentation moyenne de 2°C en été et 1°C en hiver, à l'horizon 2030.

2.2. Evaluation de la consommation d'énergie additionnelle liée aux changements climatiques

Dans le contexte tunisien, les simulations thermiques montrent qu'une augmentation de la température moyenne de 1°C augmenterait les besoins de climatisation des bâtiments de 7 % en été et réduirait de 3 % les besoins en chauffage pendant l'hiver.

Ainsi, les changements climatiques pourraient se traduire par une augmentation de 14 % des besoins actuels en climatisation et une réduction de 3 % de besoins en chauffage. Les deux graphiques suivants présentent les prévisions des besoins spécifiques en climatisation et en chauffage, selon les zones thermiques, dans le cas d'une augmentation de température consécutive aux changements climatiques :

Figure 31 - Effet des changements climatiques sur les besoins en climatisation en Tunisie

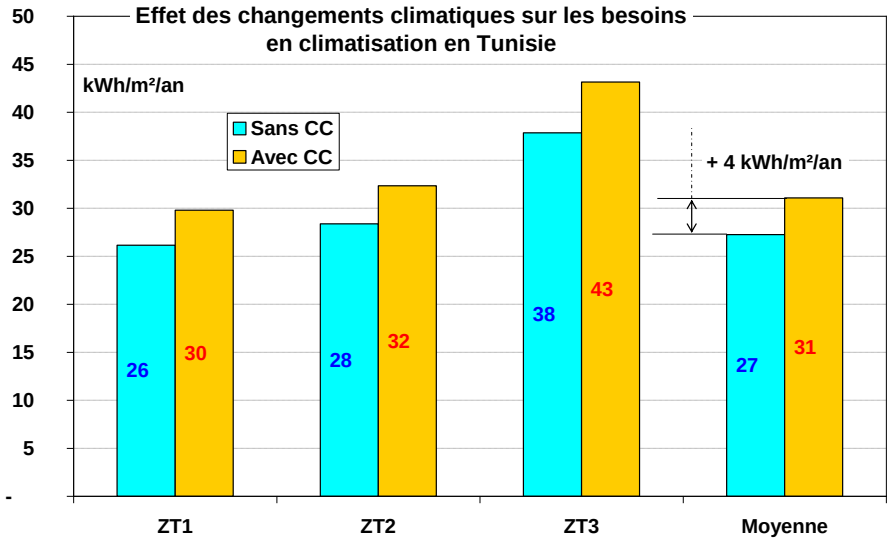
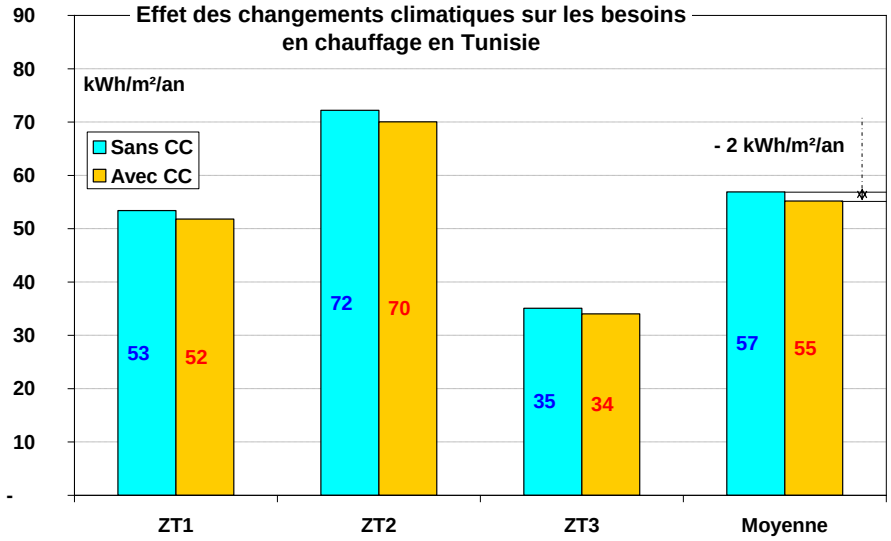


Figure 32 - Effet des changements climatiques sur les besoins en chauffage en Tunisie



En moyenne, on pourrait prévoir une hausse des besoins en climatisation de 4 kWh/m²/an et une baisse des besoins en chauffage de -2 kWh/m²/an.

En tenant compte du rythme d'accroissement du parc, la consommation additionnelle d'énergie primaire due à l'augmentation de la température suite aux changements climatiques serait de l'ordre de 259 ktep à l'horizon 2030, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 27 - Bilan des besoins énergétiques additionnels générés par les CC en 2030

	Energie final (GWh)	Energie primaire (ktep)
Besoins additionnels en climatisation	1 250	313
Besoins additionnels en chauffage	- 625	- 54
Bilan	**625**	**259**

Les gains en chauffage seront largement compensés par l'augmentation des besoins en climatisation.

Cette demande incrémentale en climatisation se traduirait par un besoin additionnel en capacité de production électrique estimé à environ 500 MW en 2030.

2.3. Evaluation de l'augmentation de la facture énergétique

L'augmentation de la consommation d'énergie suite aux changements climatiques aura des impacts sur la facture énergétique annuelle des consommateurs, que nous estimons comme suit, à l'horizon 2030 :

Tableau 28 - Impact des changements climatiques sur la facture d'énergie des consommateurs en 2030

	Energie final (MDT)	Energie final (M€)
Augmentation de la facture de climatisation	248	130
Baisse de la facture de chauffage	- 16	- 9
Bilan	**231**	**122**

Ainsi en 2030, si l'on garde les mêmes tarifs d'électricité et de gaz qu'aujourd'hui[5], la facture annuelle des consommateurs augmenterait d'environ 122 M€.

2.4. Coût de la non action pour la collectivité

Le coût pour la collectivité comprend deux composantes :

- Le coût de l'énergie primaire additionnelle due au réchauffement du climat, qui dépend directement du prix du pétrole sur le marché international ;
- Le coût des investissements nécessaires pour faire face aux besoins additionnels en capacités électriques.

Le tableau suivant présente ces coûts pour trois scénarios de prix du baril de pétrole sur le marché international.

Tableau 29 – Coût de la non action pour la collectivité en 2030 (M€)

	Baril à $60	Baril à $120	Baril à $180
Coût de l'énergie additionnelle	80	160	240
Investissement dans la construction de capacités électriques additionnell	300	300	300
Bilan total	**380**	**460**	**540**

Ainsi, le coût total moyen de la tep additionnelle due aux changements climatiques varierait selon le prix du baril, comme suit [6]:

Tableau 30 – Coût moyen de la tep additionnelle (€)

	Baril à $60	Baril à $120	Baril à $180
Coût moyen de la tep	**338**	**646**	**955**

Ces coûts sont à comparer au coût de la tep économisée grâce à la diffusion massive des mesures d'efficacité énergétique, soit environ 156 €/tep (voir plus haut).

[5] Ce qui est hypothétique.
[6] Nous considérons un amortissement des centrales sur 40 ans.

VII. Mesures d'accompagnement pour le développement d'un scénario de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments

1. Moyens et outils de financement

1.1. Evaluation des besoins en financement

Comme mentionné auparavant, les besoins en investissements additionnels nécessaires à la mise en œuvre du scénario de « maîtrise de l'énergie » sont estimés à environ 103 M€ en 2011, 871 M€ cumulés sur la période 2010-2020 et 2 678 M€ cumulés sur la période 2010-2030, comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 31 – Volume d'investissements additionnels cumulés (M€)

Mesures	2011	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	20	200	424
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	1	10	23
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	44	381	1 687
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	11	18	18
Diffusion des chauffe-eau solaires	26	263	526
Total	**103**	**871**	**2 678**

Les mesures rentables pour le consommateur final et qui ne présentent pas de barrières importantes à l'investissement peuvent être financées en totalité par le consommateur. Il s'agit plus particulièrement des mesures suivantes :

- La substitution des lampes à incandescence par des lampes efficaces,
- L'acquisition d'appareils électroménagers performants.

Pour les mesures dont la rentabilité n'est pas attractive pour le consommateur final, en l'occurrence l'achat de chauffe-eau solaires, la rénovation thermique des bâtiments et l'isolation de l'enveloppe des bâtiments neufs, le schéma de financement devrait impliquer l'Etat, le consommateur et le secteur bancaire :

- La contribution de l'Etat, sous forme d'une subvention à l'investissement, aurait pour objectif d'améliorer la rentabilité des mesures afin de les rendre attractives pour le consommateur final. Dans le contexte des tarifs actuels de l'énergie en Tunisie et dans une perspective de baisse des coûts des mesures du fait d'une diffusion à grande échelle, la contribution de l'Etat qui permettrait de rendre ces mesures rentables pour le consommateur devrait se situer autour de 20 % du coût de l'investissement.
- La contribution du consommateur devrait être fixée à un niveau qui ne constitue pas une barrière à l'investissement pour ce dernier. On pourrait considérer l'hypothèse d'une contribution moyenne du consommateur de 20 %.
- L'apport du secteur bancaire aurait pour objet de financer, sous forme d'octroi d'un crédit, le reliquat entre le montant total de l'investissement, d'une part, et les parts du consommateur et de l'Etat, d'autre part, soit 60 % de l'investissement.

Selon ces considérations, le schéma de financement des investissements du scénario de « maîtrise de l'énergie » serait le suivant :

Tableau 32 – Schéma de financement des investissements du scénario de maîtrise de l'énergie (M€)

Mesures	Coût cumulé (2010-2030)	Consommateur	Etat	Crédits bancaires
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments	424	85	85	254
Elimination progressive des lampes à incandescence du marché	23	23		-
Rénovation thermique des bâtiments (isolation de la toiture)	1 687	337	337	1 012
Diffusion des appareils électroménagers efficaces	18	18		-
Diffusion des chauffe-eau solaires	526	105	105	316
Total	**2 678**	**568**	**527**	**1 582**

En synthèse, la contribution active du secteur bancaire est cruciale pour la réalisation du scénario. Ce dernier doit mobiliser environ 1 582 M€ sur la période 2010-2030. Dans le cas où l'Etat maintiendrait le

niveau actuel de subventionnement des tarifs des énergies conventionnelles, il faudrait prévoir une contribution des finances publiques au financement de la mise en œuvre du scénario à hauteur de 527 M€. La contribution des consommateurs se situerait autour de 568 M€ sur la période 2010-2030.

1.2. Identification des sources de financement

Actuellement, des bailleurs de fonds, notamment bilatéraux, sont fortement intéressés par l'appui financier à de larges programmes de développement de l'efficacité énergétique dans les bâtiments. Parmi ces bailleurs, on notera en particulier l'Agence française de développement et la coopération allemande.

L'intervention de tels bailleurs serait essentiellement sous deux formes :

- Des lignes de crédits spécifiques qui viendraient alimenter les banques de la place pour octroyer des crédits aux consommateurs et aux opérateurs à des conditions favorables pour financer les mesures préconisées ;
- Des dons pour financer des mesures d'accompagnement à la mise en œuvre des programmes de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments (renforcement de capacités des acteurs, communication, mise en place de labels de performance et de normes techniques, etc.).

En ce qui concerne la contribution de l'Etat, elle devrait provenir du Fonds National de Maîtrise de l'Energie (FNME). Toutefois, les montants collectés par ce fonds, alimenté par des taxes sur la première immatriculation des voitures, ne pourront pas couvrir la totalité de la contribution de l'Etat. L'assiette de prélèvement alimentant ce fonds devrait être revue afin d'augmenter les montants collectés (taxe sur la consommation d'énergies conventionnelles, etc.).

1.3. Mécanismes de financement

La diffusion à grande échelle des mesures d'efficacité énergétique dans les bâtiments se heurte à deux contraintes économiques majeures :

- Une rentabilité parfois peu attractive pour le consommateur final, ce qui ne l'incite pas à entreprendre de telles mesures ;
- Une barrière à l'investissement initial, qui dépasse parfois la capacité financière d'une large proportion des ménages.

Pour pallier ces contraintes, il convient de mettre en place des mécanismes de financement spécifiques combinant de manière optimale subvention publique à l'investissement et crédits bancaires à des conditions acceptables :

- Le niveau de la subvention d'investissement doit être défini dans une logique gagnant - gagnant entre le consommateur et l'Etat. Cette subvention vise à réduire le temps de retour pour le consommateur final tout en permettant un gain significatif pour l'Etat en matière de subventions accordées à l'énergie conventionnelle substituée ;
- Le crédit vise à supprimer la barrière initiale à l'investissement pour le consommateur final. Ses conditions doivent être bien adaptées aux caractéristiques socio-économiques de la cible, notamment en termes de durée, afin de rester en cohérence avec les capacités de remboursement des ménages. Le système de crédit doit être organisé selon un mécanisme simple et efficace de distribution et de recouvrement impliquant le secteur bancaire et les opérateurs du marché.

Enfin, un système de contrôle de qualité en amont et en aval doit être mis en place pour rassurer le consommateur final par rapport à des technologies qu'il ne connaît pas.

1.4. Mécanisme pour un développement propre

Il nous semble important d'inscrire certaines composantes de ce programme en tant que projet de Mécanisme pour un Développement Propre (MDP), selon la nouvelle approche programmatique du

programme PROSOL. Les revenus du MDP générés peuvent être recyclés dans le mécanisme proposé afin de le renforcer (communication, formation, etc.).

2. Mesures réglementaires et normatives

Sur le plan réglementaire, les mesures d'accompagnement recommandées sont les suivantes :

- Entreprendre les aménagements réglementaires nécessaires en vue de rendre l'isolation thermique des toitures éligibles à la subvention du FNME, au même titre que le chauffe-eau solaire. L'octroi de cette subvention est une condition indispensable à la mobilisation du marché de l'isolation thermique dans les bâtiments existants ;
- Mettre en place un label thermique pour les nouveaux bâtiments ainsi que les procédures de sa mise en œuvre effective ;
- Renforcer progressivement la réglementation thermique actuelle par un durcissement graduel des exigences minimales de performance thermique des nouveaux bâtiments ;
- Renforcer l'évolution de la réglementation actuelle en matière de certification et de labellisation des appareils électroménagers, notamment les réfrigérateurs, les climatiseurs et les machines à laver ;
- Accélérer le processus d'élimination des lampes à incandescence du marché en promulguant et en mettant en œuvre les textes juridiques nécessaires à cette mesure.

3. Communication et sensibilisation

Il s'agit particulièrement des mesures suivantes :

- Informer et sensibiliser les décideurs politiques aux enjeux liés à l'efficacité énergétique dans les bâtiments et aux coûts/avantages d'une stratégie à faible consommation d'énergie dans ce secteur, en mettant l'accent sur les coûts de la « non-action », en comparaison avec les coûts de l'action ;
- Sensibiliser et mobiliser les banques afin qu'elles soient plus actives dans le financement des mesures d'efficacité énergétique dans les bâtiments et les associer étroitement, dès le départ, aux efforts de mise en place des mécanismes de financement retenus ;
- Concevoir et mettre en place un programme de communication et de sensibilisation pour la promotion massive du mécanisme tout en associant les autres acteurs et notamment les banques partenaires.

4. Renforcement de capacités et soutien à la filière

Les mesures d'accompagnement dans ce domaine sont essentiellement les suivantes :

- Elaborer et mettre en place un programme de formation et de renforcement de capacités des acteurs des filières concernées. Le maillon de la chaine le plus faible, qui doit être ciblé de manière spécifique, est le réseau des petites entreprises de mise en œuvre (travaux d'isolation, installation de chauffe-eau, etc.). Le programme de renforcement de capacités doit avoir comme objectifs :
  - d'identifier les entreprises existantes et les renforcer ;
  - de faire émerger de nouveaux opérateurs afin d'élargir le réseau et s'approcher ainsi davantage de la cible finale.
- Mettre en place une démarche qualité en instaurant un système fiable d'agrément des produits et des opérateurs des filières concernées ;
- Mettre en place, dès le départ, un système de suivi et évaluation du mécanisme sur la base d'indicateurs initialement établis et bien réfléchis. Ce système d'évaluation permettra de tirer les enseignements nécessaires pour la phase de changement d'échelle et l'amélioration future du mécanisme.

VIII. Conclusions

A l'issue de cette analyse, les principales conclusions sont les suivantes :

1) Le secteur des bâtiments constitue un enjeu énergétique important pour la Tunisie et plus largement pour les pays en développement. Le scénario tendanciel montre en effet une forte augmentation prévisible de la consommation de ce secteur sous le double effet de la croissance du parc de logements et de l'augmentation de la consommation unitaire des ménages du fait de l'amélioration des conditions de vie de la population.
2) Les simulations des modèles climatiques montrent que les changements climatiques pourraient se traduire en Tunisie par une augmentation moyenne de la température de l'ordre de 2°C en été (allant selon les régions de 1,6°C à 2,7°C) et de 1°C en hiver. Ainsi, l'efficacité énergétique dans les bâtiments devrait être considérée aussi bien sous l'angle de l'atténuation des GES que de celui de l'adaptation aux effets des changements climatiques.
3) Les effets d'une telle augmentation de la température sur la consommation d'énergie du secteur des bâtiments peuvent être très importants. Les simulations montrent que les besoins additionnels en énergie finale dus aux changements climatiques seraient de l'ordre de 259 ktep par an à l'horizon 2030. La demande incrémentale en climatisation se traduirait par un besoin additionnel en capacité de production électrique estimé à environ 500 MW en 2030.
4) Le coût de la « non action », soit les dépenses liées à cette demande additionnelle en énergie, doit être analysé pour les différentes parties prenantes : collectivité, communauté des consommateurs et Etat.
5) Pour la communauté des consommateurs, l'impact sur la facture énergétique annuelle s'élèverait à en environ 122 M€ par an à l'horizon 2030, en considérant les tarifs actuels de l'énergie en Tunisie.
6) Pour la collectivité, le coût de la « non-action » correspond d'une part au coût d'approvisionnement en énergie primaire additionnelle (qui dépend directement du prix du pétrole sur le marché international) et, d'autre part, du coût des investissements nécessaires pour faire face aux besoins additionnels en capacités électriques. Pour un baril de pétrole de 120 $, le coût d'approvisionnement en énergie primaire peut être estimé à environ 160 M€ par an à l'horizon 2030. Les investissements en capacités additionnelles sont estimés à environ 300 M€.
7) Si l'on considère un amortissement des centrales électriques sur 40 ans, le coût de la tep d'énergie primaire additionnelle due aux changements climatiques serait de l'ordre de 646 € par tep pour un baril à 120 $. Ce coût devra être comparé au coût de la tep économisée en cas de l'adoption d'un scénario de maîtrise de l'énergie.
8) Le scénario de maîtrise de l'énergie repose sur la diffusion à grande échelle des mesures d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables dans les bâtiments. Plusieurs mesures techniques sont aujourd'hui disponibles pour améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments. Ces techniques sont à des stades de maturité technologique et économique différenciés et leur efficacité dépend également des conditions de leurs utilisations (données climatiques, usage des bâtiments, orientation, etc.). Ainsi, le mix des mesures d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables doit être choisi dans une logique d'optimisation économique. En d'autres termes, il faudra choisir la combinaison qui offre le coût de la tep économisée le plus bas tout en s'assurant que l'environnement local, en termes de compétences techniques et de capacités de mise en œuvre leur soit favorable.
9) Dans le cas de la Tunisie, les mesures choisies sont focalisées sur :
   - L'amélioration de l'efficacité de l'enveloppe pour les nouveaux bâtiments,
   - La rénovation thermique des bâtiments (isolation des toitures),
   - L'élimination progressive des lampes à incandescence du marché,
   - La diffusion des appareils électroménagers efficaces,
   - La diffusion des chauffe-eau solaires.
10) A l'horizon 2030, le scénario de maîtrise de l'énergie permettrait de faire passer la demande en énergie finale de 3 020 ktep à seulement 2 322 ktep, soit un gain annuel d'environ 697 ktep par rapport au

scénario tendanciel, ce qui représente près du quart de la consommation prévue par ce scénario en 2030.

11) Le scénario de maîtrise de l'énergie permettrait par ailleurs d'éviter la construction d'une capacité additionnelle cumulée de l'ordre de 1 575 MWe à l'horizon 2030, ce qui correspond à des investissements de l'ordre de 1 000 M€.

12) En termes d'emplois, la mise en œuvre de ce scénario permettrait la création d'environ 6 900 emplois additionnels à l'horizon 2030 dans les filières développées dans ce cadre.

13) Les investissements cumulés sur la période 2010-2030, nécessaires pour mettre en œuvre ce scénario, sont estimés à près de 2 680 M€.

14) Selon le même scénario de maîtrise de l'énergie, les émissions de GES seraient de l'ordre de 6 564 $kTECO_2$ à l'horizon 2030, contre 9 600 $kTECO_2$ prévues par le scénario tendanciel, soit des émissions évitées d'environ 3 036 $kTECO_2$.

15) Ainsi, le coût de l'action, exprimé en coût de la tep économisée, est de l'ordre de 156 €/tep, à comparer au coût de la non action, soit 646 €/tep à un prix international du baril de pétrole de 120 $. Le coût de la $TECO_2$ évitée serait dans ces conditions de l'ordre de 68 €/$TECO_2$.

16) Toutefois, quelques barrières d'ordre économique, technique et organisationnel bloquent aujourd'hui le développement à grande échelle du marché de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables dans le secteur des bâtiments.

17) Sur le plan économique, les contraintes se résument essentiellement à la faible rentabilité des certaines mesures d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables pour le consommateur final dans un contexte de subventionnement public des tarifs de l'énergie conventionnelle. Par ailleurs, même dans le cas où la mesure est attractive pour le consommateur final, l'importance de l'investissement initial, par rapport aux capacités financières des ménages, pourrait constituer une barrière à la décision d'investissement.

18) Sur le plan technique et organisationnel, les barrières résident essentiellement dans le manque de communication envers les consommateurs potentiels qui restent aujourd'hui peu sensibilisés et peu informés des mesures d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables. A cela s'ajoute l'absence d'une offre structurée et efficace capable de porter le développement du marché de ces mesures, mis à part pour le secteur du chauffe-eau solaire.

19) Pour pallier aux contraintes économiques, il convient de mettre en place des mécanismes de financement spécifiques combinant de manière optimale subventions publiques à l'investissement et crédits bancaires à des conditions acceptables pour le consommateur final, dans une optique d'un développement gagnant-gagnant entre les acteurs.

20) La contribution active du secteur bancaire est cruciale pour le financement du scénario de maîtrise de l'énergie. Ce dernier doit mobiliser environ 1 860 M€ sur la période 2010-2030. Dans le cas où l'Etat maintiendrait le niveau actuel de subventionnement des tarifs des énergies conventionnelles, il faudrait prévoir une contribution des finances publiques au financement de la mise en œuvre du scénario à hauteur de 620 M€, sous forme de subventions à l"investissement. Enfin, la contribution des consommateurs se situerait autour de 655 M€ sur la période 2010-2030.

21) Enfin, le Mécanisme pour un Développement Propre devrait permettre de drainer des revenus additionnels liés à la valorisation des émissions de GES évitées. Ces revenus pourraient être utilisés pour financer en partie les mesures d'accompagnement nécessaires au développement de filières pérennes d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables.

Références

Documents ANME

Programme quadriennal de maîtrise de l'énergie 2008-2011, ANME, avril 2009.

Maîtrise de l'énergie en Tunisie, Chiffres clés, ANME, avril 2009.

Guide sur le Mécanisme pour un Développement Propre dans le secteur de l'énergie en Tunisie, Task Force MDP, Ministère de l'Energie et de l'Industrie, mars 2009.

« Maîtrise de l'énergie en Tunisie à l'horizon 2030 », ANME, avril 2006.

Livret « Maîtrise de l'énergie, loi et textes réglementaire, ANME, mars 2009

Livret « Le fonds National de Maîtrise de l'Energie », ANME, avril 2008.

Documents d'études

Etude de l'évolution des prix du chauffe-eau solaire en Tunisie et ses déterminants, Rafik MISSAOUI (ALCOR), mars 2009.

Mise en place d'un mécanisme financier pour la promotion de la réglementation et la rénovation thermiques des bâtiments, Rafik Missaoui (Alcor), septembre 2008.

« Proposition d'un mécanisme de financement encourageant l'efficacité énergétique dans le bâtiment neuf », Samir AMOUS, avril 2007.

« Identification d'un mécanisme de financement pour la rénovation thermique et énergétique de l'habitat existant en Tunisie », Bernard LAPONCHE et collaborateurs, décembre 2006.

« Evaluation qualitative du projet de réglementation thermique et énergétique des bâtiments neufs en Tunisie », MCM, juin 2006.

« Manuel de procédures relatif au projet de mise en place d'une réglementation thermique et énergétique des bâtiments neufs », ANER, février 2002.

« Appui à l'AME par la définition et le montage d'un programme d'efficacité énergétique dans la construction », étude de faisabilité du projet, Gilles OLIVE, Christine PARNIERE et Michel TITECAT, août 1997.

« Rapport d'efficacité énergétique dans la construction en Tunisie », rapport d'évaluation au conseil du FFEM, avril 1998.

« Préparation d'une réglementation pour l'amélioration du confort et la maîtrise de l'énergie dans les bâtiments des pays du Maghreb »- Actes du Séminaire tenu à Tunis le 6/11/92.

« Lecture bioclimatique de l'architecture régionale tunisienne - région du Sud-ouest»- Amara GHRAB avec la collaboration de Nadia GHRAB-MORCOS, mai 1993.

« Etude du comportement thermique de l'habitat et mise en place d'une réglementation dans les pays du Maghreb », Nadia GHRAB-MORCOS, juin 93.

« Le confort thermique dans les bâtiments tunisiens : résultats d'une enquête », Chiheb BOUDEN et Nadia GHRAB-MORCOS, octobre 99.

« Caractéristiques pour un bâtiment méditerranéen »- version Maghreb-ENERGY- 1999

« Développement d'un outil simplifié pour le calcul des indicateurs liés à l'exigence réglementaire (dans le cadre du projet RTMB) »- Nadia GHRAB-MORCOS, septembre 2001.

« Règles de calcul des coefficients des besoins de chauffage et de climatisation des logements »- Nadia GHRAB-MORCOS, novembre 2003.

« Elaboration d'un label à haute performance thermique et énergétique des bâtiments neufs dans le secteur résidentiel- Projet FFEM »- Rapport de fin de contrat, groupement GHRAB, janvier 2004.

« Zonage climatique de la Tunisie »- Nadia GHRAB-MORCOS, édition mai 2004

« Logements économes en énergie- Guide pratique de conception et recommandations » - Nadia GHRAB-MORCOS

« Initiation à la réglementation thermique et énergétique tunisienne des bâtiments neufs »- Nadia GHRAB-MORCOS, novembre 2004.

« Elaboration d'un Label à Haute Performance Energétique des bâtiments pour le Secteur Tertiaire- Manuel pour les bâtiments à usage de bureaux- rapport final », Mongi BIDA, avril 2007.

Documents d'évaluation

Evaluation mi-parcours du projet d'efficacité énergétique dans la construction en Tunisie, Stéphane SAUVE BOULET (Bastel Ltée) et Rafik MISSAOUI (ALCOR), mai 2004.

Evaluation finale du projet d'efficacité énergétique dans la construction en Tunisie, Rafik MISSAOUI (ALCOR), juin 2007.

Evaluation rétrospective du projet FFEM d'efficacité énergétique dans la construction en Tunisie, AFD, Alain RIES et Koulm GUILLAUME (AFD), juin 2007.

Evaluation finale du projet de certification des réfrigérateurs en Tunisie, Rafik MISSAOUI (ALCOR), mars 2006.

Documents du projet RTMB en Tunisie (FFEM/FEM)

CD-ROM « guides sectoriels » : habitat initialement équipé, habitat non équipé initialement, bureaux, hôtellerie, enseignement, santé, commerce, 2004.

Guide « Données climatiques de base pour le dimensionnement des installations de chauffage et de climatisation » élaboré, janvier 2003.

ANER, SYNERGY Programme – Zonage climatique de la Tunisie- Edition mai 2004

Rapport d'activité 2001-2005, ANME, 2005.

« Initiation à la réglementation thermique et énergétique des logements neufs- Label résidentiel », Mme Nadia GHRAB-MORCOS et ANME, novembre 2005.

« Guide pratique de conception de logements économes en énergie », Mme Nadia GHRAB-MORCOS et ANME, janvier 2006.

Rapport d'activité 2001-2006, ANME, 2006.

CD-ROM « Réglementation thermique et énergétique des bâtiments neufs en Tunisie », 2007.

Brochure de l'ANER « Mise en place d'une réglementation thermique et énergétique des bâtiments neufs en Tunisie, Processus d'anticipation expérimentale à la réglementation thermique et énergétique », avant août 2004.

Brochures de l'ANME : « Opération de démonstration à Sidi Bouzid », « Opération de démonstration à Sfax », « Opération de démonstration à Djerba », « Ensemble résidentiel SIS à Gabes, bénéficiaire société nationale immobilière pour le Sud (SNIT-SUD) », 2006-2007.

Table des illustrations

Figures

Figure 1 - Evolution du PIB par habitant en Tunisie (en US$ 2000) 5
Figure 2 - Evolution des ressources d'énergie primaire conventionnelle en Tunisie 6
Figure 3 - Evolution de la demande d'énergie primaire en Tunisie 7
Figure 4 - Structure de la consommation d'énergie finale par secteur en Tunisie 8
Figure 5 - Evolution du bilan énergétique en Tunisie 8
Figure 6 - Evolution du parc de logements en Tunisie (1975-2004) 11
Figure 7 - Répartition du parc par région économique 12
Figure 8 - Répartition des logements par type et par zone climatique 13
Figure 9 - Répartition du parc par type de logements en Tunisie 14
Figure 10 - Répartition du parc selon le nombre de pièces dans les différentes zones climatiques 14
Figure 11 - Répartition du parc selon la superficie des logements et selon les zones climatiques 15
Figure 12 - Structure de la consommation finale d'énergie en Tunisie 17
Figure 13 - Evolution de la consommation finale unitaire d'énergie des ménages en Tunisie 18
Figure 14 - Structure de la consommation finale d'énergie des ménages selon les usages en Tunisie 18
Figure 15 - Projection de la population à l'horizon 2035 en Tunisie 23
Figure 16 – Projection du nombre de logements en Tunisie 23
Figure 17 - Temps de retour pour le consommateur des mesures d'efficacité énergétique liées à la construction 29
Figure 18 - Effet du tarif du GPL sur la rentabilité du chauffe-eau solaire pour le consommateur final dans certains pays méditerranéens 30
Figure 19 - Prix moyen des chauffe-eau solaires dans certains pays méditerranéens 31
Figure 20 - Evolution du marché des chauffe-eau solaires en Tunisie 32
Figure 21 - Evolution des gains annuels d'énergie primaire : scénario de maîtrise de l'énergie 36
Figure 22 - Gains cumulés d'énergie primaire : scénario de maîtrise de l'énergie 36
Figure 23 - Evolution de la consommation d'énergie finale selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie » 37
Figure 24 - Evolution des émissions de GES selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie » 38
Figure 25 - Evolution de la consommation unitaire par logement selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie » 38
Figure 26 - Evolution des émissions unitaires de GES par logement selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie » 39
Figure 27 - Evolution des gains annuels sur la facture des consommateurs : scénario de « maîtrise de l'énergie » 40
Figure 28 - Evolution des gains cumulés sur la facture des consommateurs : scénario de « maîtrise de l'énergie » 40
Figure 29 - Evolution des investissements cumulés dus aux mesures d'efficacité énergétique : scénario de « maîtrise de l'énergie » 42
Figure 30 - Puissance électrique évitée grâce aux mesures d'efficacité énergétique : scénario de « maîtrise de l'énergie » 43
Figure 31 - Effet des changements climatiques sur les besoins en climatisation en Tunisie 46
Figure 32 - Effet des changements climatiques sur les besoins en chauffage en Tunisie 46

Tableaux

Tableau 1 – Nombre de logements urbains par zones thermiques 13
Tableau 2 – Taux d'accroissement du parc des chauffe-eau 24
Tableau 3 – Prévision de la demande énergétique directe du secteur résidentiel (ktep/an) 24
Tableau 4 – Taux de croissance de la demande par type d'usage 25
Tableau 5 – Prévision de la consommation énergétique du secteur résidentiel par type d'usage (ktep/an) 25
Tableau 6 – Taux de croissance de la demande par produit 25
Tableau 7 – Prévision de la consommation du secteur résidentiel (ktep/an) 26
Tableau 8 – Prévision de la consommation du secteur des matériaux de construction (ktep/an) 26
Tableau 9 – Prévision de la demande énergétique directe et indirecte du secteur résidentiel (ktep/an) 26
Tableau 10 – Prévision des émissions de GES du secteur des bâtiments résidentiels ($kTECO_2$/an) 27
Tableau 11 – Prévision des émissions totales de GES dues à la consommation directe et indirecte d'énergie du secteur des bâtiments résidentiels ($kTECO_2$) 27
Tableau 12 – Indicateurs de ratios par ménage 27
Tableau 13 - Gains en besoins d'énergie finale selon les mesures 28
Tableau 14 – Taux de diffusion des appareils efficaces 34
Tableau 15 – Besoins énergétiques moyens pondérés ($kW/h/m^2$/an) 34
Tableau 16 – Impact énergétique agrégé des mesures (ktep/an) 36
Tableau 17 – Gains annuels sur facture pour la communauté des consommateurs (M€/an) 40
Tableau 18 – Gains cumulés sur facture pour la communauté des consommateurs (M€/an) 40
Tableau 19 – Coût unitaire des mesures (DT) 41
Tableau 20 – Volume d'investissements additionnels cumulés (MDT) 42
Tableau 21 – Volume d'investissements additionnels cumulés (M€) 42
Tableau 22 – Emploi unitaire (h.j/unité) 42
Tableau 23 – Création d'emplois directs (unités) 43
Tableau 24 – Puissances électriques cumulées évitées (MWe) 43
Tableau 25 – Coût de la tep primaire économisée sur la durée de vie des mesures 44
Tableau 26 – Coût de la $TECO_2$ évitée sur la durée de vie des mesures 44
Tableau 27 - Bilan des besoins énergétiques additionnels générés par les changements climatiques en 2030 46
Tableau 28 - Impact des changements climatiques sur la facture d'énergie des consommateurs en 2030 47
Tableau 29 – Coût de la non action pour la collectivité en 2030 (M€) 47
Tableau 30 – Coût moyen de la tep additionnelle (€) 47
Tableau 31 – Volume d'investissements additionnels cumulés (M€) 48
Tableau 32 – Schéma de financement des investissements du scénario de maîtrise de l'énergie (M€) 48