

Energie, changement climatique et bâtiment en Méditerranée



Etude nationale Liban

Adel Mourtada

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, Rafik Missaoui pour la Tunisie, Mohamed Berdai et Naim Lahlou pour le Maroc.

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 socio-économique.....	5
2. Contexte climatique	7
3. Le secteur énergétique	8
II. Situation actuelle du secteur des bâtiments	14
1. Parc existant et typologie des bâtiments	14
2. Permis de construire	17
3. Mode de construction	17
4. Organisation du secteur (formel, informel) et acteurs clé	18
5. Budget énergie des ménages.....	19
6. Réglementation thermique, code et label.....	19
7. Equipements électroménagers	19
8. Etiquetage et certification	20
III. Scénarios d'évolution à l'horizon 2020 et 2030	21
1. Scénario tendanciel (prolongement de la situation actuelle).....	21
1.1. Définition du scénario	21
1.2. Hypothèses.....	21
2. Scénario d'évolution à prix croissant	26
2.1. Définition des hypothèses d'évolution des prix.....	26
2.2. Définition des hypothèses d'élasticité prix/consommation.....	26
IV. Les solutions techniques d'efficacité énergétique disponibles	29
1. Zonage climatique	29
2. Identification des options d'efficacité énergétique par zone climatique	29
3. Barrières à la diffusion à grande échelle des options identifiées	30
4. Exemple de projet	31
5. Réhabilitation thermique de l'existant	32
V. Scénarios alternatifs de maîtrise de l'énergie	33
1. Hypothèses de contexte	33
1.1. Répartition du parc de logements par zone climatique	33
1.2. Superficie des logements	33
1.3. Mode de chauffage	33
1.4. Structure des consommations d'énergies finales et primaires	34
1.5. Besoins spécifiques de chauffage et de climatisation	35
1.6. Structure des besoins en énergie primaire du secteur résidentiel.....	35
2. Définition des scénarios alternatifs de maîtrise de l'énergie.....	36
3. Impacts de chaque mesure dans le résidentiel neuf	37
3.1. Impacts sur la consommation d'énergie	37
3.2. Impacts sur les émissions de CO2.....	37
4. Potentiel d'efficacité énergétique.....	38
5. Identification des mesures prioritaires par zone climatique.....	38
5.1. Priorisation des mesures selon leur potentiel d'économie d'énergie	38
5.2. Définition du scénario alternatif de maîtrise de l'énergie.....	39

5.3. Potentiel d'économie d'énergie primaire du scénario alternatif	39
5.4. Impact environnemental agrégé : potentiel d'atténuation de GES	41
5.5. Impacts socio-économiques de la diffusion à grande échelle des mesures prioritaires	41
5.6. Impacts sur le budget des ménages	42
5.7. Impacts sur les coûts des mesures.....	43
5.8. Impacts en termes de création d'emploi	43
5.9. Puissance électrique évitée	43
5.10. Volume d'investissement additionnel	43
VI. Coût de l'action sur le cycle de vie du bâtiment	44
1. Evaluation des coûts additionnels sur la construction	44
2. Evaluation des coûts des mesures prioritaires par tep économisée	44
3. Répartition du coût sur le cycle de vie des bâtiments	44
4. Coût de la tECO ₂ évitée	44
VII. Coût de la non action sur le cycle de vie du bâtiment	45
1. Définition des hypothèses de changements climatiques au niveau du pays	45
2. Evaluation de la consommation d'énergie additionnelle liée aux changements climatiques	45
2.1. Scénario de taux d'équipement en climatisation constant (30 %)	45
2.2. Scénario d'augmentation de la pénétration de la climatisation	46
3. Evaluation de l'augmentation de la facture énergétique suite à la pression sur les ressources énergétiques	46
4. Evaluation des bénéfices de l'action selon trois scénarios de prix de l'énergie au niveau international	47
VIII. Moyens et outils de financement nécessaires à l'action	48
1. Evaluation des besoins en financement.....	48
2. Identification des sources de financement au niveau national et international	48
2.1. Mécanismes de financement	48
2.2. Mécanisme pour un développement propre.....	49
3. Conditions de création de filière d'efficacité énergétique dans les bâtiments	49
3.1. Mesures d'accompagnement	49
3.2. Exemple de bonne pratique	49
4. Conclusions.....	49
Table des illustrations	52

I. Contexte

Le Liban, dont la superficie totale atteint 10 452 km², est situé à l'est de la Méditerranée et s'étend sur environ 210 km le long des côtes et 50 km à l'intérieur des terres (Figure 1).

Du point de vue topographique, le Liban peut se diviser d'Ouest en Est en quatre espaces parallèles :

- La plaine côtière très étroite (7 km en moyenne), qui s'élargit seulement à l'extrême nord du pays (plaine d'Akkar) ;
- La chaîne du Mont-Liban, parallèle à la mer (NNE-SSO), surplombe la plaine côtière, le point le plus élevé dépassant 3 000 mètres ;
- La plaine allongée de la Bekaa, avec une altitude moyenne de 900 m, autrefois appelée "les greniers à blé de l'Empire romain", sépare les deux chaînes de montagnes ;
- La chaîne de l'Anti-Liban, avec une altitude moyenne de 2 300 m, à l'est.

La superficie totale du pays est composée à 52% de sols rocheux non cultivés et de terres de parcours dégradés. Les terres cultivées, principalement situées dans les plaines côtières et la vallée de la Bekaa, couvrent environ 260 000 hectares (25 % de la superficie totale des terres).

1. Contexte socio-économique

Le nombre de résidents¹ était de 3 759 136 habitants en 2007. Beyrouth et le Mont-Liban – la plus grande division administrative – abritent 50,4 % de la population. Le nombre de ménages est de 888 813 et la moyenne de nombre de personnes par foyer de 4,23.

Le PIB du Liban a atteint 25 milliards US\$ en 2007, soit 6 665 US\$/habitant.

La variation du PIB durant les dernières années est donnée dans le Tableau 1 ci-dessous :

Tableau 1 - Variation du PIB du Liban de 2004 à 2007

Année	2004	2005	2006	2007
PIB en Milliards de US\$	21,47	21,87	22,44	25,05

Source : Administration Centrale des Statistiques

Le Tableau 2 donne la répartition de la population sur les mohafazats.

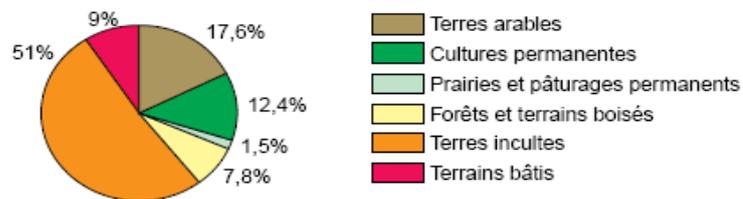
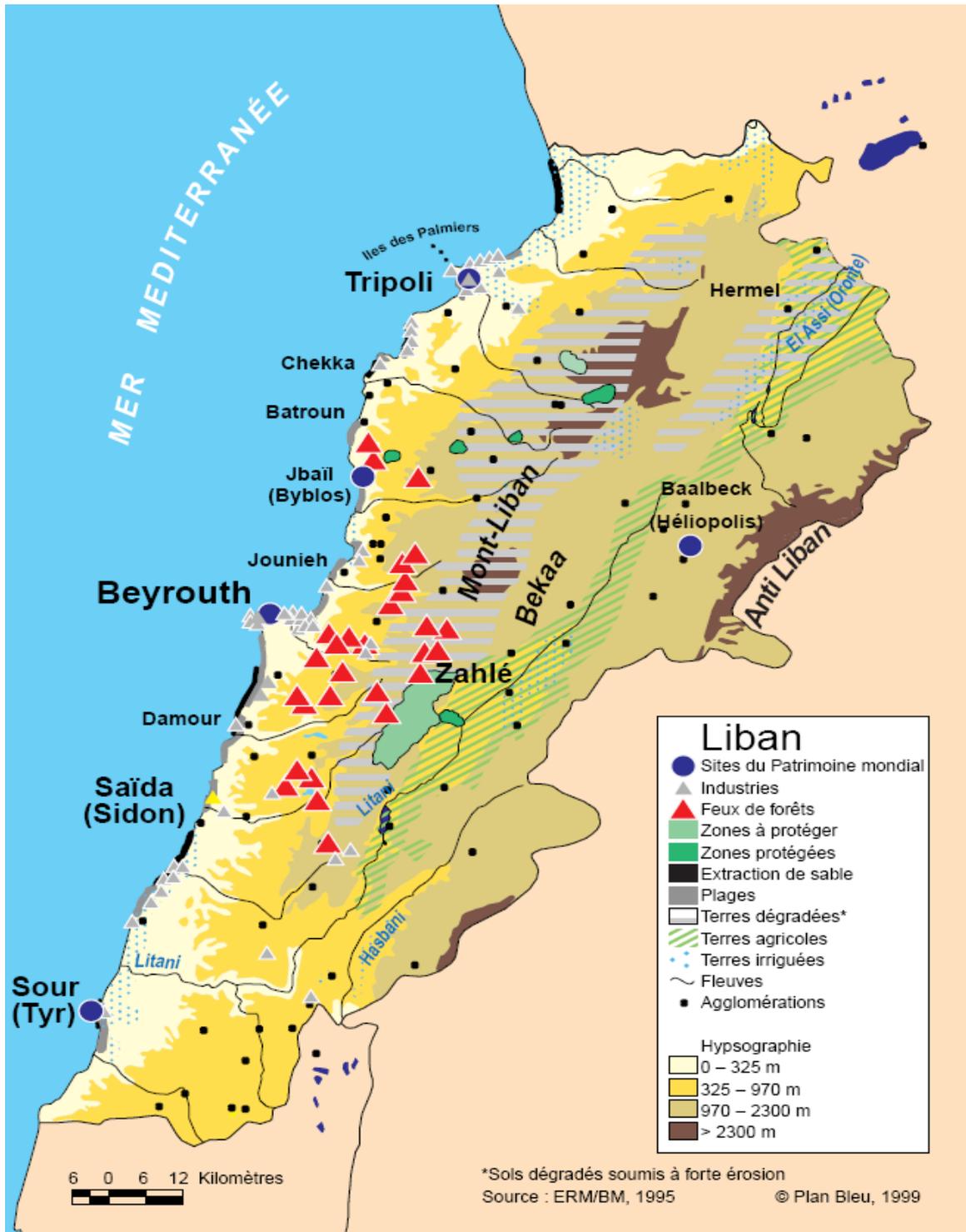
Tableau 2 - Population résidente et ménages répartis sur les mohafazats

Mohafazat	Population 2007	Pourcentage 2007 (%)	Nombre de ménages	Nombre de personnes par ménage
Beyrouth	361 366	9,6	96 335	3,75
Mont-Liban	1 484 474	39,5	373 640	3,97
Liban-Nord	763 712	20,3	160 820	4,75
Bekaa	489 865	13,0	106 015	4,62
Liban-Sud et Nabatiyeh	659 719	17,6	152 003	4,34
Total	3 759 136	100,0	888 813	4,23

Source : National Survey, 2007

¹ "The National Survey of Households Living conditions, 2007", Central Administration for Statistics.

Figure 1 - Carte du Liban



2. Contexte climatique

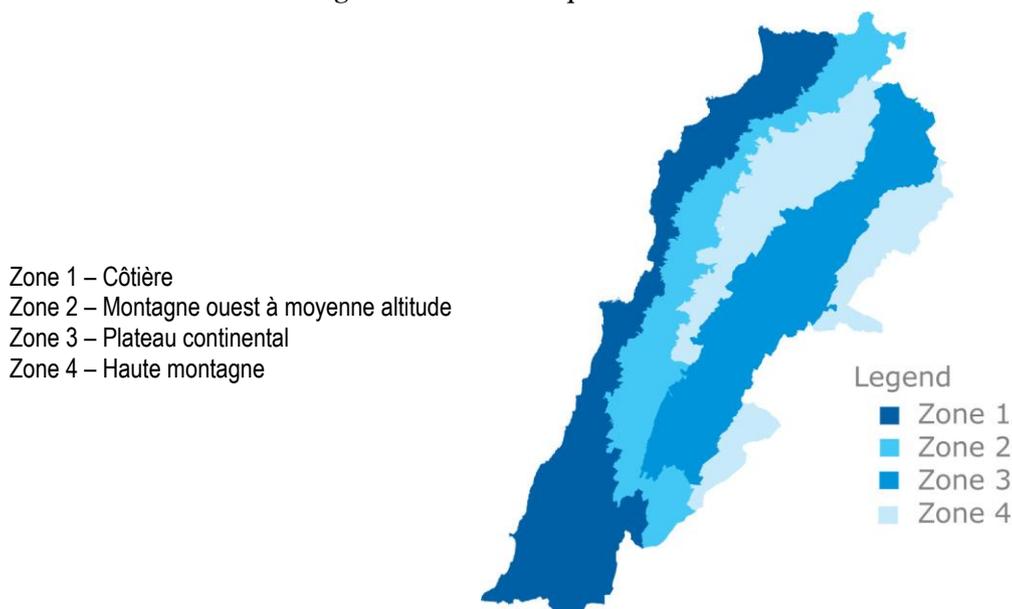
Le climat du Liban² est typiquement méditerranéen avec de fortes pluies en hiver (janvier à mai) tandis que sécheresse et aridité règnent pendant les sept autres mois de l'année. Cependant, l'influence de la Mer Méditerranée, les caractéristiques topographiques et le désert de Syrie au nord créent une variété de microclimats à l'intérieur du pays, avec des températures et une répartition des précipitations contrastées.

Les précipitations annuelles moyennes sont estimées à 823 mm. Elles varient de 600 à 900 mm le long des zones côtières, atteignent 1 400 mm dans les hautes montagnes et diminuent jusqu'à 400 mm dans les régions de l'est et à moins de 200 mm au nord-est. Au-dessus de 2 000 mètres, il s'agit principalement de neige.

Bien que le Liban ne souffre pas d'un déficit global en eau, les ressources en eau disponibles sont mal réparties du point de vue géographique et saisonnier. Le bilan hydrologique annuel fait état d'un flux disponible potentiel d'eau de surface de 2,28 km³/an, dont seulement 0,8 km³/an reste disponible pendant la saison sèche. Ces ressources peuvent satisfaire la totalité des besoins jusqu'en 2010, à condition que la capacité de stockage soit suffisante pour l'approvisionnement en eau pendant les mois de sécheresse. Les ressources en eau souterraine pouvant être prélevées sont d'environ 0,4 à 1 km³/an.

La Figure 2 présente les zones climatiques qui sont applicables à la Norme d'isolation thermique des bâtiments au Liban³. Ces zones sont :

Figure 2 - Zones climatiques du Liban



Les degrés jours chauffage (base 18°C) et les degrés jours climatisation (base 21°C) pour les stations sélectionnées par zone climatique⁴ sont présentés dans le Tableau 3.

² “ Liban : Enjeux et politiques d'environnement et de développement durable ” Georges Abujawdé et Sylvia Larie, Plan Bleu, 64 pages, 2000.

³ “ Thermal Standard for Buildings in Lebanon ”, Project GEF LEB/99/G35 and MPWT/DGU, 2005.

⁴ “ Climatic Zoning for Building in Lebanon ”, Project GEF LEB/99/G35 and MPWT/DGU, 2005.

Tableau 3 - Degrés jours chauffage (base 18) et degrés jours climatisation (base 21)

Zone Climatique	Nom de la station	Altitude (m)	DJCH (18)	DJCLIM (21)
Zone 1: Côtière	El-Qasmiyé	30	300	665
	Zouq-Mikayel	70	345	839
	Beirut A.U.B.	34	379	882
	Aabde	15	420	579
	Saida	5	467	459
	Tripoli-el-Mina	2	561	515
	Qlajaät-Akkar	5	630	634
	Alma-Chaab	380	632	343
	Mimara	195	642	515
	Amioun	300	696	362
	Jamhour	410	723	331
	Ghazir	415	793	333
	Qornet-Chehwan	603	799	233
	Arbaniyé-Jisr	510	956	340
Zone 2: Montage ouest à moyenne altitude	Ghosta	650	1019	169
	Qoubayat	540	1040	259
	Beit-ed-Din- Loqch	835	1173	129
	Bikfaya	900	1339	65
	Jezzin	945	1340	50
	Kfar-Nabrakh	1020	1349	148
	Sir-ed-Denniyé	915	1376	96
	Qartaba	1140	1514	105
Zone 3: Plateau continental	Bhamdoun-Btalloun	1090	1539	37
	El-Qrayé	1010	1622	74
	Marjayoun	760	1203	108
	El-Qaa	650	1257	463
	Baalbek	1150	1502	353
	Ksara	920	1541	228
	Ammiq	870	1552	105
	Fakehè	1060	1581	228
	Haouch-ed-Dahab	1009	1647	353
	Kfar-Dan	1080	1690	179
Zone 4: Haute Montagne	Tell-Amara	905	1691	74
	Rayak	920	1730	201
	Laqlouq	1700	2466	0
	Dahr-el-Baidar	1510	2522	0
	Becharrè-Usine	1400	2567	0
Faraya-Mzar	1840	3096	0	
Les Cèdres	1925	3330	0	

3. Le secteur énergétique

La consommation en énergie primaire a connu une forte croissance de 1992 à 1998, puis une augmentation moins importante pour atteindre 5,4 millions de tonnes équivalent pétrole (tep) en 2008 après une chute conjoncturelle en 2006 et 2007. Les besoins énergétiques sont couverts à 95 % par l'importation de produits pétroliers. Un gazoduc partant de Syrie est en place pour alimenter la centrale électrique de «DEIR AMAR» au nord (435 MWe) ; le gaz est arrivé en 2010 mais pour la moitié de la centrale. La facture énergétique du Liban a atteint 3,2 Milliards US\$ en 2007 (12,8 % du PIB).

Le Liban est un pays dépourvu d'énergie fossile. Les seules ressources énergétiques se portent sur l'hydroélectricité et la biomasse. En effet, le Liban possède un certain nombre de cours d'eau et de sites favorables qui lui ont permis l'exploitation de plusieurs centrales hydrauliques. La production totale d'énergie primaire est stable (autour d'une moyenne de 209 de ktep par an sur la période 2004 à 2007), constituée principalement d'une production hydro-électrique (dépendant de la pluviométrie et des exigences du secteur agricole pour les besoins d'irrigation) et d'une production d'énergies renouvelables provenant essentiellement de la biomasse (bois de feu –Tableau 4). La production d'énergie fossile (pétrole et gaz) reste, quant à elle, inexistante, y compris la production locale de produits raffinés. Les deux anciennes raffineries (celle de Tripoli au nord et celle de Zahrani au sud) sont fermées suite aux dommages enregistrés lors des conflits au Proche-Orient et sont toujours en attente de leur redémarrage.

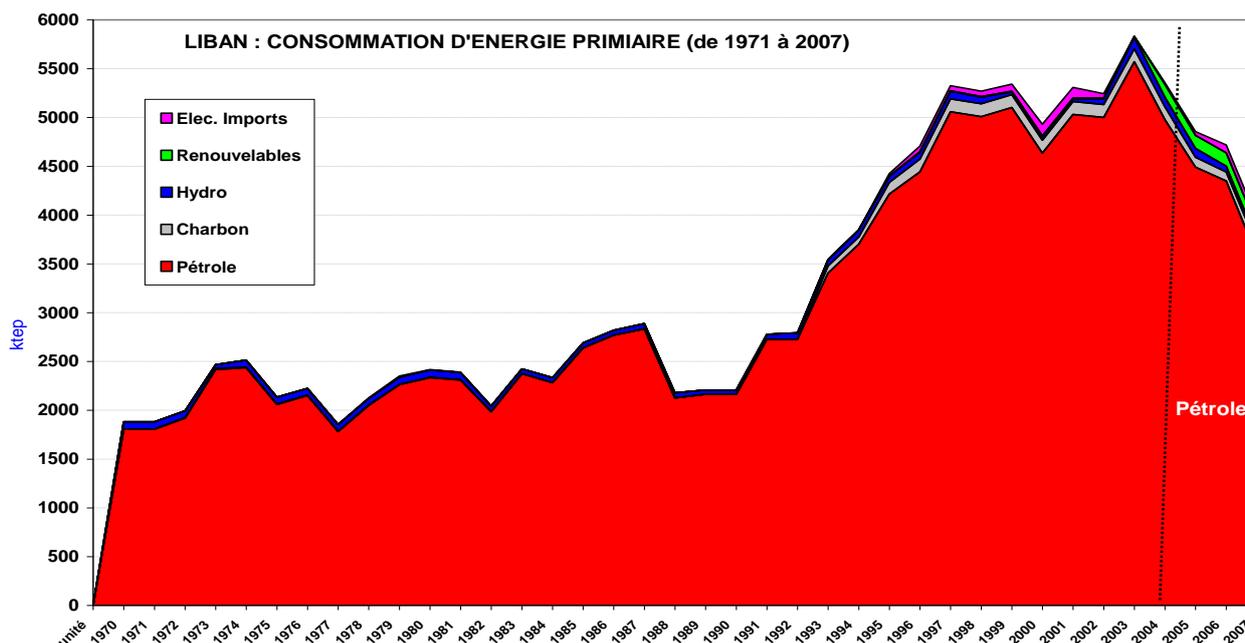
Tableau 4 - Production d'énergie primaire (en ktep)

	Unité	2004	2005	2006	2007
Hydro	ktep	96	90	60	50
Biomasse	ktep	125	125	127	125
Solaire thermique	ktep	7	9	10	12
TOTAL	ktep	229	224	197	187

Source : Medstat

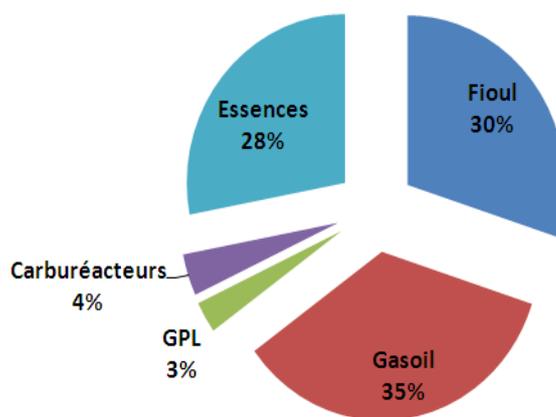
La Figure 3 donne la structure de consommation d'énergie primaire de 2001 à 2007. La Figure 4 donne la structure de la consommation en produits pétroliers en 2007.

Figure 3 - Consommation d'énergie primaire de 1971 à 2007



Source : AIE (de 1971 à 2003) et Medstat (de 2004 à 2007)

Figure 4 - Structure de la consommation en produits pétroliers au Liban en 2007 (3 967 ktep en 2007)

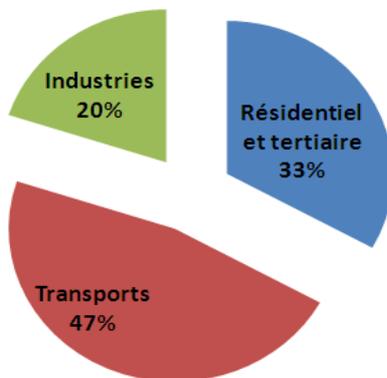


Source : Medstat

La consommation finale d'énergie en 2007 était d'environ 2 710 ktep (Figure 5) dont 1 271 ktep dans le secteur des transports (47 %), puis 910 ktep dans le secteur des ménages et tertiaire (33 %) et enfin 530 ktep dans le secteur industriel (20 %). Notons qu'en 2004 le secteur des ménages et tertiaire consommait 1 030 ktep (30,5 %) ; la raison de cette baisse est donnée plus loin.

En 2007, la consommation finale d'énergie est essentiellement basée sur des produits pétroliers (61 %) suivie par l'électricité (31 %) puis par le charbon (4 %), le solde étant constitué par des énergies renouvelables (4 %).

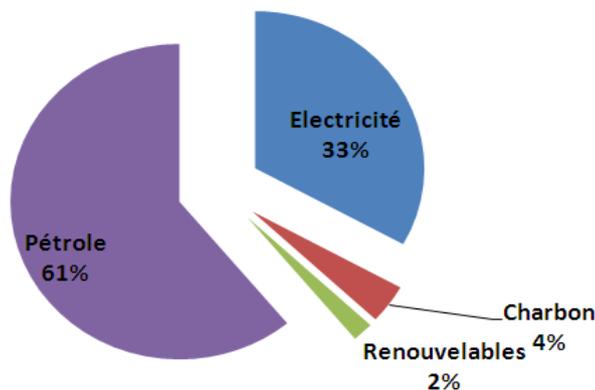
Figure 5 - Structure de la consommation finale au Liban en 2007 (2 710 ktep en 2007)



Source : Medstat

La consommation finale par source est donnée dans la Figure 6. Notons qu'une partie de la consommation finale en pétrole est transformée en électricité par des groupes électrogènes privés à cause des longues coupures de l'électricité fournie par l'EDL et n'est pas comptabilisée dans ce bilan.

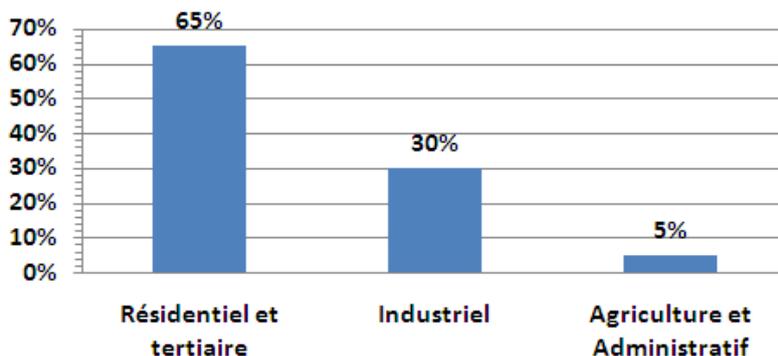
Figure 6 - Consommation finale par source en 2007 (2 710 ktep en 2007)



Source : Medstat

La consommation finale d'électricité (Figure 7) reste concentrée à 65 % dans le secteur résidentiel et le secteur tertiaire, puis à 30 % dans le secteur industriel, et enfin à 5 % dans les autres secteurs (agriculture et administratif).

Figure 7 - Consommation finale d'électricité en 2007 suivant les secteurs



Source : Medstat

Un programme de réhabilitation et d'équipement du secteur de l'électricité a permis de restaurer une puissance de production installée de 2 307,5 MWe en 2004 (2 034 MWe par les centrales thermiques et 273,5 MWe par les centrales hydro-électriques). Aujourd'hui, la production disponible est de 1 500 MWe pour une demande de 2 200 MWe. Les besoins à l'horizon de 2015 sont estimés par l'Electricité du Liban⁵ à 3 100 MWe et par le nouveau plan d'électricité du Ministère de l'énergie (2010) à 5 000 MW. La Figure 8 donne la consommation de l'électricité fournie par EDL de 2001 à 2007 (non inclus l'électricité générée par des auto-producteurs : 350 à 450 MWe de puissance installée en 2007).

Des problèmes de transport d'énergie subsistent et les pertes techniques sont de l'ordre de 15 %. Les tarifs de l'électricité n'ont pas été révisés depuis 1994. Le Tableau 5 donne les tarifs de l'électricité pour le résidentiel. Le gouvernement subventionne lourdement l'électricité. Ces subventions ont atteint 1,2 milliards US\$ en 2007 (17 % des dépenses de l'Etat), ce qui représente une subvention de 11,4 \$cents/kWh débité sur le réseau en 2007 et 12,7 \$cents /kWh en 2009. La Figure 9 donne les factures d'importations des produits pétroliers et les pourcentages de subvention de l'électricité dans les dépenses du gouvernement (2001-2007).

Tableau 5 - Tarifs d'électricité pour le résidentiel au Liban

Tranche de consommation	0-100	101-300	301-400	401-500	>500
Tarifs * \$cents/kWh	1,7	2,6	3,8	5,7	9,5

* Les tarifs au Liban sont en US\$, le taux de conversion en mars 2010 est de 1€ = 1,36 US\$

En 2007, la quantité d'électricité débitée sur le réseau (y compris l'achat de la Syrie 972 412 MWh) était de 10 547 GWh, les pertes techniques atteignant 1 583 GWh. La production annuelle d'électricité de l'EDL, de 1998 à 2007, est donnée dans la Figure 8. L'électricité vendue⁶ était de 4 433 GWh, soit 49 % de l'électricité effectivement distribuée et 42 % de l'électricité débitée sur le réseau. Ce qui signifie que les pertes non techniques (branchements illégaux et factures non payées) représentent 4 531 GWh, soit 43 % de l'électricité débitée sur le réseau. EDL annonce un objectif de limiter les pertes non techniques à 19 % en 2009, sans indiquer les mesures entreprises pour atteindre cet objectif. A la date de la rédaction de ce rapport ces objectifs n'ont pas été atteints. Cette situation n'encourage pas à l'efficacité énergétique et au recours aux énergies renouvelables dans les différents secteurs.

Le taux d'utilisation⁷ des centrales de production d'électricité au Liban était de 4 309 heures (49 %) en 2007. La production de l'EDL et l'achat d'électricité de la Syrie ne permettent pas de satisfaire la demande. EDL effectue un programme de rationnement d'électricité et les coupures d'électricité journalières sont de 3h à 16h par jour selon les régions. Les libanais ont recours à la production d'électricité par groupes électrogènes pour satisfaire leurs besoins. L'autoproduction était de l'ordre⁸ de 33 à 38 % de la production d'EDL en 2007, soit 3 000 GWh. La demande finale d'électricité peut être évaluée à 3 354 kWh/habitant.an, valeur dépassant largement les statistiques connues de l'IAE et de MEDSTAT qui ne prennent pas en compte l'autoproduction.

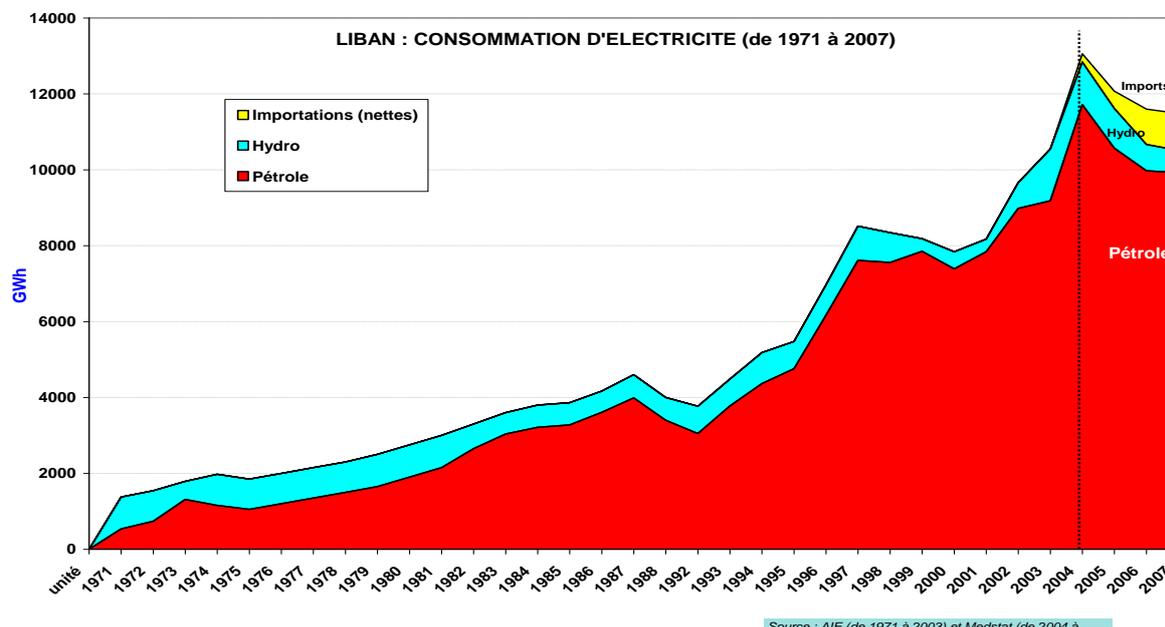
⁵ " Le secteur de l'électricité au Liban : état des lieux et perspectives ", Kamal Hayek, PDG EDL, "Workshop national «Planification et politiques du secteur de l'électricité au Liban», 15 et 16 septembre 2008 au Parlement du Liban.

⁶ " DSM Assessment and business opportunities ", Felix Gooneratne, MEW/UNDP/LCECP, Beyrouth, July 2008.

⁷ " Projet MEDSTAT II ".

⁸ " Republic of Lebanon: Electricity Sector Public Expenditure Review ", Report No. 41421-LB. World Bank, January 2008

Figure 8 - Consommation de l'électricité distribuée par l'EDL de 1971 à 2007 (non compris l'électricité des auto-producteurs par groupes électrogènes)



Source : IAE de 1971 à 2003 et Medstat de 2003 à 2007

Les compagnies d'électricité ne distinguent pas entre abonnés du secteur résidentiel et abonnés de bâtiments tertiaires (sauf la compagnie «Electricité d'Aley»). Le nombre total des abonnés (résidentiel et tertiaire) était de 904 835 en 2007.

Le secteur résidentiel et tertiaire a consommé 33 % de l'énergie finale⁹ en 2007. Si l'on tient compte de l'autoproduction, on dépasse les 40 %. La consommation dans l'habitat génère une pointe de demande électrique, due à la forte pénétration de la climatisation et au chauffage des locaux et de l'eau par l'électricité, et pousse aux investissements en centrales et réseaux.

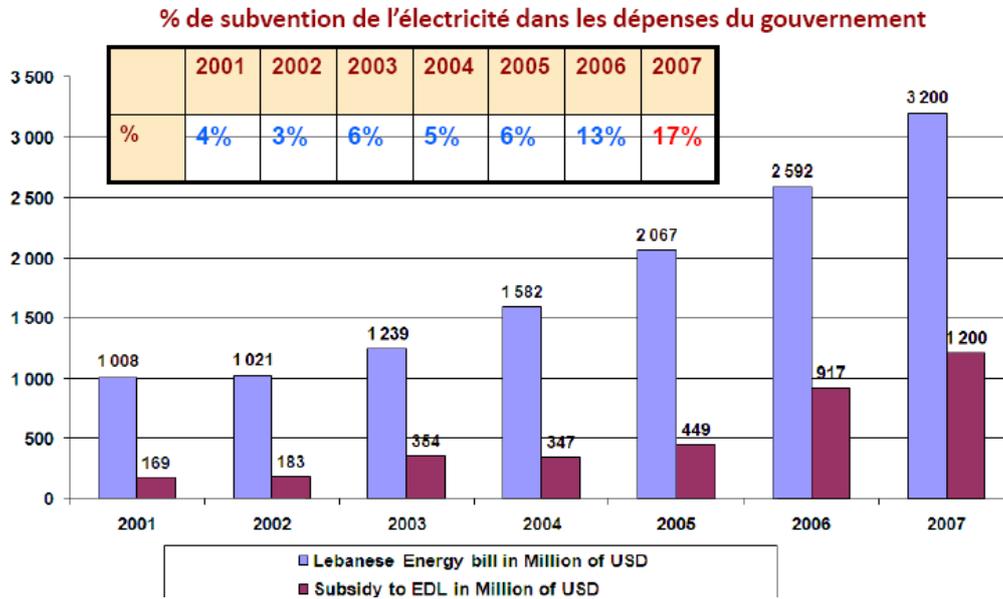
Le Ministère de l'énergie et des eaux (MEW) est en charge du secteur de l'énergie. La loi N° 462 portant sur la régulation du secteur de l'électricité a été promulguée en septembre 2002. Elle porte sur la création d'une Autorité régulatrice de l'électricité qui n'a pas encore vu le jour. L'Electricité du Liban (EDL) est un établissement public à caractère commercial, sous tutelle du MEW, ayant le monopole de la production d'électricité. La capacité installée de production d'électricité par des compagnies autres qu'EDL n'atteint que 192 MWe (hydro-électrique). Il n'y a pas de "feed-in" tarifs ni de projets IPP de production d'électricité. Un accord de principe a été signé le 11 novembre 2007 entre le Ministre de l'énergie et des eaux, M. Mohahamed El Safadi, et 3 compagnies privées autorisant chacune à installer des centrales de 50 MWe (éoliennes ou thermiques). Cet accord de principe n'a pas été ratifié par le Gouvernement et M. le Ministre Alain Tabourian, qui a succédé à M. El Safadi, n'a pas donné suite à cet accord.

Le Liban ne possède pas une stratégie énergétique pour les prochaines années. Il n'y a ni loi sur les énergies renouvelables et la maîtrise de l'énergie, ni une Agence nationale de maîtrise de l'énergie. L'Association Libanaise pour La Maîtrise de l'Énergie et pour l'Environnement (ALMEE) représente le Liban au sein de MEDENER (Association des Agences Méditerranéennes de Maîtrise de l'Énergie). Plusieurs associations sont aussi actives dans le domaine de l'énergie solaire et l'environnement (ALIS, LSES, Green Line, Lebanon-GBC, etc.). Un accord a été signé le 18 juin 2007 entre M. le Ministre de l'énergie et des eaux et le PNUD portant sur la transformation du projet GEF (LCECP) en «Lebanese Center for Energy Conservation, LCEC», mais ce centre n'a pas été encore institutionnalisé, le Conseil des Ministres et le

⁹ " MEDSTAT II, Regional Programme of Statistics in the Mediterranean Region ", Phase II et Administration centrale des statistiques du Liban, rapport du projet, 2009.

Conseil de la fonction publique n'ayant pas adopté ce projet. Enfin, il n'existe aucun mécanisme financier pour le développement de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables.

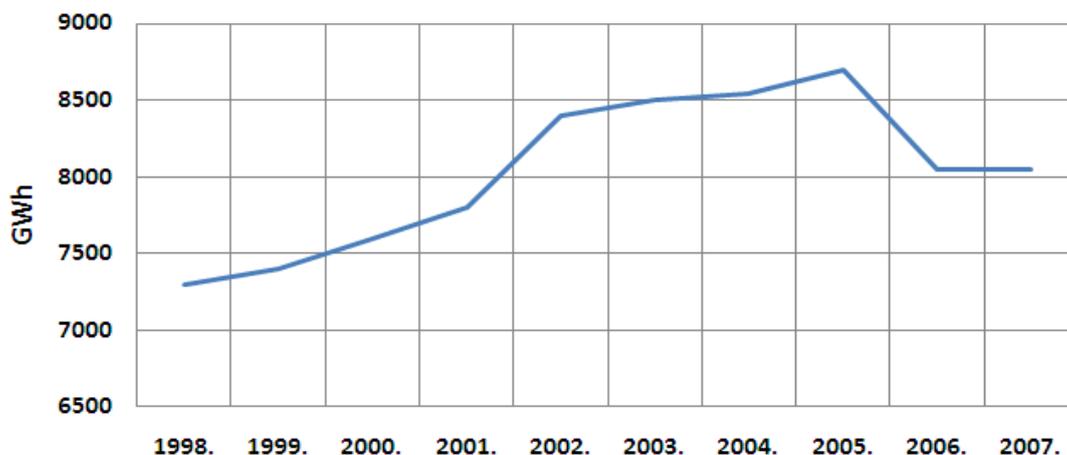
Figure 9 - Factures d'importations des produits pétroliers et pourcentages de subvention de l'électricité dans les dépenses du gouvernement (2001-2007).



La Figure 10 présente la quantité d'électricité délivrée par EDL aux consommateurs finaux en 2007, après déduction des pertes techniques (non inclus l'achat de l'électricité de la Syrie).

La sortie de la dépendance d'une mono-source pétrolière pourrait être assurée via le développement du potentiel des énergies renouvelables dont dispose le Liban. 3 000 heures d'ensoleillement par an suggèrent le recours au solaire. Sachant que 33 à 40 % de la consommation d'énergie finale au Liban provient du secteur habitat/tertiaire, le potentiel dans ce secteur reste très important. Au Liban, la maîtrise de la production et de la gestion des systèmes solaires collectifs de qualité a fait émerger un marché de l'eau chaude sanitaire collective, mais son extension se heurte à différents obstacles. Le fort subventionnement des prix de l'électricité domestique, avec des tarifs diversifiés selon les usages et les niveaux de consommation, pénalise notablement le développement de l'efficacité énergétique dans le résidentiel.

Figure 10 - Quantité d'électricité délivrée par EDL aux consommateurs finaux après déduction des pertes techniques - non inclus l'achat d'électricité de la Syrie en 2007



Source : Département de statistiques de l'EDL

II. Situation actuelle du secteur des bâtiments

Le secteur de la construction neuve au Liban se caractérise par¹⁰ :

- Un développement rapide de la construction entre 0 et 1 000 m d'altitude, pour des grands bâtiments résidentiels, sur 4 à 6 étages en moyenne ;
- Une prépondérance du secteur privé, pour la vente plutôt que la location ; un outil de financement social dit "secteur coopératif " encore peu actif, mais un outil de financement d'achat par les banques très actif, en coordination avec l'Office national de l'habitat (Ministère des œuvres sociales) ;
- Un contrôle technique exercé par les Ordres des ingénieurs et architectes, principalement pour le génie civil et l'électricité ;
- Aucune prescription technique sur la qualité thermique des bâtiments et des équipements consommateurs ;
- Pas de réseau de gaz naturel.

Au Liban, les attributions relatives à l'aménagement foncier, à l'urbanisme, à l'habitation, à la construction et à l'architecture relèvent de l'autorité ou de la tutelle du Ministre des travaux publics et du transport.

Le Liban a pris conscience depuis de très nombreuses années de la nécessité de concevoir un aménagement cohérent de l'ensemble de son territoire. La question de l'élaboration d'un schéma national d'aménagement et de développement du territoire a été tout naturellement inscrite dans la loi de 1977, portant création du Conseil du Développement et de la Reconstruction (CDR).

La loi sur l'urbanisme a réaffirmé, en 1983, la nécessité de ce schéma, en le citant comme étant le cadre qui doit orienter les schémas directeurs locaux et les plans d'urbanisme de détail.

Lorsque, en 1990, le CDR devait élaborer le plan de reconstruction, il a choisi la voie d'une approche sectorielle encadrée par une approche macro-économique, mais sans traduction spatiale. Nous avons vu la production de rapports concernant l'électricité, l'assainissement, le traitement des déchets solides, la reconstruction des bâtiments publics, ou encore ultérieurement les carrières, sans jamais percevoir le lien et l'articulation entre ces différentes politiques¹¹.

Un grand chantier a été engagé pour l'élaboration d'un schéma national d'aménagement et de développement du territoire (2002-2005) avec l'appui de l'IAURIF (France). Le plan directeur élaboré n'a pas été adopté par le Gouvernement à ce jour.

1. Parc existant et typologie des bâtiments

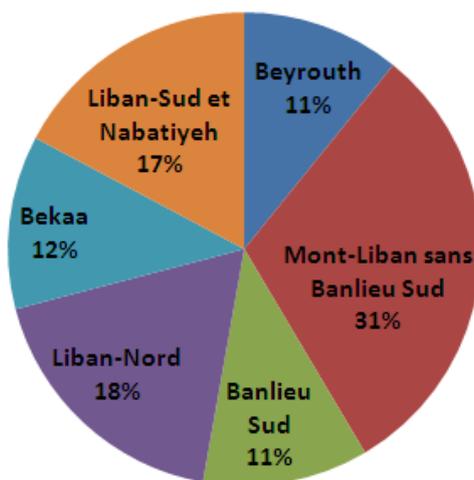
Le nombre de logements principaux était de 888 813 en 2007. La Figure 11 donne la répartition de logements principaux par localités géographiques du Liban.

Les constructions sont souvent trop hautes ou trop longues ou trop massives (Figure 12) avec des ouvertures mal proportionnées.

¹⁰ « Efficacité énergétique dans la construction au Liban », plaquette de présentation du projet, Fonds français de l'Environnement mondial, FFEM, 2005.

¹¹ « L'Urbanisme au Liban : réalités et besoins, outils et réformes », Fouad Awada, « Colloque pour un aménagement cohérent du territoire libanais », Beyrouth, 29 juin au 1er juillet 2000.

Figure 11 - Répartition de logements principaux par localités géographiques du Liban (total 888 813 en 2007)



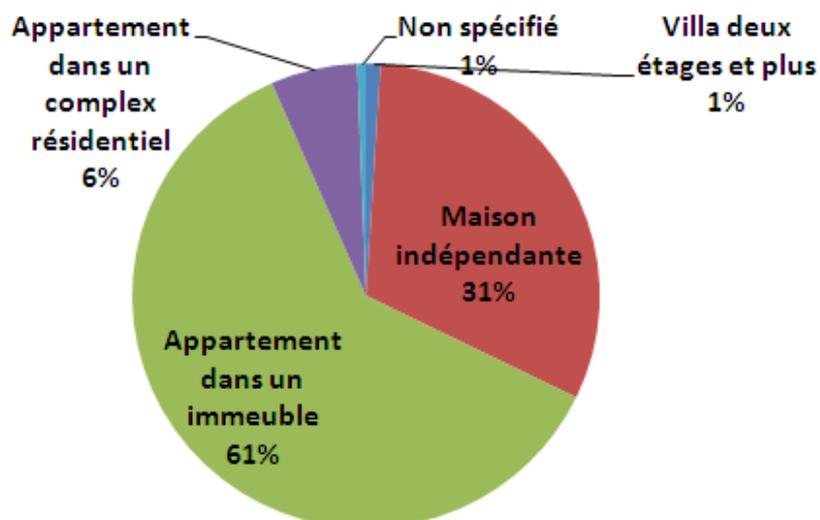
Source : National Survey, CAS, 2007

Figure 12 - Tissu urbain à Beyrouth



Au Liban, 67 % de logements sont des appartements dans des bâtiments à plusieurs étages (Figure 13).

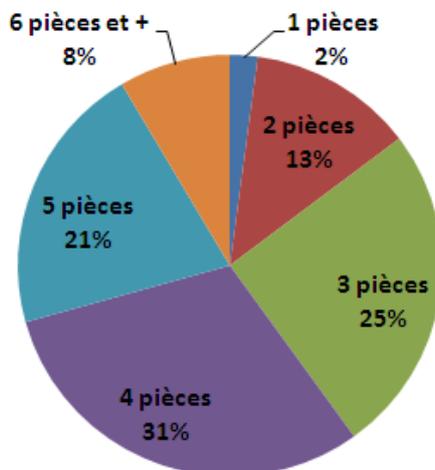
Figure 13 - Répartition de logements par type en 2007



Source : ACS

52 % des logements comprennent 4 ou 5 pièces (Figure 14).

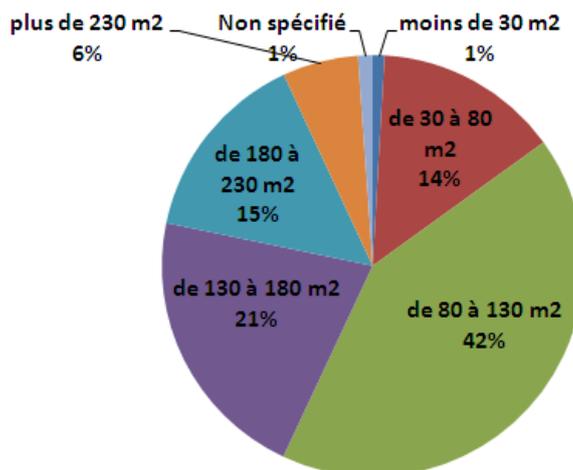
Figure 14 - Répartition de logements en % en fonction de nombre de pièces en 2007



Source : ACS

La surface moyenne des logements au Liban est de 129,3 m² (Figure 15).

Figure 15 - Répartition des logements principaux au Liban en fonction de la superficie en 2007



Source : ACS/UNDP/MAS

21,8 % de logements sont chauffés à l'électricité, 25 % au mazout, 27,3 % au gaz (GPL), 17,6 % au bois ou au charbon (Tableau 6).

Tableau 6 - Répartition des logements par type de chauffage en 2007 (un type ou plus par logement)

Type de Chauffage	Central collectif	Central Individuel à l'électricité	Non Central à l'électricité	Central Individuel au Fuel	Non central au Fuel	Non central au Gaz	Au bois ou au charbon	Non spécifié	Non Chauffé
%	1,9	4	17,8	4,9	20,1	27,3	17,6	1,5	4,9

Source : ACS

99,9 % des résidences principales sont reliées au réseau d'électricité public et 38,9 % disposent d'une connexion à un générateur privé pour avoir le courant durant les périodes de coupure d'électricité.

Le chauffage de l'eau sanitaire¹² s'effectue dans 70 % des résidences principales à partir de l'électricité, dans 25 % à partir de mazout avec 5 % de divers (gaz LPG, chauffe-eau solaire, bois, etc.).

¹² " Le marché du solaire thermique au Liban ", ALMEE, 2003.

Selon l'enquête de 2004, 26,6 % des résidences principales possèdent un ou plus climatiseurs. Actuellement, ce pourcentage est nettement supérieur.

2. Permis de construire

Les plans de construction élaborés et visés par l'architecte sont présentés à l'un des deux Ordres des ingénieurs et architectes (Beyrouth ou Tripoli) qui vérifient la conformité des plans avec la loi de la construction. La demande de permis de construire est par la suite présentée à la municipalité, après un visa de la Direction générale de l'urbanisme. La conformité à la norme d'isolation thermique n'est pas exigée. Cependant, la loi de la construction (2004) accorde des incitations pour la mise en place d'une isolation thermique en ne comptant pas l'épaisseur de l'isolation et des murs extérieurs dans la surface construite. De même, elle permet aux auvents (protection solaire des fenêtres) de dépasser de 60 cm la limite fixée par le règlement d'urbanisme.

3. Mode de construction

Au Liban, la quasi-totalité des constructions (neuves et anciennes) ne comportent pas d'isolation thermique.

Parois verticales

La plupart des immeubles d'habitation construits actuellement font appel à des techniques de construction traditionnelles (Figure 16) :

- Structures poteaux et poutres coulés sur place,
- Éléments de remplissage des façades en parpaings creux de 14 ou 20 cm d'épaisseur, sans contre-cloison,
- Séparatifs verticaux entre logements en parpaings creux de 12 à 15 cm d'épaisseur, 3 alvéoles, avec enduits ciment de part et d'autre.

Dans la majorité des cas, les façades ne sont pas isolées.

Planchers

Le mode de construction le plus usuel au Liban est constitué de planchers en béton armé :

- Planchers à poutrelles et hourdis avec dalle de répartition coulée sur place,
- Revêtements de sol en carrelage sur sable ou en marbre sur mortier.

Les planchers-bas ne sont pas isolés.

Toitures

Les toitures sont généralement des toitures terrasses (hourdis 24 cm). Leur structure est renforcée pour supporter des réservoirs d'eau. Le revêtement d'étanchéité (lorsqu'il existe), en asphalte, est simplement posé sur le support. Dans la majorité des cas, les toitures ne sont pas isolées.

Fenêtres et portes fenêtres

Les fenêtres et portes fenêtres sont de type coulissant horizontalement.

Le bâti dormant, le ou les vantaux ouvrants sont en aluminium.

Dans la majorité des cas, les fenêtres et portes fenêtres sont constituées d'un simple vitrage.

Ventilation

La ventilation des pièces et chambres est en général naturelle. L'extraction de l'air vicié s'effectue par des gaines dans les WC et salle de bains.

Dans la majorité des cas, il n'y a pas d'entrée d'air spécifique au niveau des fenêtres et portes fenêtres.

Figure 16 - Techniques de construction au Liban



Photo, A. Mourtada

4. Organisation du secteur (formel, informel) et acteurs clé

La majorité de la construction passe à travers le secteur formel. Les points forts et faibles de ce secteur sont :

Critiques négatives

- Manque de contrôle technique en amont, pour ce qui est de la validation de la structure de la construction, et en aval, pour ce qui est de l'exécution sur chantier. Cette lacune entraîne nécessairement des erreurs d'exécution graves.
- Pas de contrôle suffisant sur la qualité des matériaux (ciment, acier, béton, etc.).
- Manque de conducteurs de travaux qualifiés.
- Qualité souvent sacrifiée au détriment des prix et de la vitesse d'exécution.
- Utilisation de méthodes traditionnelles et résistances à l'application de technologies nouvelles.
- Faible niveau technique de la main d'œuvre.
- Pas de normes et DTU libanais.
- Absence de formation continue au sein des entreprises.

Critiques positives

- Rapidité d'exécution.
- Large choix de fournisseurs dans la majorité des produits, ouvrant la voie à la concurrence.
- Coûts faibles (surtout actuellement).

Le manque de standardisation des dimensions mentionnées ci-dessus pourrait être interprété positivement (pas de contrainte et exécution sur mesure possible).

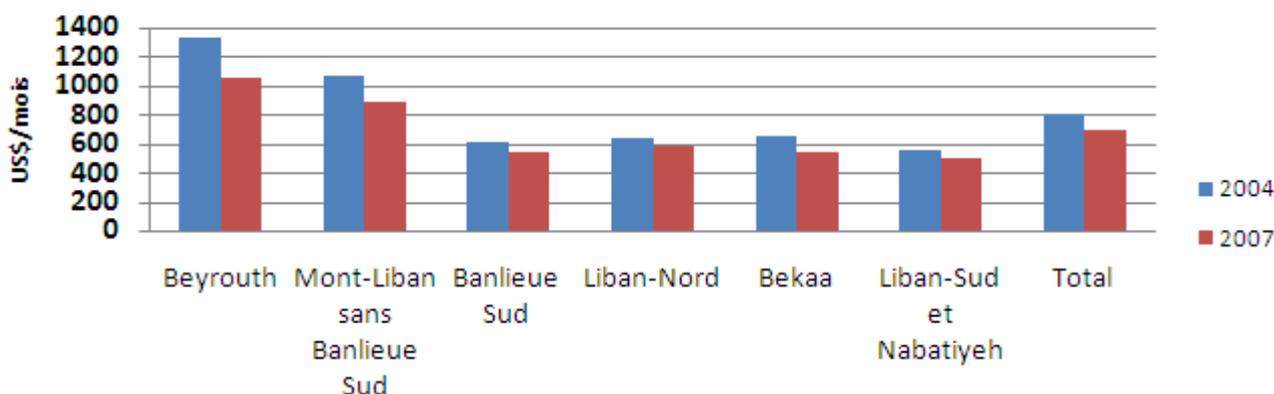
5. Budget énergie des ménages

Les revenus moyens mensuels par ménage¹³ (moyenne du pays) étaient de 687 US\$/foyer/mois en 2007. Ces revenus étaient de 809 US\$/foyer/mois en 2004. Les revenus ont chuté de 15 % à cause du ralentissement des activités économiques suite à la guerre de 2006 (Figure 17).

Le budget énergie représentait 7 % des dépenses des ménages en 2004, réparti comme suit : électricité 3,11 %, gaz GPL 1,09 %, fuel 2,17 %, bois et charbon 0,27 %.

Les dépenses des familles pour l'énergie en 2007 étaient de 750 MUS\$ réparties comme suit : électricité 351 MUS\$, gaz GPL 123 MUS\$, fuel 245 MUS\$, bois et charbon 30,6 MUS\$.

Figure 17 - Variation des revenus moyens des ménages par région géographique entre 2004 et 2007



6. Réglementation thermique, code et label

Des projets de normes d'isolation thermique ont été finalisés et rendus publics :

- Norme Libanaise « NL 68 : 1999 » intitulée : « Guide de l'isolation thermique et du confort thermique du bâtiment¹⁴ » élaborée en collaboration avec le CSTB France,
- Norme Libanaise « Thermal Standard for Buildings in Lebanon (2005) » développée dans le cadre du projet LEB/GEF/G35.

Ces projets de normes n'ont pas été adoptés. Elles ne sont pas obligatoires à ce jour non et ne sont pas du tout appliquées.

Dans le cadre du projet FFEM « Efficacité énergétique dans la construction au Liban, PEEC¹⁵ » des recommandations relatives à l'isolation thermique ont été développées ainsi que des guides d'application. Des opérations de démonstration ont également été réalisées. Les conditions extérieures de base pour le calcul des bilans thermiques de chauffage et de climatisation ont aussi été établies.

Le projet de réglementation thermique des bâtiments 2010 préparé par l'Ordre des ingénieurs et ECOTECH, avec l'appui de l'ADEME et de l'ALMEE, est en bonne voie car il a été accepté par LIBNOR.

7. Equipements électroménagers

Le taux d'équipements des ménages en appareils électroménagers est donné dans la Figure 18.

¹³ "Living Conditions & Households' Budget Survey 2004", Central Administration for Statistics.

¹⁴ "Lebanese Standard NL68 : Guide to the thermal insulation and summer comfort for buildings in Lebanon", LIBNOR, 1999.

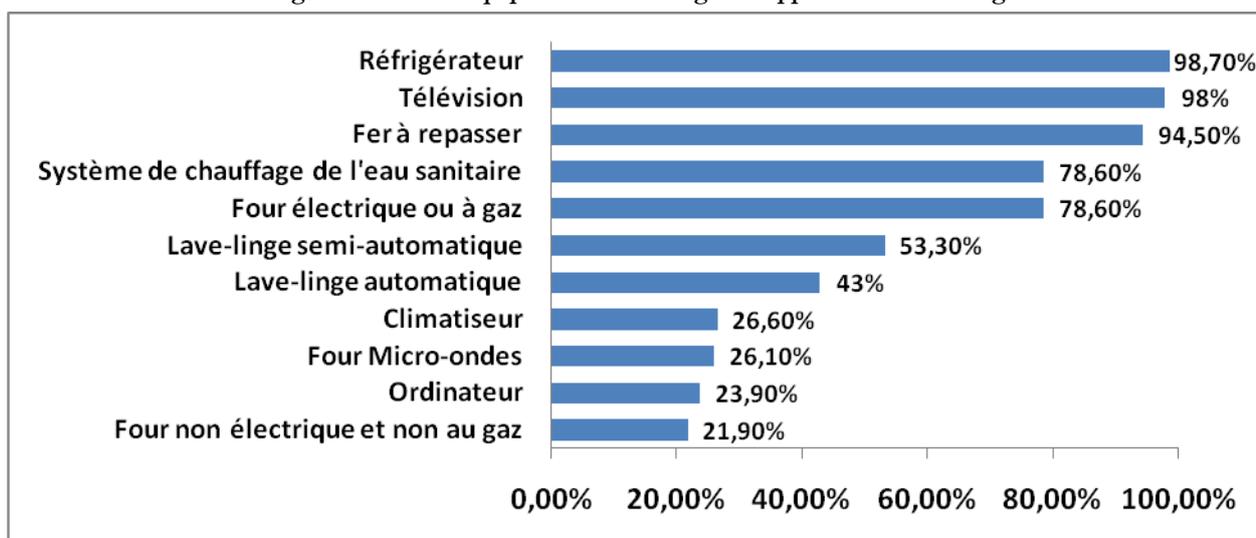
¹⁵ "Efficacité énergétique dans la construction au Liban", Bernard Cornut, rapport d'achèvement, Ademe-FFEM, 2005.

8. Etiquetage et certification

- MEPS (Norme de performance énergétique minimale) pour les réfrigérateurs, chauffe-eau solaire, climatiseur et lampes CFL adoptée par LIBNOR en 2007 et 2008.
- Labels pour les réfrigérateurs, chauffe-eau solaire, climatiseurs et lampes CFL en préparation (projet GEF/LEB/99/G31), mais le travail semble ne pas progresser !

Il n'existe pas à ce jour de laboratoire de certification des appareils mentionnés ci-dessus.

Figure 18 - Taux d'équipement des ménages en appareils électroménagers



Source: Households living conditions, CAS, 2004

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

1. Scénario tendanciel (prolongement de la situation actuelle)

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 qu'à cerner le futur « le plus probable ».

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

- Pour toutes les installations, bâtiments, équipements, etc. existants 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 libanais et européens, 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 (exemple de 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 libanais et internationaux aujourd'hui.

1.2. Hypothèses

1.2.1. Tendances démographiques et évolution du parc de logements

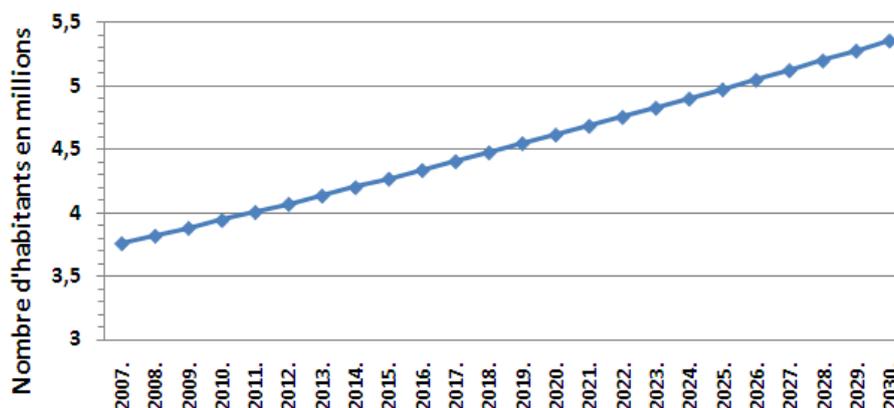
Le taux de croissance démographique était de 1,6 % en 2007. D'après les enquêtes «Households Living conditions in Lebanon» effectuées au Liban en 2004 et 2007 par le Ministère des affaires sociales, l'UNDP et l'Administration centrale des statistiques, on obtient les résultats suivants (Tableau 7) :

Tableau 7 - Nombre de résidents et des résidences principales au Liban en 2004 et 2007

	2004	2007	Progression 2007 par rapport à 2004
Nombre de résidents	3 755 034	3 759 136	0,1 %
Nombre de résidences principales	879 855	888 813	1,5 %

Cette faible progression s'explique par l'immigration des libanais. Pour notre hypothèse nous allons considérer un taux de croissance démographique de 1,6 % par an jusqu'en 2020 et de 1,5 % par an de 2020 à 2030. La population libanaise résidente atteindrait environ 5,4 millions d'habitants en 2030, comme le montre la Figure 19.

Figure 19 - Projection de la population résidente au Liban (2007-2030)



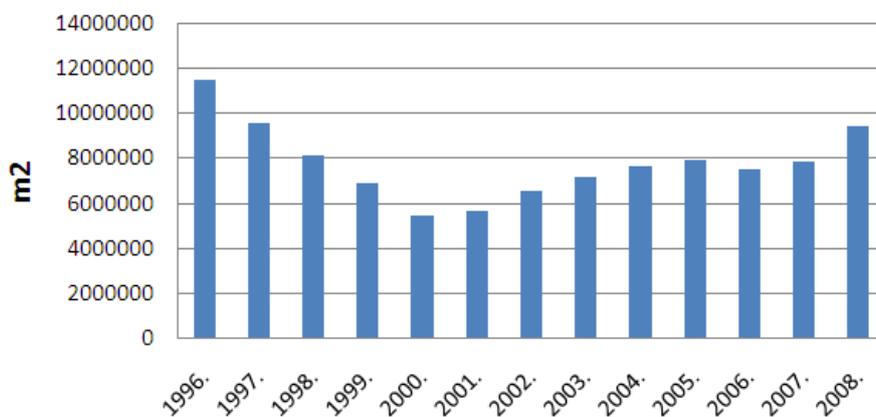
La progression du parc de logements peut être déduite des demandes de permis de construire.

La moyenne annuelle sur la période 1996-2008 de m² de demandes de permis de construire inscrites à l'Ordre des ingénieurs et architectes de Beyrouth est de 7 823 314 m² (Figure 20). En tenant compte des demandes de permis de construire inscrites à l'Ordre d'ingénieurs et d'architectes de Tripoli (12,5 % du total¹⁶) on peut retenir une moyenne annuelle de 9 millions de m² pour tout le Liban. Ce chiffre ne distingue pas les bâtiments résidentiels des bâtiments tertiaires. On peut considérer 65 % de la surface pour le résidentiel¹⁷, soit 5,85 millions de m²/an. En admettant un taux de construction effectif de 90 %, 5,25 millions de m² de bâtiments neufs résidentiels sont construits chaque année, soit l'équivalent de 40 500 logements/an.

La surface totale des résidences principales peut être déduite de la répartition des résidences principales en fonction de la superficie (enquête CAS, 2007), soit environ 115,6 millions de m². Le taux de progression moyen annuel de 1996 à 2007 peut être déduit d'après la demande de permis de construire. Il est de l'ordre de 4,5 %.

On ne dispose pas de projections en ce qui concerne le nombre de ménages ou de logements. Nous avons par conséquent considéré que le nombre de nouveaux logements est de 40 500 en 2008 et que l'augmentation annuelle du nombre de nouveaux logements de 4,5 % entre 2008 et 2030. Le nombre de logements principaux en 2030 serait de 2,46 millions (Figure 21). Les libanais non-résidents cherchent toujours à acquérir un logement au Liban, ce qui explique que le taux de d'augmentation de logements dépasse le taux d'augmentation de la population résidente.

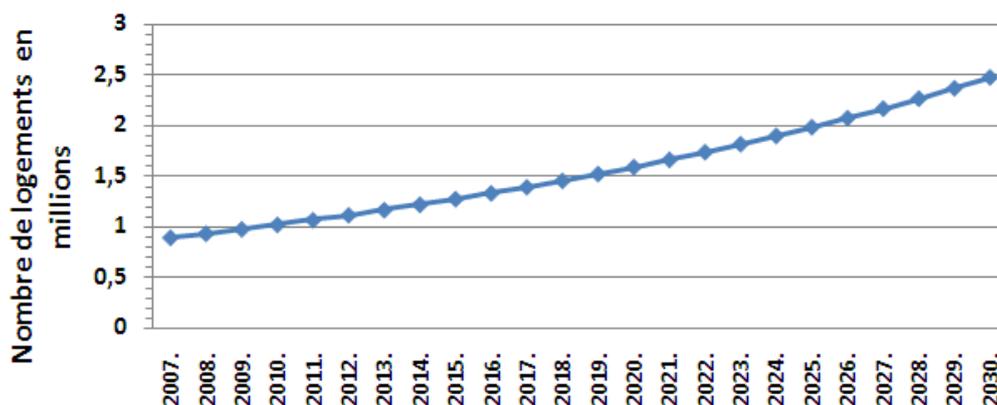
Figure 20 - Evolution du nombre annuel de m² de demande de permis de construire à l'Ordre des ingénieurs et architectes de Beyrouth (1996-2008)



¹⁶ " Statistical Yearbook 2007 ", Central Administration for Statistics.

¹⁷ " Entretien avec M. Rabih Khairallah, Président de la quatrième branche à l'Ordre des ingénieurs et architectes de Beyrouth ", juin 2009.

Figure 21 - Evolution du nombre de logements principaux au Liban de 2007 à 2030



1.2.2. Evolution des équipements

Le taux d'équipement 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. Nous citons à titre d'exemple les hypothèses suivantes :

- La télévision et le réfrigérateur sont généralisés ; on considère un léger suréquipement des ménages ;
- Un accroissement rapide du parc de climatisation de l'ordre de 7 % par an jusqu'à saturation (taux maximum 60 %) ;
- Une transformation sensible dans la structure d'évolution du parc des chauffe-eau, avec une pénétration du chauffage solaire.

1.2.3. Evolution de la consommation d'énergie à prix d'énergie constant sans prise en compte de la consommation d'énergie liée à la fabrication des matériaux de construction

L'évolution des consommations¹⁸ des énergies primaire et finale au Liban est donnée dans le Tableau 8.

Tableau 8 - Evolution des consommations des énergies primaire et finale au Liban (2004-2007)

Energies consommées	2004	2005	2006	2007
Energie primaire (ktep)	5359	4858	4718	3967
Energie finale (ktep)	3252	3006	2922	2717

En 2007, on constate une baisse des consommations. Cette baisse s'explique par le fait que :

- 54 % des produits pétroliers importés sont destinés à l'EDL pour la production de l'électricité ; or la production d'électricité a chuté de 10 % en 2007 par rapport à 2005 à cause des arrêts et des pannes intervenus sur les centrales de production d'électricité ;
- à cause de l'augmentation du prix mondial du baril de pétrole ;
- par le trafic illégal des produits pétroliers de la Syrie à cause de la différence des prix ;
- et à cause de la destruction massive des bâtiments et des industries par la guerre d'Israël contre le Liban en 2006 (120 000 logements détruits ou endommagés).

Le Tableau 9 donne la consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel et du tertiaire (2004-2007).

¹⁸ " MEDSTAT II ", Central Administration for Statistics, Lebanon, 2009.

Tableau 9 - Consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel et du tertiaire (2004-2007)

Indicateurs	2004	2005	2006	2007
Energie primaire (ktep)	5359	4858	4718	3967
Consommation en énergie primaire du résidentiel et du tertiaire (ktep)	2119	1944	1783	1412
% du résidentiel et du tertiaire dans le bilan national d'énergie primaire	39,5 %	40,0 %	37,8 %	35,6 %

Source : MEDSTAT II

Cette baisse n'est donc que conjoncturelle et il faudrait s'attendre à une augmentation de la consommation après la reconstruction des bâtiments détruits ou endommagés à partir de 2008. En effet, la consommation d'énergie primaire en 2008 a effectivement rebondi pour atteindre 5 409 ktep. La consommation réelle du secteur des bâtiments est plus grande que les valeurs présentées dans le Tableau 9, car MEDSTAT et l'IAE ne comptabilisent pas le fuel consommé par les groupes électrogènes privés dans le bilan des bâtiments mais dans celui du secteur du transport.

La part importante de l'énergie électrique dans le bilan de consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel et tertiaire s'explique par le recours à l'électricité pour le chauffage des locaux, le chauffage de l'eau sanitaire, la climatisation, l'éclairage, le pompage de l'eau et pour les équipements électroménagers. La forte augmentation de la part d'électricité dans le bilan de consommation d'énergie finale du résidentiel et tertiaire s'explique par la substitution du mazout et du gaz (GPL) utilisés pour le chauffage des locaux et de l'eau sanitaire par l'électricité à cause de l'augmentation des prix du mazout et du gaz GPL et de la stabilité du prix d'électricité, voire par les branchements illégaux sur le réseau et le non paiement des factures d'électricité.

Afin de prédire la consommation d'énergie du secteur résidentiel à prix d'énergie constant nous partons de 1 900 ktep d'énergie primaire en 2010. Et nous considérons les 3 scénarios d'augmentation du PIB¹⁹ suivants (Tableau 10) :

Tableau 10 - Les 3 scénarios d'augmentation du PIB

Scénarios d'augmentation de PIB	2010-2020 % annuel d'augmentation	2020-2030 % annuel d'augmentation
Cas élevé	5,5 %	5,5 %
Cas de base	5 %	5 %
Cas faible	3 %	3 %

Nous considérons que l'augmentation de la demande d'énergie suivra les mêmes scénarios d'augmentation du PIB (moins 1 point pour prendre en compte une amélioration tendancielle de l'efficacité), lorsque celle-ci est déterminée par les évolutions internationales elles-mêmes tendancielles (exemple de l'amélioration des performances des appareils électroménagers, etc.).

Il n'existe pas à ce jour une balance énergétique au Liban faisant ressortir uniquement la part du secteur résidentiel dans le bilan d'énergie primaire. Nous avons reconstitué la consommation primaire du secteur résidentiel à partir de la superposition des données disponibles, en tenant compte des données 2008 (5 409 ktep énergie primaire dont 2 400 ktep pour le résidentiel et le tertiaire, en comptabilisant le fuel consommé par les groupes électrogènes dans le bilan de ce secteur). La consommation en énergie primaire du secteur résidentiel seul est estimée à 1 900 ktep en 2010. La Figure 22 donne l'évolution de la demande d'énergie primaire du secteur résidentiel de 2008 à l'horizon 2030.

Dans le scénario tendanciel, la demande d'énergie primaire du secteur résidentiel évoluera de 1 900 ktep en 2010 à 2 812 ktep en 2020 et à 4 163 ktep en 2030. Cette évolution fera une grande pression sur la demande d'électricité. L'évolution de la demande d'électricité due au secteur résidentiel et tertiaire et aux autres secteurs nécessiterait l'installation de 1 700 MWe électrique supplémentaires. La demande d'électricité à l'horizon 2020 serait de 4 235 Mwe. Les Figure 23 et Figure 24 donnent l'évolution de la demande d'électricité au Liban selon les 3 scénarios.

¹⁹ " Republic of Lebanon: Electricity Sector Public Expenditure Review ", Report No. 41421-LB. World Bank, January 2008.

Figure 22 - Evolution de la demande d'énergie primaire du secteur résidentiel à l'horizon 2020 et 2030

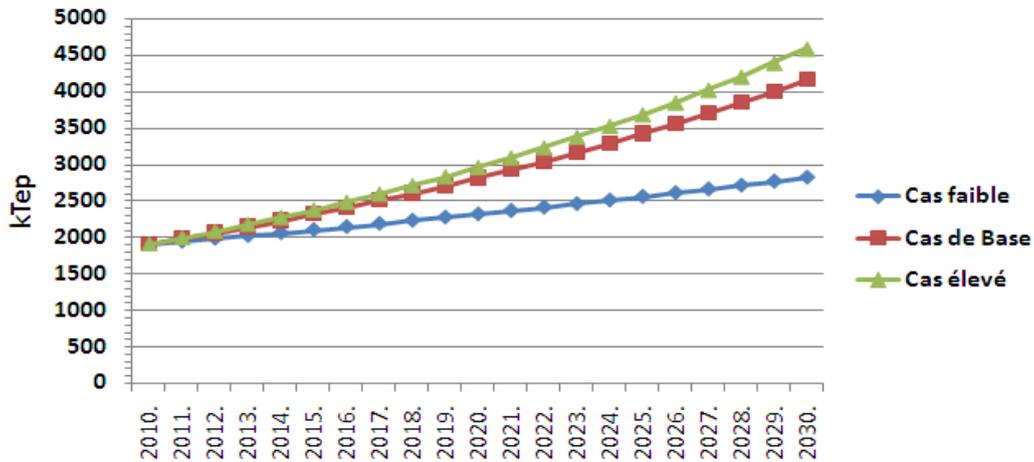
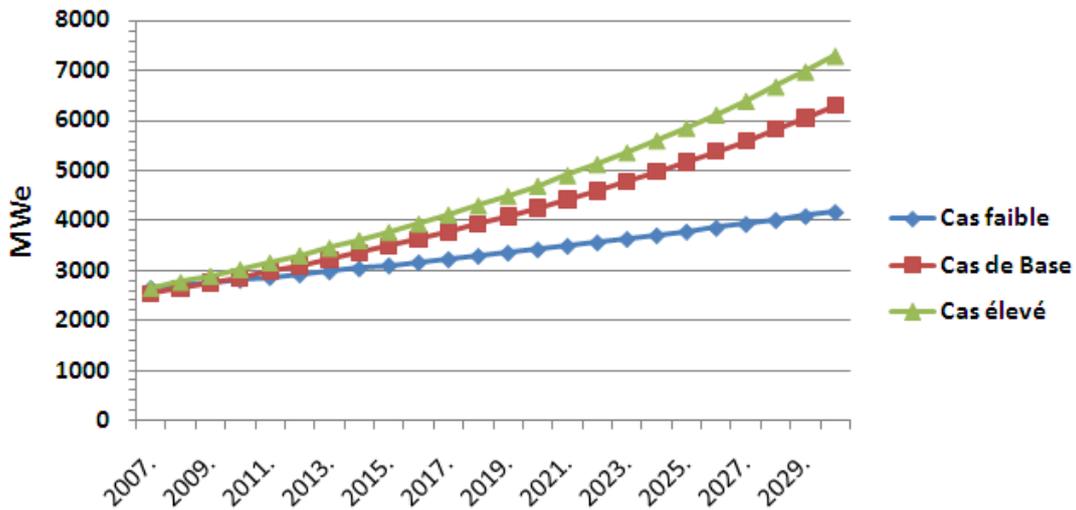
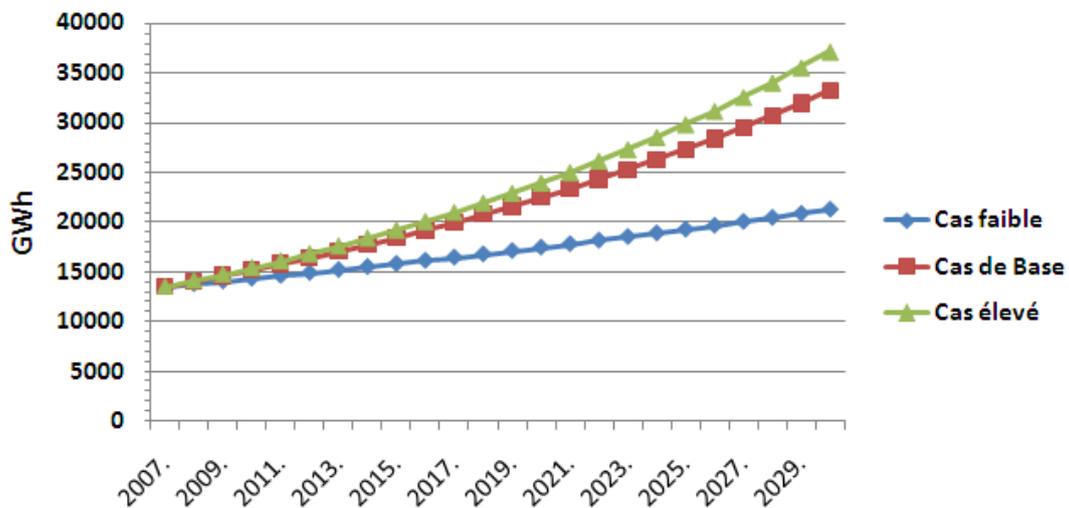


Figure 23 - Evolution de la puissance électrique à installer au Liban (EDL+ auto-producteurs) à l'horizon 2020 et 2030 selon 3 scénarios



Source : reconstituée par A. Mourta à partir des informations disponibles

Figure 24 - Evolution de la demande d'électricité au Liban à l'horizon 2020 et 2030 selon 3 scénarios



Source : reconstituée par A. Mourta à partir des informations disponibles

1.2.4. Evolution des émissions de CO₂ à mix énergétique constant

Les émissions de tonnes équivalents CO₂ au Liban et la part du secteur résidentiel et tertiaire sont données dans le Tableau 11 suivant²⁰ :

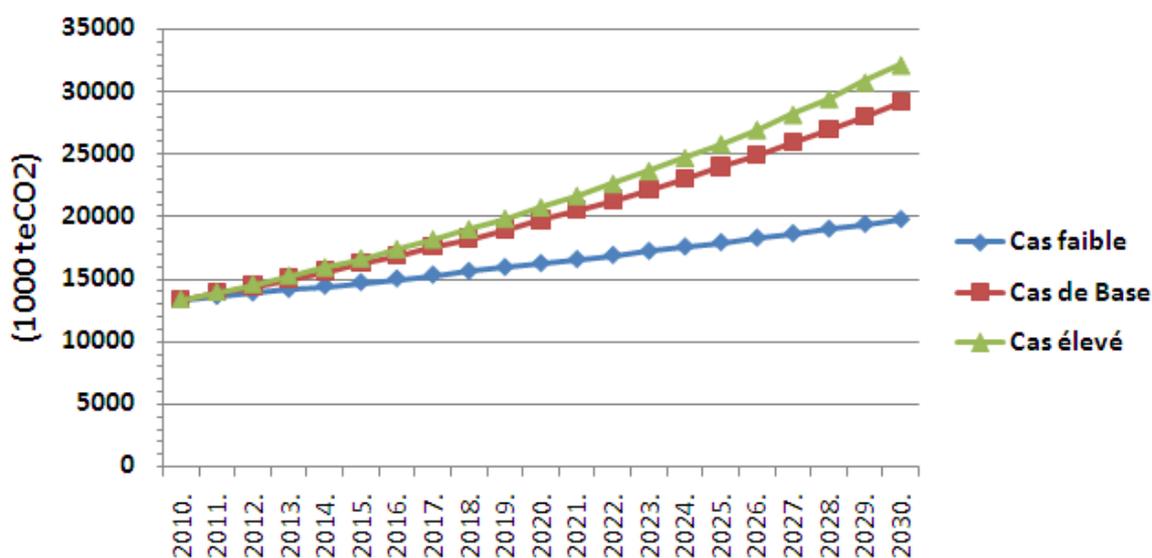
Tableau 11 - Evolution des émissions du Liban et du secteur résidentiel et tertiaire

	2004	2005	2006	2007
Emissions du Liban (1000 teCO ₂)	14 940	13 478	13 059	10 751
Emissions des secteurs résidentiel et tertiaire (1000 teCO ₂)*	5 910	5 394	4 936	3 827

Source : reconstituée par A. Mourtada à partir du bilan énergétique MEDSTAT II

L'évolution des émissions de CO₂ du Liban à mix énergétique constant à l'horizon 2020 et 2030 est donnée dans la Figure 25. Compte tenu des réductions des émissions dues à la situation anormale en 2007, on estime que le niveau des émissions en 2010 atteindrait 13 300 (1000 teCO₂).

Figure 25 - Evolution des émissions de gaz à effet de serre au Liban à l'horizon de 2010 et 2030 selon 3 scénarios



Source : reconstituée par A. Mourtada

2. Scénario d'évolution à prix croissant

2.1. Définition des hypothèses d'évolution des prix

Dans le cadre de cette étude, nous retiendrons le scénario de l'EIA (Energy Information Administration), révisé lors de la dernière publication 2009 International Energy Outlook, pour lequel le prix moyen du baril de pétrole serait en augmentation pour atteindre US\$110 en 2015 et US\$130 en 2030 hors inflation.

2.2. Définition des hypothèses d'élasticité prix/consommation

Le scénario sur l'évolution de la consommation énergétique liée au bâtiment, avec un prix de l'énergie croissant, serait défini en tenant compte de la notion d'élasticité : en quoi la variation des prix limite ou pas la consommation ?

Afin de répondre à cette question il faut signaler qu'en 2008 la subvention du gouvernement à l'EDL a atteint 1,4 milliards US\$ et 1,45 milliards US\$ en 2009. Cette subvention correspond à 75 à 84 % du prix d'achat de fioul (importé) et de l'électricité (de la Syrie et de l'Egypte) par l'EDL. En considérant que l'EDL va améliorer sa production d'électricité de 4 % par an (augmentation des importations d'électricité de la

²⁰ "MEDSTAT II et CAS", 2009.

Syrie, de l’Egypte et éventuellement de la Turquie), les subventions du gouvernement à l’EDL, en prenant en compte les hypothèses d’élasticité des prix, correspondraient aux données de la Figure 26. On rappelle que les besoins d’électricité complémentaire seront assurés par les auto-producteurs.

En considérant que les subventions du gouvernement à l’EDL restent du même ordre, soit 84 % des prix d’achat de fioul et de l’électricité (hydraulique, de la Syrie et de l’Egypte), l’évolution de la subvention de l’état à l’EDL, en prenant en compte les hypothèses d’élasticité des prix, correspondrait aux données présentées dans la Figure 27. Les subventions cumulées atteindraient la somme colossale de 48 milliards US\$ de 2008 à 2030 (du même ordre de la dette actuelle de l’Etat). Une révision des tarifs de l’EDL pourrait réduire ces subventions, mais de quel ordre ?

Figure 26 - Evolution de la fourniture par l’Electricité Du Liban (EDL) de 2008 à 2030

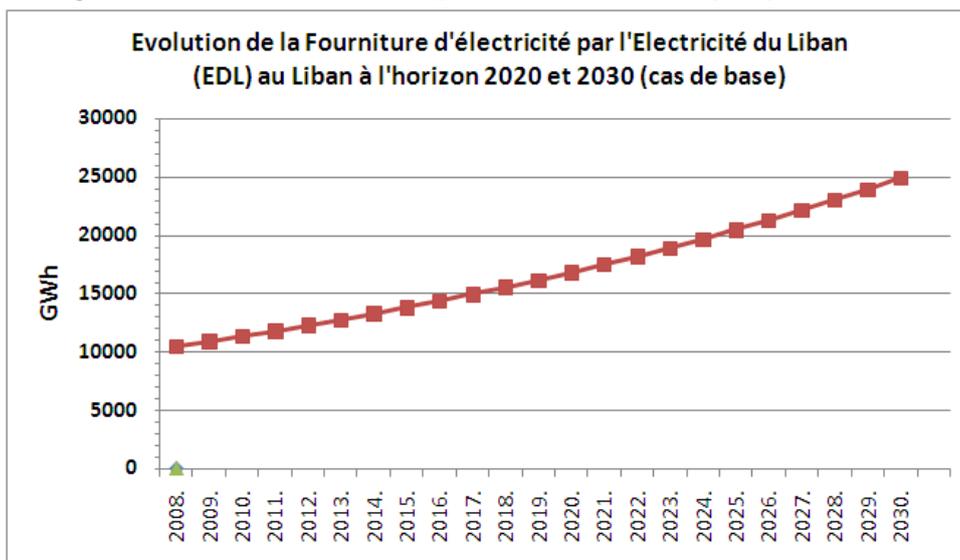
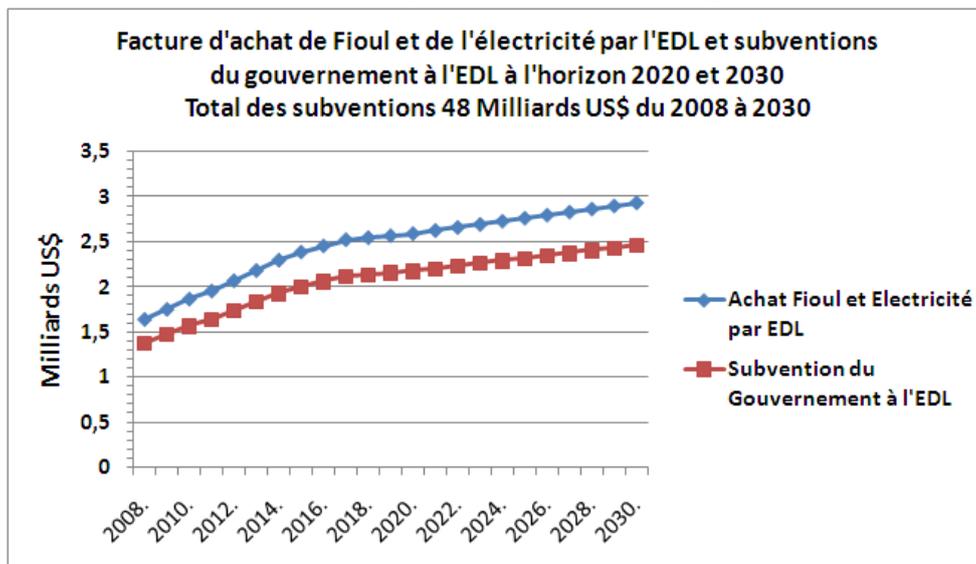
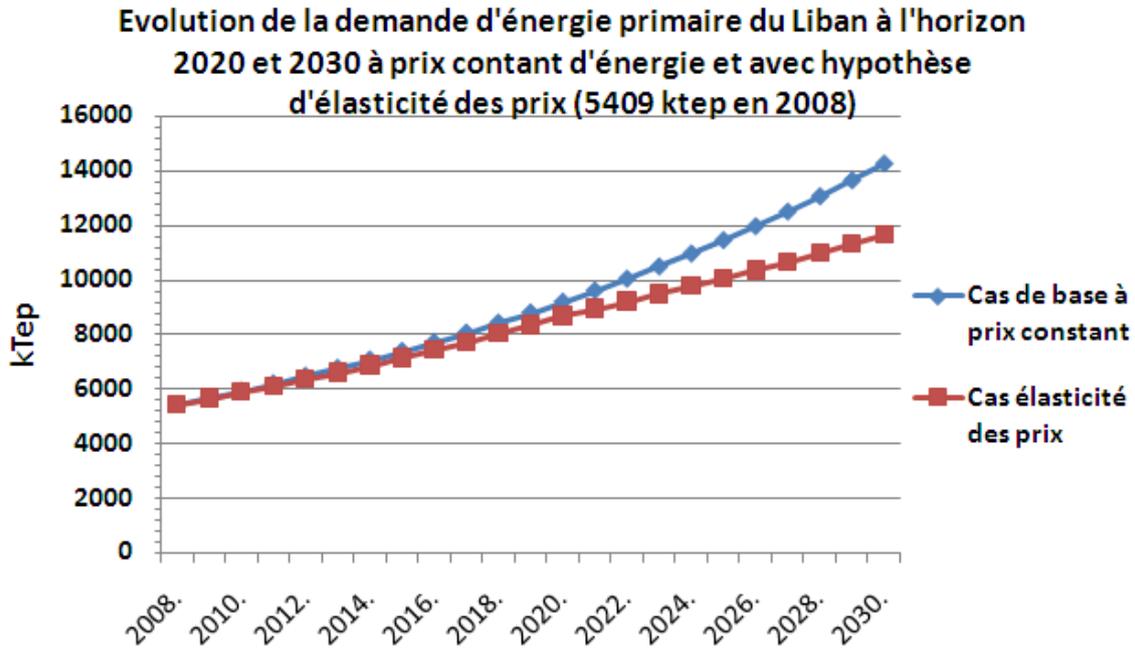


Figure 27 - Facture d’achat de fioul et d’électricité par l’EDL et subventions du gouvernement à l’EDL de 2008 à 2030



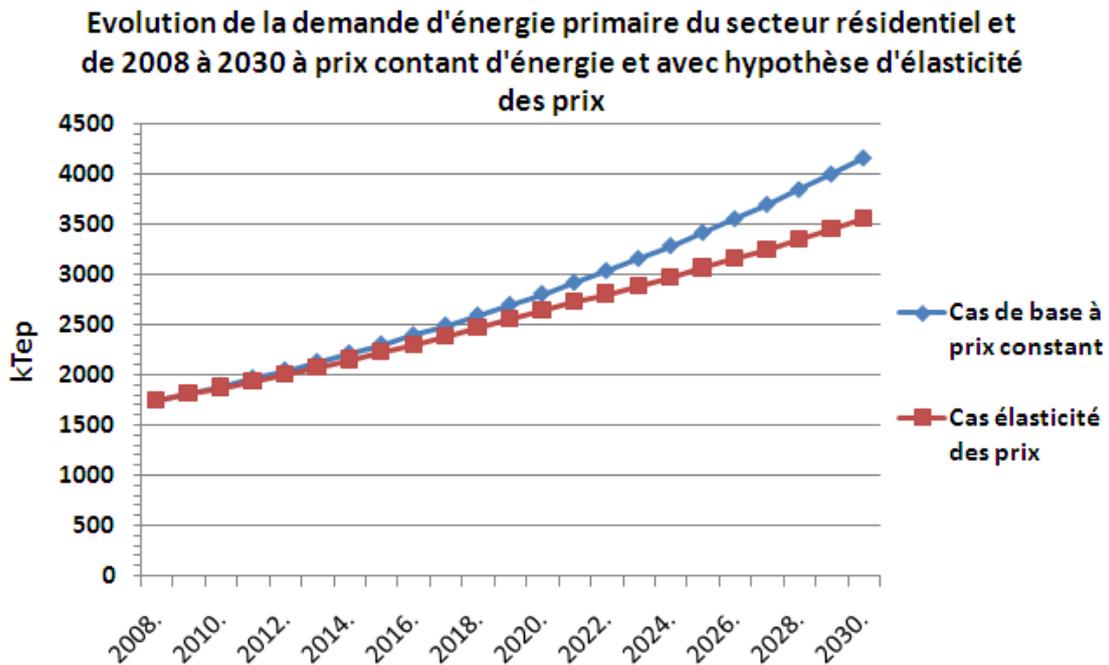
Avec les hypothèses d’élasticité des prix définies ci-dessus, on estime que l’augmentation de la demande d’énergie serait de 4 % à l’horizon 2010-2020 et de 3 % à l’horizon 2021-2030. La Figure 28 présente l’évolution de la demande d’énergie primaire 2008-2030, à prix constant de l’énergie et en considérant l’hypothèse d’élasticité des prix.

Figure 28 - Evolution de la demande en énergie primaire du Liban de 2008 à 2030 à prix de l'énergie constant et avec l'hypothèse d'élasticité des prix



En considérant les mêmes hypothèses, l'évolution de la demande en énergie primaire du secteur résidentiel est donnée dans la Figure 29.

Figure 29 - Evolution de la demande en énergie primaire du secteur résidentiel de 2008 à 2030 à prix de l'énergie constant et avec l'hypothèse d'élasticité des prix



IV. Les solutions techniques d'efficacité énergétique disponibles

1. Zonage climatique

Les zones climatiques définies dans le paragraphe 1.2 seront considérées dans le reste de l'étude. Ces quatre zones sont les suivantes :

- Zone 1 – Côtière,
- Zone 2 – Montagne ouest à moyenne altitude,
- Zone 3 – Plateau continental,
- Zone 4 – Haute montagne.

2. Identification des options d'efficacité énergétique par zone climatique

Les options et les mesures d'efficacité énergétique par zone climatique sont données dans le Tableau 12. Les options sont classées par zone climatique en fonction de leur efficacité énergétique et économique. Par exemple, la climatisation solaire par absorption et adsorption est efficace sur le plan technique en zone climatique 4 mais, dans cette zone, climatisation n'est pas indispensable, ce qui réduirait l'efficacité économique (faible temps d'utilisation et très long temps de retour). Globalement, cette solution n'est donc pas efficace pour la zone considérée.

Tableau 12 - Les mesures d'efficacité énergétique par zone climatique en fonction de leur efficacité

Options ou mesures d'efficacité énergétique	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Les plus grandes façades sont orientées Nord-Sud	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Efficacité moyenne
Ventilation naturelle le jour en été	Très efficace	Très efficace	Non efficace ou non adaptée	Très efficace
Ventilation naturelle la nuit en été	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Isolation des toitures	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Isolation des murs	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Isolation des fenêtres	Efficacité moyenne	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Protection solaire des fenêtres	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Eclairage naturel	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Inertie thermique	Non efficace ou non adaptée	Très efficace	Très efficace	Efficacité moyenne
Tours à vent	Non efficace ou non adaptée	Non efficace ou non adaptée	Efficacité moyenne	Non efficace ou non adaptée
Eclairage efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Chauffe-eau solaire	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Chauffage solaire des locaux	Efficacité moyenne	Efficacité moyenne	Très efficace	Non efficace ou non adaptée
Ventilo-évaporateur	Non efficace ou non adaptée	Non efficace ou non adaptée	Très efficace	Non efficace ou non adaptée
Pompe à chaleur géothermique	Efficacité moyenne	Efficacité moyenne	Efficacité moyenne	Non efficace ou non adaptée
Climatisation efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Non efficace ou non adaptée
Equipements électroménagers à efficacité énergétique	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Chauffage efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Climatisation solaire (absorption/adsorption)	Efficacité moyenne	Efficacité moyenne	Très efficace	Non efficace ou non adaptée
Chauffage par capteurs solaires à air	Non efficace ou non adaptée	Efficacité moyenne	Très efficace	Efficacité moyenne
Puits canadiens	Non efficace ou non adaptée	Non efficace ou non adaptée	Efficacité moyenne	Très efficace
Eclairage par panneaux photovoltaïques	Efficacité moyenne	Efficacité moyenne	Très efficace	Efficacité moyenne
Turbine à air	Non efficace ou non adaptée	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Bâtiment à énergie positive	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Efficacité moyenne

Très efficace
Efficacité moyenne
Non efficace ou non adaptée

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

Les barrières à la diffusion à grande échelle des options identifiées sont données dans les Tableau 13, Tableau 14 et Tableau 15.

Tableau 13 - Barrières économiques au développement à grande échelle des options identifiées

Contraintes	Impacts	Solutions
Le prix des énergies, surtout de l'électricité, ne reflète pas son coût réel	L'isolation thermique et les doubles vitrages présentent un temps de retour très élevé	A court terme, le prix de l'énergie doit refléter son coût direct A long terme, le prix de l'énergie devra également inclure les coûts indirects liés à la pollution (en fonction de la nature de la source d'énergie)
	Le chauffe-eau électrique se développe au dépend du chauffe-eau solaire	
L'investissement initial est élevé	Temps de retour élevé (de 7 à 30 ans selon l'énergie substituée)	A court terme, mise en place de prêts bonifiés A moyen et long termes, mise en place d'incitations fiscales

Tableau 14 - Barrières institutionnelles au développement à grande échelle des options identifiées

Contraintes	Impacts	Solutions
<ul style="list-style-type: none"> Absence de volonté politique de promotion du développement du solaire thermique au Liban Inexistence de cadres réglementaires Absence de programmes sur les moyen et long termes Absence d'incitations financières pour l'industriel comme pour le particulier 	Marché marginal et instable	<ul style="list-style-type: none"> Mise en place de politiques et de programmes de maîtrise de l'énergie dans une optique de développement durable
<ul style="list-style-type: none"> Absence de volonté politique d'application des normes d'isolation thermique Inexistence de cadres réglementaires précisant les rôles des différentes administrations dans le contrôle d'application et les démarches de mise en œuvre de la norme d'isolation thermique Le contrôle effectif d'exécution de la construction des bâtiments est inexistant Les normes et codes de construction ne sont pas enseignés dans les cursus universitaires Les ingénieurs et architectes ne sont pas formés à l'application de la norme d'isolation thermique et trouvent de grandes difficultés dans son exploitation Le maître d'ouvrage n'est pas sensibilisé à l'importance de l'isolation thermique Les administrations concernées par la délivrance des permis de construire ne vérifient pas si les plans présentés sont conformes à la norme d'isolation thermique 	Marché marginal et instable	<ul style="list-style-type: none"> Imposer dans les appels d'offre l'obligation de conformité aux normes d'isolation thermique, de la conception à l'exécution des bâtiments Charger l'Ordre des ingénieurs du contrôle de la conformité des plans aux normes d'isolation Charger les administrations concernées par la délivrance des permis d'habitation de vérifier si les bâtiments ont été construits en conformité avec les plans préalablement visés par l'Ordre des ingénieurs. Inclure des modules obligatoires relatifs aux codes de construction et d'isolation thermique dans les programmes des cursus d'architecture et d'ingénierie Sensibiliser la population à l'importance de l'isolation thermique et de l'application des normes Effectuer des séminaires de formation aux processus d'application de la norme d'isolation thermique destinés aux ingénieurs des secteurs privé et public Réviser les normes d'isolation thermique et développer des outils informatiques et des guides techniques d'application

Tableau 15 - Barrières sociales et techniques au développement à grande échelle des options identifiées

Contraintes	Impacts	Solutions
Avantages non connus par le consommateur (sur les court, moyen et long termes) Manque de connaissances des enjeux macroéconomiques et environnementaux	Marché marginal et non évolutif	1 – Information 2 – Sensibilisation 3 – Formation 4 - Projets pilotes de démonstration
Faible appropriation des techniques d'isolation thermique et des systèmes d'énergies renouvelables	Marché marginal et non évolutif	1 - Formation des techniciens
Résultats aléatoires et efficacité incertaine	Image négative de l'énergie solaire thermique et contre références	1 – Mise en place de normes de qualité 2 – Mise en place de labels
Intégration difficile des capteurs, des panneaux photovoltaïques et des turbines à air dans les bâtiments et en particulier dans le tissu urbain dense	1 – Difficulté pour trouver le bon emplacement technique (bonne orientation et inclinaison des capteurs, etc.) 2 – Difficulté d'intégration esthétique	Prévoir l'option solaire dès la conception du bâtiment (en terrasse, en façade, en pare soleil, etc.)

4. Exemple de projet

Le projet d'efficacité énergétique dans la construction (FFEM) donne des exemples de projets pilotes réussis au Liban²¹.

Les résultats du projet sont : des surcoûts de l'ordre de 5 à 10 % mais aussi des améliorations simples et bien maîtrisées qui ont permis de réduire les consommations d'énergie de 30 à 50 %. Le projet a montré que l'on peut facilement obtenir des économies d'électricité d'au moins 1 500 kWh/an par logement-type de 150 m², pour des surcoûts d'investissement inférieurs à 5 %.

Pour les 20 000 m² construits, l'économie s'élève à 235 MWhe/an en production. Cela a permis une réduction des émissions en CO₂ du même ordre en proportion, soit 30 à 50 % par bâtiment.

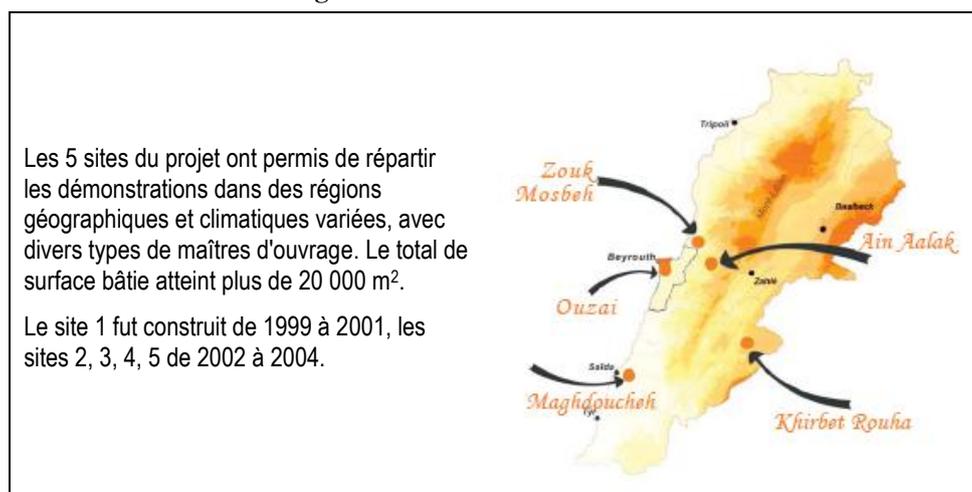
Au-delà de ces effets localisés mais démonstratifs, il reste à influencer progressivement tout le secteur de la construction, en ce qui concerne la réglementation pour le neuf et ensuite pour la réhabilitation des immeubles existants et la transformation accélérée des parcs d'équipements (Figure 30 et Figure 31).

Figure 30 - Plaquette du projet pour l'efficacité énergétique dans la construction au Liban



²¹ <http://www.afd.fr/jahia/webdav/site/afd/users/admircherche/public/Expost%20N6%20final-16-11-2007.pdf>

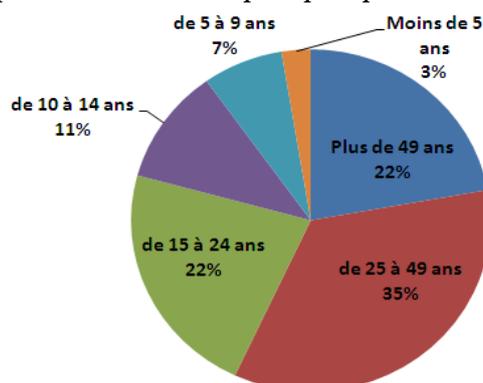
Figure 31 - Les 5 sites de démonstration



5. Réhabilitation thermique de l'existant

La Figure 32 présente la répartition des résidences principales par classe d'âge. Plus de 57 % de logements ont plus de 25 ans. 22 % ont plus de 50 ans et ont besoin d'être réhabilités. A cet effet, la réhabilitation thermique des bâtiments résidentiels existants pourrait être une priorité.

Figure 32 - Répartition des résidences principales par classe d'âge en % en 2004



Source : ACS

Les options à mettre en place dans le cas de réhabilitations sont données en fonction de leur efficacité dans le Tableau 16 suivant :

Tableau 16 - Les options d'efficacité énergétique à mettre en place dans le cas de réhabilitations

Options ou mesures d'efficacité énergétique	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Isolation des toitures	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Isolation des murs	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Isolation des fenêtres	Efficacité moyenne	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Protection solaire des fenêtres	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Eclairage efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Chauffe-eau solaire	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Climatisation efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Non efficace ou non adaptée
Equipements électroménagers à efficacité énergétique	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Chauffage efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace

Très efficace
Efficacité moyenne
Non efficace ou non adaptée

V. Scénarios alternatifs de maîtrise de l'énergie

1. Hypothèses de contexte

1.1. Répartition du parc de logements par zone climatique

Nous allons considérer les zones climatiques retenues dans le cadre de la norme d'isolation thermique du Liban. Ce 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.

Nous avons déduit la répartition des logements par zone climatique à partir de la répartition des logements par région administrative. Le Tableau 17 donne le nombre de résidences principales par zone climatique.

La zone côtière contient le plus grand nombre de résidences principales, suivie par la zone ZT2 et la zone ZT3. La zone ZT4 de haute-montagne n'abrite que 6 % du total.

Tableau 17 - Nombre de logements par zone climatique

Zones	Nombre de résidences principales	%
ZT1	592 059	67
ZT2	144 070	16
ZT3	100 714	11
ZT4	51 970	6
Total	888 813	100

Source : CAS, adaptée par Mourtada

1.2. Superficie des logements

En première approximation, la superficie moyenne des logements au Liban est de l'ordre de 129,3 m² et varie selon les zones comme suit (Tableau 18) :

Tableau 18 - Superficie moyenne des logements selon les zones climatiques

Zone climatique	Superficie moyenne (m ² /logement)	Pourcentage de logements en propriété
ZT1	123,5	64 %
ZT2	134	81 %
ZT3	151,5	93 %
ZT4	138	86 %
Toutes zones	129,3	71,4 %

Source : CAS 2004, adaptée par A. Mourtada

1.3. Mode de chauffage

Les principaux modes de chauffage dans les résidences principales en fonction des zones climatiques sont donnés dans le Tableau 19 ci-dessous (plus d'un mode peut être utilisé dans un logement) :

Tableau 19 - Modes de chauffage principaux par logement en fonction des zones climatiques

Zone climatique	Individuel fuel	Central Fuel	Charbon ou bois	Individuel gaz GPL	Electricité	Non chauffés et non spécifiés
ZT1	15 %	4 %	13 %	40 %	18 %	8 %
ZT2	13 %	7 %	18 %	45 %	21 %	5 %
ZT3	84 %	6,7 %	12,3 %	1,2 %	0,5 %	3 %
ZT4	24 %	6 %	29,4	35 %	20 %	1 %
Toutes zones	20,1 %	6,8 %	17,3 %	29, %	21,8 %	6,7 %

Source : CAS, adaptation par A.Mourtada

1.4. Structure des consommations d'énergies finales et primaires

La structure des consommations finales d'énergie au Liban n'est pas connue. Cependant quelques enquêtes et campagnes de mesures instrumentées ont été menées par des universités ou dans le cadre du projet « Efficacité énergétique dans la construction au Liban, PEEC/FFEM ». Le croisement des différents résultats permet de tracer l'état de lieu suivant :

- Les besoins réels en puissance électrique s'élèvent en 2006 à 2 614 MW²². EDL assure 1 530 Mwe, le solde étant assuré par le secteur privé (groupes électrogènes). Restent des besoins latents non satisfaits dans l'attente de l'amélioration de la production.
- La demande en électricité est estimée de l'ordre de 13 203 GWh (chiffre retenu par la Banque Mondiale).

L'Electricité du Liban donne les consommations d'électricité pour les secteurs résidentiel et tertiaire confondus. Les mesures des consommations d'électricité effectuées²³ en 2001 dans des logements à Zouk Mosbeh ont donné 3 949 kWh/logement/an (eau chaude non électrique). L'analyse des factures d'électricité de 500 logements à Beyrouth²⁴ en 2000 a donné une moyenne annuelle de 4 968 kWh/logement/an. Les mesures effectuées dans des logements²⁵ à Tripoli et Ballouné ont donné 4 839 kWh/logement/an (en dehors de l'eau chaude). Enfin, d'après la balance énergétique de 2006, on peut déduire que la consommation finale d'électricité du secteur résidentiel est de 5 062 kWh/logement/an. Le secteur résidentiel représente à lui seul 45 % de la consommation électrique finale.

Cette même campagne de mesures a montré que :

- La consommation moyenne observée des congélateurs-réfrigérateurs est égale à 1 097 kWh/an. A titre de comparaison, la valeur moyenne obtenue lors des diverses campagnes réalisées en France entre 1996 et 2000 (hors Guyane) s'élève à 587 kWh/an.
- La consommation moyenne observée des lave-linge est de 114 kWh/an. Cette valeur est la plus faible rencontrée au cours des diverses campagnes de mesure. A titre d'exemple, la consommation moyenne observée en France lors de la campagne CIEL était de 235 kWh/an.
- La consommation du poste de télévision est en moyenne de 236 kWh/an. La consommation de veille représente 21 % de la consommation totale, soit 50,7 kWh/an.
- La consommation moyenne d'un split réversible (chauffage et refroidissement) est de 1 222 kWh/an dont 58 % pour la climatisation et 42 % pour le chauffage.
- La saison de chauffage dure en moyenne environ 96 jours (mois de décembre, janvier et février) et celle de climatisation 133 jours dans la zone climatique ZT1.
- La consommation moyenne annuelle d'eau (froide et chaude) s'élève à 193 m³/an (529 l/jour) par logement ou encore à 45 m³/an par personne (123 l/jour/personne). A titre de comparaison, la consommation moyenne française est estimée par l'Agence de l'eau à environ 150 l/jour/personne.
- La consommation moyenne d'eau chaude par logement est de 46 m³ par an (126 litres/jour), ce qui représente des besoins de chauffage d'ECS de 1 750 kWh/logement/an en ZT1, 1 850 kWh en zone ZT2, 1 950 kWh en zone ZT3 et 2 100 kWh en zone ZT4.
- La consommation électrique moyenne des logements performants s'élève à 2 695 kWh/an (24,5 kWh/m²/an ou 68,8 kWh/m²/an d'énergie primaire), soit 50 % de moins que les logements non performants (en dehors du chauffage de l'eau).

L'évolution des consommations d'énergie primaire par ménage est donnée dans le Tableau 20.

²² Felix Gooneratne " DSM assessment and business opportunities in Lebanon ", LCECP, July 2008

²³ O. Sidler « Rapport de la campagne de mesure à Zouk Mosbeh » ADEME/ENERTECH, marché N° 02.09.033, septembre 2002.

²⁴ A. Mourtada « Maîtrise de la demande d'électricité au Liban », ALMEE/PEEC, 2001.

²⁵ N. Adra, R. Cantin, V. Richalet, G. Guarracino, A. Mourtada « Vers l'application d'une certification énergétique dans les bâtiments au Liban », COMPLE 2000, Pp. 56-62. 2001.

Tableau 20 - Evolution des consommations en énergie primaire du secteur résidentiel (2004-2007)

Indicateurs	2004	2005	2006	2007
Consommation énergie primaire en tep/ménage	2,14	1,97	1,80	1,43
Consommation énergie primaire du résidentiel en kWh/m ² /an	193	177	162	128

Source : adaptée par A. Mourtada)

1.5. Besoins spécifiques de chauffage et de climatisation

Des simulations de logements types dans différentes zones climatiques pour les conditions intérieures de base (T_i hiver = 20 °C et T_i été = 24 °C) et en tenant compte *des conditions réelles d'occupation*, ont abouti aux besoins spécifiques de chauffage et de climatisation suivants²⁶ (Tableau 21).

Tableau 21 - Besoins de chauffage et de climatisation pour des logements types dans différentes zones climatiques au Liban

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Besoins de chauffage en kWh/m ² /an	50	143	163	300
Besoins de climatisation en kWh/m ² /an	40	14	24	Pas de besoins
Total des besoins en kWh/m ² /an	90	157	187	300

Les puissances de chauffage et de climatisation sont données dans le Tableau 22.

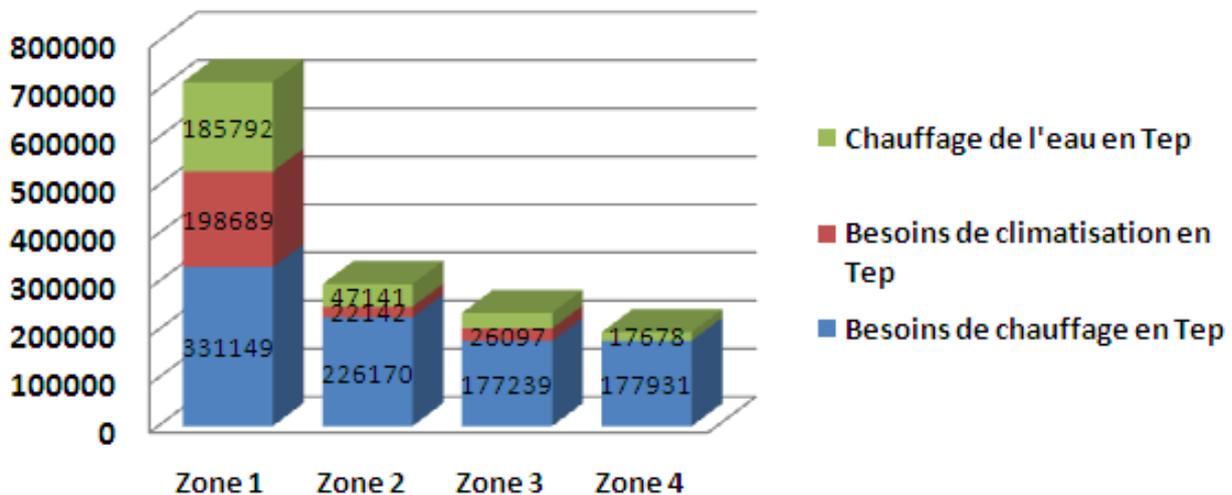
Tableau 22 - Puissance de chauffage et de climatisation pour des logements types dans différentes zones climatiques au Liban

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Puissance de chauffage W/m ²	40	80	180	250
Puissance de climatisation en W/m ²	70	100	170	Pas de besoins

1.6. Structure des besoins en énergie primaire du secteur résidentiel

La répartition des besoins de référence de chauffage, de climatisation et de chauffage de l'eau par zone climatique est donnée dans la Figure 33.

Figure 33 - Besoins globaux de référence de chauffage, de climatisation et de chauffage de l'eau dans les zones climatiques du Liban



Source : ECOTECH/ADEME

²⁶ « Projet de développement d'une réglementation thermique des bâtiments au Liban », ADEME/ECOTECH, 2009

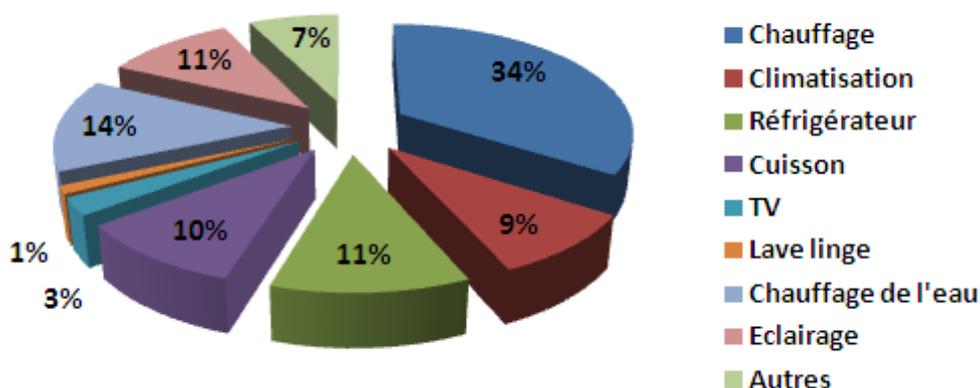
Les consommations réelles sont inférieures aux besoins de référence pour les raisons suivantes :

- Les ménages ne chauffent pas et ne climatisent pas toute la surface de leur logement pour réduire leur facture énergétique. Ils vivent dans des conditions d'inconfort. Quand leurs ressources leur permettront, ils auront recours au chauffage et à la climatisation. Ces besoins latents pourraient se traduire dans le futur par une augmentation des consommations.
- Les coupures d'électricité de l'EDL plusieurs heures par jour réduisent le nombre d'heures de climatisation et limitent les consommations d'électricité. Le retour à la situation normale d'alimentation 24h/24h conduirait à l'accroissement des consommations d'électricité.

C'est pourquoi il faudrait non seulement réduire les consommations réelles, mais aussi réduire les besoins latents.

La structure des consommations primaires à l'horizon de 2010, en tenant compte de la non satisfaction de la totalité de besoins de chauffage et de climatisation, est donnée dans la Figure 34.

Figure 34 - Structure des consommations en énergie primaire par type d'utilisation à l'horizon de 2010 au Liban

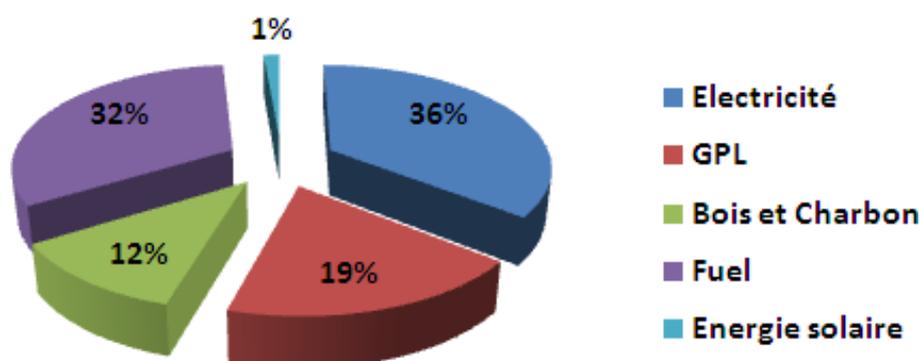


Source : A. Mourtada

On remarque que le chauffage et le chauffage de l'eau sont les plus consommateurs (48 %), suivis par la réfrigération et la climatisation (20 %).

La structure des consommations finales par source d'énergie à l'horizon 2010 (année de référence) pour le scénario de base est donnée dans la Figure 35.

Figure 35 - La structure des consommations finales par source d'énergie à l'horizon 2010



Source : A. Mourtada

2. Définition des scénarios alternatifs de maîtrise de l'énergie

Les options d'efficacité énergétique ont été identifiées au paragraphe IV.2. Certaines de ces mesures ne pourraient pas faire l'objet d'une mise en œuvre de grande envergure à cause de leur coût et des contraintes d'emplacements. Nous allons retenir les mesures les plus efficaces pour les scénarios alternatifs.

3. Impacts de chaque mesure dans le résidentiel neuf

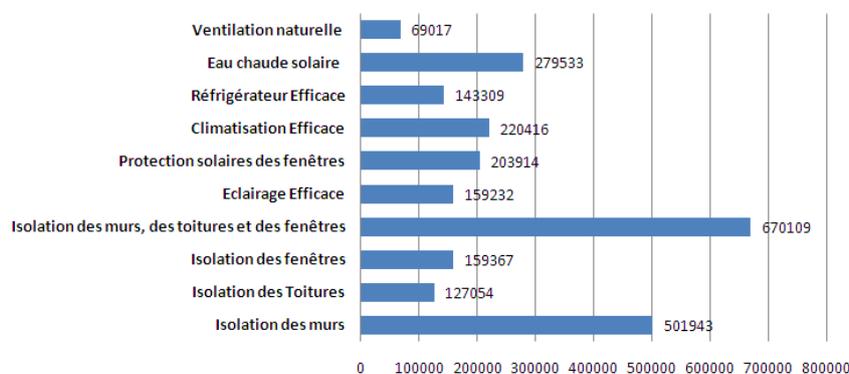
Le taux de pénétration de chaque mesure est estimé en fonction de son potentiel technico-économique. Les impacts sur les consommations d'énergie sont évalués à l'horizon 2030 en supposant qu'à cette échéance le taux de pénétration sera maximum.

L'hypothèse de base est la réalisation de 40 500 logements par an en 2010, avec une progression annuelle de 4,5 %. Ces résidences seront réparties sur les 4 zones climatiques dans la même proportion qu'actuellement. Pour pouvoir transformer ce potentiel en économies réelles, il conviendrait de faire évoluer les politiques d'efficacité énergétique du pays.

3.1. Impacts sur la consommation d'énergie

Les potentiels maximaux d'économies d'énergie de chaque mesure à l'horizon de 2030 sont donnés dans la Figure 36.

Figure 36 - Economies d'énergie des mesures d'efficacité énergétique dans le résidentiel neuf à l'horizon 2030

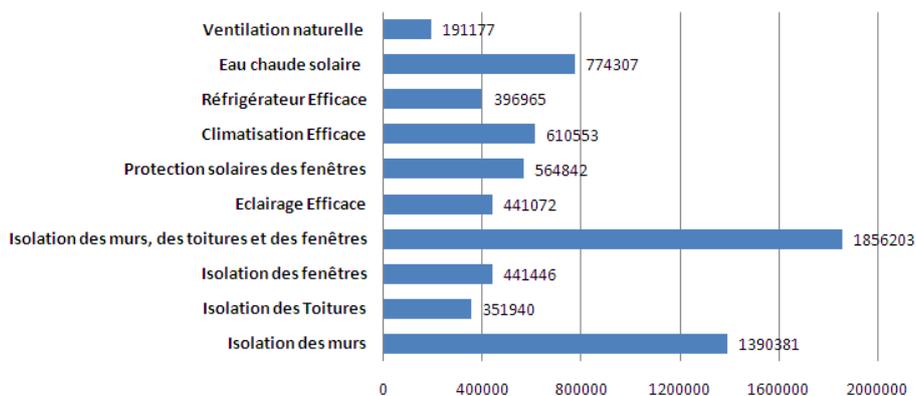


Source : ECOTECH/ADEME²⁷

3.2. Impacts sur les émissions de CO2

Les potentiels maximaux de réduction de gaz à effet de serre de chaque mesure dans le résidentiel neuf à l'horizon 2030 sont donnés dans la Figure 37.

Figure 37 - Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le résidentiel neuf des mesures d'efficacité énergétique à l'horizon 2030 (en teqCO₂)



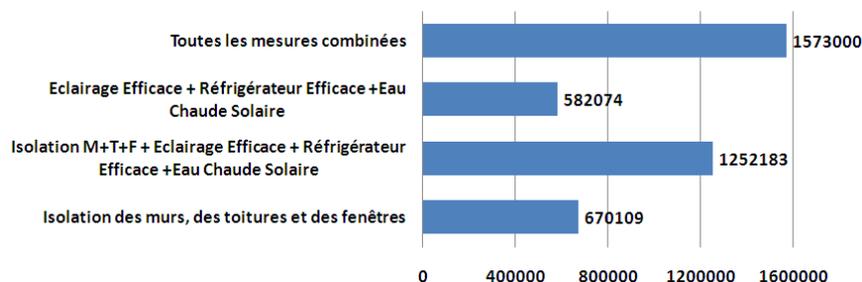
Source : ADEME/ECOTECH

²⁷ « Rapport Analyses énergétiques - Projet de développement d'une réglementation thermique des bâtiments au Liban », ADEME/ECOTECH, 2009

4. Potentiel d'efficacité énergétique

L'impact des combinaisons des différentes mesures sur les économies d'énergie est donné dans la Figure 38.

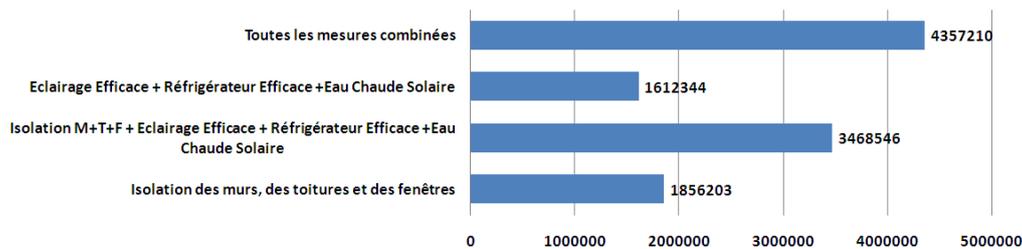
Figure 38 - Impacts des combinaisons de différentes mesures sur les économies d'énergie à l'horizon 2030 (en Tep)



Source : ADEME/ECOTECH

L'impact des combinaisons des différentes mesures sur la réduction des émissions de GES est donné dans la Figure 39.

Figure 39 - Impacts des combinaisons de différentes mesures sur la réduction des GES à l'horizon 2030 (en teqCO₂)



Source : ADEME/ECOTECH

5. Identification des mesures prioritaires par zone climatique

5.1. Priorisation des mesures selon leur potentiel d'économie d'énergie

Les mesures prioritaires par zone climatique, selon leur potentiel d'économies d'énergie, sont données dans le Tableau 23.

Tableau 23 - Les mesures d'efficacité énergétique par zone climatique en fonction de leur efficacité

Options ou mesures d'efficacité énergétique	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Isolation des toitures	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Isolation des murs	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Isolation des fenêtres	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Protection solaire des fenêtres	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Eclairage naturel	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Eclairage efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Chauffe-eau solaire	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Climatisation efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Non efficace ou non adaptée
Equipements électroménagers à efficacité énergétique	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Chauffage efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace	Très efficace
Eclairage par panneaux photovoltaïques	Efficacité moyenne	Efficacité moyenne	Efficacité moyenne	Efficacité moyenne

Très efficace
Efficacité moyenne
Non efficace ou non adaptée

5.2. Définition du scénario alternatif de maîtrise de l'énergie

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, économiquement et politiquement matures pour une diffusion à grande échelle. 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, des murs et changement des fenêtres),
- Diffusion des appareils électroménagers, de chauffage et de climatisation efficaces,
- Diffusion des chauffe-eau solaires.

Les hypothèses retenues pour la pénétration de ces mesures sont données dans le Tableau 24.

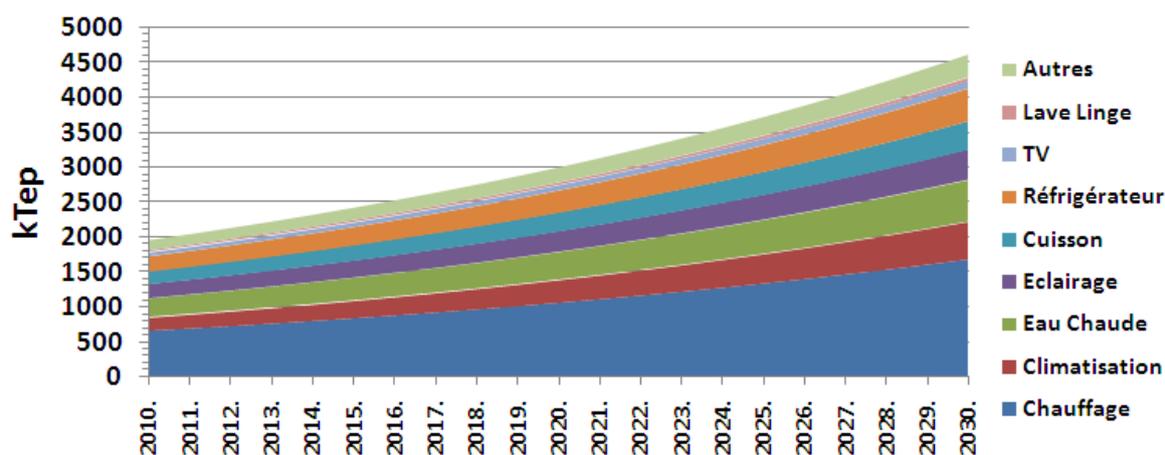
Tableau 24 - Taux de pénétration des mesures d'efficacité énergétique dans le résidentiel (neuf et existant) à l'horizon 2020 et 2030

Mesures diffusées à grande échelle	Résidentiel existant			Résidentiel neuf		
	2010	2020	2030	2010	2020	2030
Généralisation des enveloppes efficaces pour les nouveaux bâtiments				2 %	50 %	90 %
Eclairage efficace	20 %	100 %	100 %	20 %	100 %	100 %
Rénovation thermique des bâtiments existants	1 %	10 %	30 %			
Diffusion des appareils électroménagers, de chauffage et climatiseurs efficaces	10 %	50 %	100 %	10 %	50 %	100 %
Diffusion des chauffe-eau solaires	7 %	17 %	30 %	8 %	20 %	35 %

5.3. Potentiel d'économie d'énergie primaire du scénario alternatif

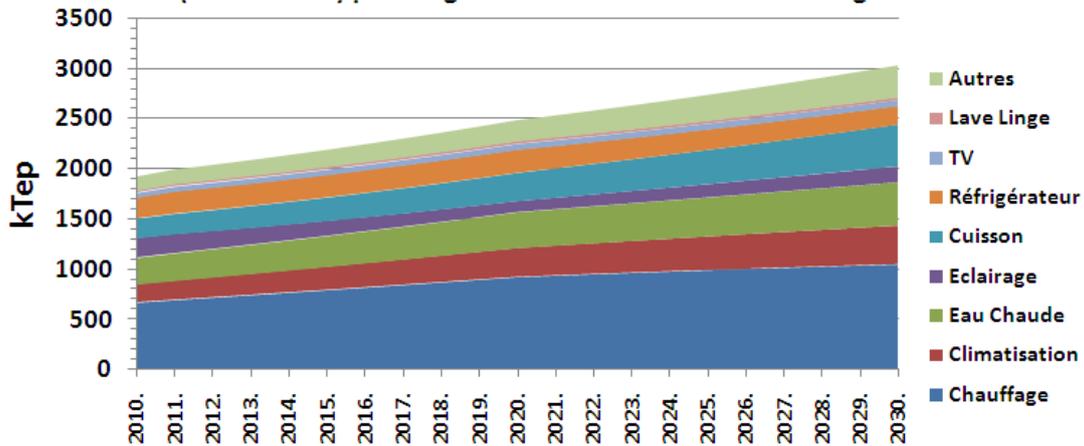
La Figure 40 donne l'évolution des consommations d'énergie primaire du secteur résidentiel pour le scénario tendanciel, de prolongation de la situation actuelle.

Figure 40 - Evolution des consommations d'énergie primaire du secteur résidentiel par usage pour le scénario de prolongation de la situation actuelle entre 2010-2030



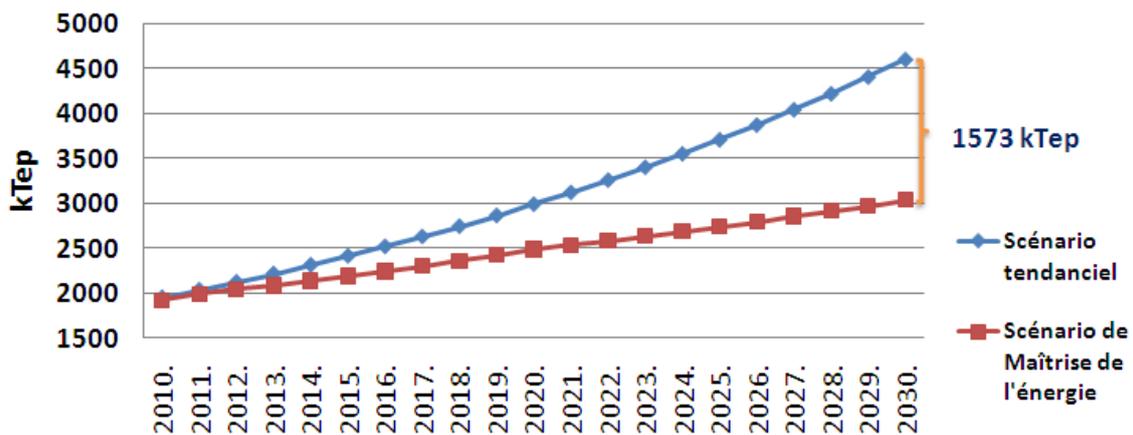
En agréant les mesures retenues et en tenant compte des hypothèses de diffusion présentées ci-dessus, les résultats du scénario de maîtrise de l'énergie sont présentés dans la Figure 41.

Figure 41 - Evolution des consommations d'énergie primaire du secteur résidentiel par usage pour le scénario de maîtrise de l'énergie entre 2010-2030



Le potentiel d'économie d'énergie par rapport au scénario tendanciel est estimé à environ 1 573 ktep en 2030, comme le montre la Figure 42.

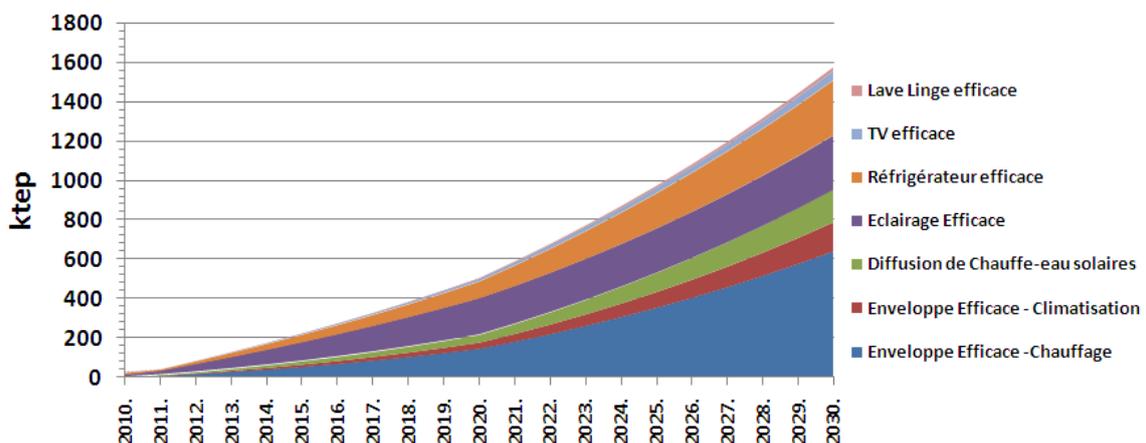
Figure 42 - Evolution de la consommation d'énergie primaire selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie »



Source : A. Mourta

La Figure 43 présente l'évolution des gains annuels potentiels d'énergie primaire sur la période 2010-2030.

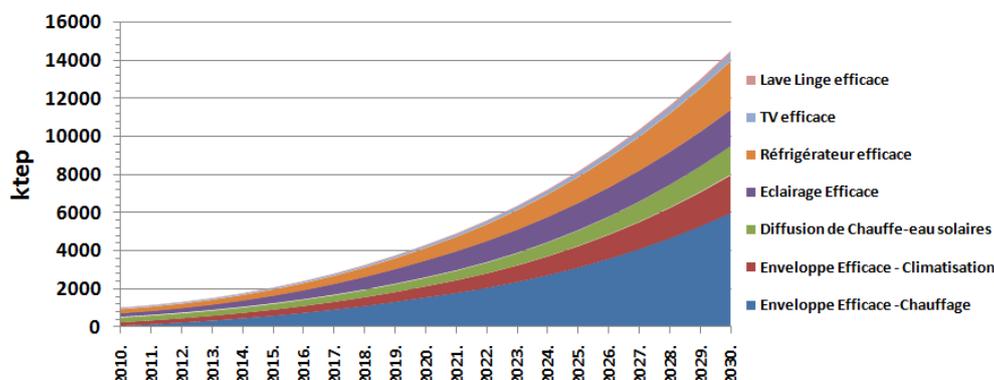
Figure 43 - Evolution des gains annuels d'énergie primaire par type d'utilisation : scénario de maîtrise de l'énergie entre 2010 et 2030



Source : A. Mourta

Les gains cumulés d'énergie primaire sur la période 2010-2030 sont de 14 Mtep, comme le montre la Figure 44.

Figure 44 - Gains cumulés d'énergie primaire par type d'utilisation : scénario de maîtrise de l'énergie



Source : A. Mourtada

Le Tableau 25 donne le potentiel d'économies d'énergies cumulées par mesure aux horizons 2020 et 2030.

Tableau 25 - Potentiel d'économies d'énergies cumulées par mesure aux horizons 2020 et 2030

Mesures	2020	2030
Enveloppe efficace – chauffage (en ktep)	1 344	5 700
Enveloppe efficace – climatisation (en ktep)	532	1 900
Diffusion de chauffe-eau solaires (en ktep)	499	1 497
Eclairage efficace (en ktep)	803	1 810
Réfrigérateur efficace (en ktep)	768	2 554
Autres	175	557
Total (en ktep)	4 121	14 018

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

En conséquence, les émissions évitées cumulées sur la période 2010-2030 seraient de l'ordre de 39 MTECO₂, réparties par mesure et aux horizons 2020 et 2030 dans le Tableau 26.

Tableau 26 - Potentiel cumulé de réduction des émissions de GES à l'horizon 2020 et 2030

Mesures	2020	2030
Enveloppe efficace – chauffage (en kTECO ₂)	4032	16530
Enveloppe efficace – climatisation (en kTECO ₂)	1468	5130
Diffusion de chauffe-eau solaires (en kTECO ₂)	1377	4042
Eclairage efficace (en kTECO ₂)	2216	4887
Réfrigérateur efficace (en kTECO ₂)	2120	6896
Autres	483	1504
Total (en kTECO ₂)	11697	38989

5.5. Impacts socio-économiques de la diffusion à grande échelle des mesures prioritaires

L'investissement initial ne dépasse pas la capacité d'investissement de la majorité des ménages ciblés.

Toutefois, le changement d'échelle des opérations se heurte à plusieurs obstacles :

- La faible rentabilité pour le consommateur final. Compte tenu des coûts actuels de l'isolation et surtout des prix intérieurs des produits énergétiques, la rentabilité de cette mesure reste peu attractive pour les

ménages. En effet, le temps de retour pour le consommateur se situe en moyenne à 8 ans et varie selon le type d'énergie utilisée pour le chauffage (de 6 à 15 ans).

- Le manque de communication ciblée et continue sur les enjeux de l'isolation thermique, de chauffe-eau solaire, des mesures d'efficacité énergétique et sur les techniques disponibles.
- L'absence d'une filière structurée pour porter le développement du marché.
- L'absence d'incitations publiques en faveur de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables.
- L'absence de mise en place d'une stratégie complète couvrant les axes suivants²⁸ :
 - un programme pilote pour initier le marché,
 - un crédit à des conditions avantageuses,
 - une organisation et une structuration des filières EnR et EE.

Il est par conséquent indispensable de mettre en place un programme d'accompagnement et de renforcement des capacités visant à faire émerger ce type d'opérateurs. Parmi les actions d'accompagnement, on citera notamment :

- La formation des petites entreprises de travaux d'isolation et d'installation de chauffe-eau solaires dans les bâtiments résidentiels collectifs,
- La mise en place d'un système d'agrément de ces opérateurs,
- La mise en place d'un système de contrôle qualité,
- La mise en place d'un système de suivi et d'évaluation des réalisations.

La diffusion à grande échelle des mesures prioritaires contribuera à une réduction significative des coûts de ces mesures. Le surcoût global par logement neuf serait de l'ordre de 7 à 10 %. Les économies d'énergies seraient de 40 à 60 %.

Les gains cumulés suite à la réduction de la facture d'importation de produits pétroliers aux horizons 2020-2030 sont donnés dans le Tableau 27.

Tableau 27 - Gains financiers cumulés suite à la réduction des factures d'importation des produits pétroliers aux horizons 2020-2030

Mesures	2020	2030
Enveloppe efficace – chauffage (en MUS\$)	1050	4856
Enveloppe efficace – climatisation (en MUS\$)	415	1619
Diffusion de chauffe-eau solaires ((en MUS\$)	390	1275
Eclairage efficace (en MUS\$)	627	1542
Réfrigérateur efficace (en MUS\$)	600	2176
Autres (en MUS\$)	137	475
Total (en MUS\$)	3219	11943

5.6. Impacts sur le budget des ménages

L'électricité est actuellement subventionnée mais les libanais payent 4 factures :

- Facture EDL = 300 € par an,
- Facture du groupe électrogène = 500€ par an,
- Facture de réparation des appareils électroménagers à cause des fréquentes coupures et de la mauvaise qualité du courant = 200 €,
- Facture indirecte de subvention du gouvernement à l'EDL = 1 000 € par ménage (en 2007).

²⁸ ° Mise en place d'un mécanisme financier pour la promotion de la réglementation et la rénovation thermiques des bâtiments », ALCOR/ANME/AFD, Tunisie, 2008.

La facture globale directe d'électricité par ménage est de l'ordre de 1 000 € par an (en tenant compte des factures citées plus haut et non prises en compte dans l'enquête CAS sur le budget des ménages, à laquelle il faudrait ajouter la facture de chauffage qui varie selon les zones climatiques). La facture de chauffage est de l'ordre de 600 € par ménage en zones climatiques Z2 et Z3.

Les mesures prioritaires pourraient réduire les dépenses pour l'énergie des ménages de l'ordre de 600 à 900 € par ménage par an.

5.7. Impacts sur les coûts des mesures

La diffusion à grande échelle des mesures prioritaires contribuera à une réduction significative des coûts de ces mesures de l'ordre de 30 %.

5.8. Impacts en termes de création d'emploi

La mise en œuvre des mesures préconisées à grande échelle se traduira par la création de nouvelles opportunités d'affaires. 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 12 000 emplois à l'horizon 2030.

5.9. Puissance électrique évitée

A l'horizon 2030, la puissance électrique évitée serait de l'ordre de 1 800 Mwe, correspondant à un investissement de l'ordre de 2 160 MUS\$, sur la base d'une hypothèse de 1,2 MUS\$ par MW de centrale conventionnelle.

5.10. Volume d'investissement additionnel

Le volume d'investissement additionnel est donné dans le Tableau 28.

Tableau 28 - Volume d'investissement nécessaire pour les mesures prioritaires aux horizons 2020 et 2030

Mesures	2020	2030
Enveloppe efficace – logements neufs (en M€)	229	1577
Enveloppe efficace – logements anciens (en M€)	96	416
Diffusion de chauffe-eau solaires (en M€)	83	325
Eclairage efficace (en M€)	19	60
Réfrigérateur efficace (en M€)	42	180
Autres (en M€)	40	250
Total (en M€)	509	2808

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 237 €/tep, coût inférieur au prix de la tep sur le marché. Mais il faut également considérer les économies additionnelles sur la durée de vie des mesures, ce qui améliore encore leur rentabilité.**

VI. Coût de l'action sur le cycle de vie du bâtiment

1. Evaluation des coûts additionnels sur la construction

Pour un logement de moyen de 130 m² de surface, les mesures d'isolation de l'enveloppe du bâtiment (toiture, murs et fenêtres) et les équipements efficaces se traduisent par un surcoût de l'ordre de 4 000 € par nouveau logement, soit environ 7 % à 11 % du coût de la construction et des équipements énergétiques.

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.). Les besoins de financement sur 20 ans seraient de l'ordre de 3,3 milliards d'euros.

2. Evaluation des coûts des mesures prioritaires par tep économisée

En se basant sur les économies d'énergie primaire des mesures, sur la durée de vie du logement (50 ans), les économies d'énergies escomptées sont de l'ordre de 70 tep.

3. Répartition du coût sur le cycle de vie des bâtiments

Les surcoûts sont répartis comme suit : 70 % comme surinvestissement initial et 30 % comme surinvestissement relatif aux équipements d'efficacité énergétique pendant 20 ans (y compris le remplacement de certains équipements).

4. Coût de la tECO₂ évitée

Le coût de la tECO₂ évitée sur la période 2010-2030 est de 86 €. En considérant les émissions évitées sur la durée de vie de la mesure, on obtient un coût de la tECO₂ évitée de 20,6 €.

VII. Coût de la non action sur le cycle de vie du bâtiment

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

Les changements climatiques futurs doivent être pris en compte dès maintenant dans les décisions d'investissements de long terme dans la région méditerranéenne (bâtiments, énergie, transport, gestion de l'eau, etc.). Compte tenu de la durée de vie des investissements considérés dans le bâtiment, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables doivent être considérées comme des priorités, en tenant compte des conditions climatiques futures. Le dernier rapport du GIEC²⁹ paru en 2007 développe des hypothèses de changement climatique dans la région.

D'après le rapport du GIEC, la température moyenne de la région méditerranéenne devrait augmenter entre 2,2 à 5,1 °C, soit nettement plus que la moyenne planétaire. Le réchauffement serait détectable d'ici 15 à 25 ans. Le réchauffement maximal devrait se situer en été, avec une augmentation d'entre 2,7 et 6,5 °C, contre 1,7 et 4,6 °C en hiver³⁰.

Le changement climatique va avoir un impact direct sur la production d'hydroélectricité qui est affectée par la hauteur de la colonne d'eau stockée dans les barrages. Les précipitations totales vont probablement diminuer de 4 à 27 %. La rive Sud de la Méditerranée serait plus touchée que la rive Nord et les effets du changement climatique seraient détectables dans les quelques prochaines années :

- Une augmentation du nombre, de la durée et de l'intensité des canicules est donc à prévoir,
- Les précipitations totales vont diminuer surtout sur la rive Sud de la Méditerranée,
- Des baisses de productivité sont attendus, avec des chutes allant jusqu'à 50 % localement.

Le changement climatique risque de :

- Agir comme un amplificateur des inégalités déjà présentes dans la région méditerranéenne (entre pays et à l'intérieur de chacun des pays),
- Pénaliser le développement économique,
- Compromettre l'avenir des générations futures,
- Etre à l'origine de nouveaux conflits pour le contrôle de l'eau,
- Pousser les populations à quitter les zones rurales et à émigrer.

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

2.1. Scénario de taux d'équipement en climatisation constant (30 %)

Les simulations énergétiques³¹ montrent que l'augmentation de la température moyenne en été de 1°C augmenterait les besoins de climatisation des bâtiments de 7 % au Liban. L'augmentation de la température moyenne en hiver de 1 °C diminuerait les besoins de chauffage des bâtiments de 3 %. En considérant une augmentation moyenne de 3°C en été et 2°C en hiver durant la vie des logements, on pourrait considérer une augmentation de 21 % des besoins de climatisation et une réduction de 6 % des besoins de chauffage. L'augmentation des besoins de climatisation exercerait une pression sur les besoins de production d'électricité non pris en compte à ce jour dans les modèles d'évaluation de la demande. Ceci se traduirait par une augmentation de 2,5 % des consommations des énergies primaires des bâtiments liées à la production

²⁹ Groupe Intergouvernemental d'Experts sur l'Evolution du Climat (GIEC, www.ipcc.ch)

³⁰ « Anticiper le changement climatique autour de la Méditerranée » IPEMED, 2008.

³¹ A. Karaki et A. Mourtafa « Rapport Analyses énergétiques - Projet de développement d'une réglementation thermique des bâtiments au Liban », ADEME/ECOTECH, 2009

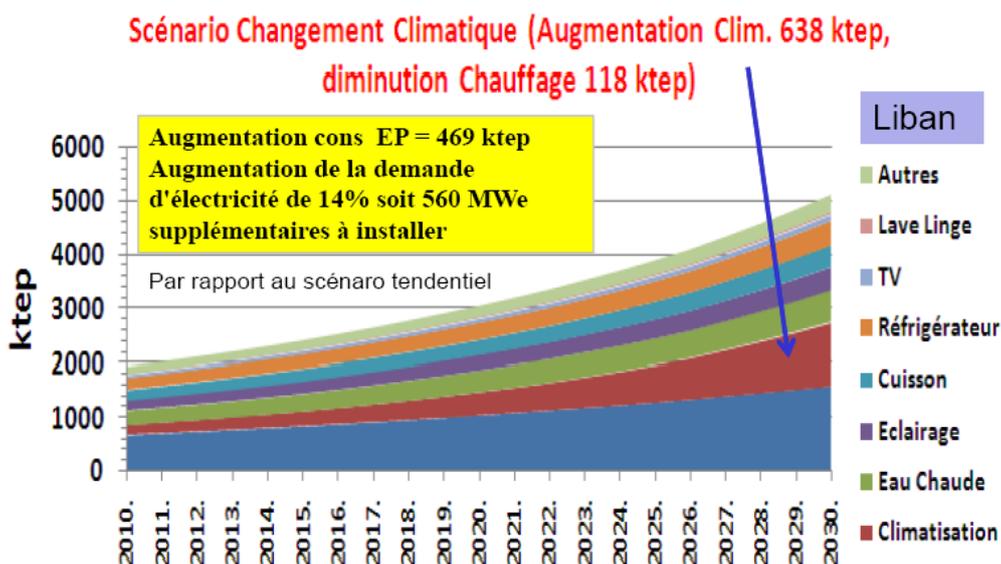
d'électricité contrebalancée par une réduction de 2,5 % des énergies primaires liées au chauffage. Le bilan global est nul mais les besoins d'investissements dans la production d'électricité devraient augmenter de 6,5 % par rapport à ce qui a été prévu auparavant (en tenant compte de la baisse de la production d'hydroélectricité).

2.2. Scénario d'augmentation de la pénétration de la climatisation

Le changement climatique se traduirait par l'augmentation du nombre de jours de canicule en été, ce qui stimulerait la pénétration de la climatisation, pour atteindre un taux d'équipement de 60 % en 2030. Ceci se traduirait par une augmentation des consommations d'énergies primaires liées à la climatisation de 13,5 %. Les consommations des énergies primaires liées au chauffage resteraient du même ordre que dans le scénario précédent. Au total, les consommations en énergies primaires augmenteraient de 11 % et la puissance électrique à installer de 14 % (voir Figure 45).

L'évolution de la demande d'électricité due au secteur résidentiel et tertiaire et aux autres secteurs, en tenant compte des hypothèses de changement climatique, nécessiterait l'installation de 1 810 MWe électrique supplémentaire, au lieu des 1 700 MWe initialement prévus à l'horizon 2020. La capacité additionnelle à installer de ce fait à l'horizon 2030 (augmentation de température, exode vers la zone côtière, augmentation de la température urbaine « Heat Island ») serait de 560 MWe (essentiellement à cause de la climatisation et de l'augmentation de la consommation des réfrigérateurs). La puissance de climatisation à installer devrait aussi augmenter à cause de l'augmentation des températures extérieures de base utilisées pour le calcul des charges de climatisation.

Figure 45 - Evolutions des consommations d'énergie primaire du parc résidentiel (2010-2030) avec hypothèse de changement climatique

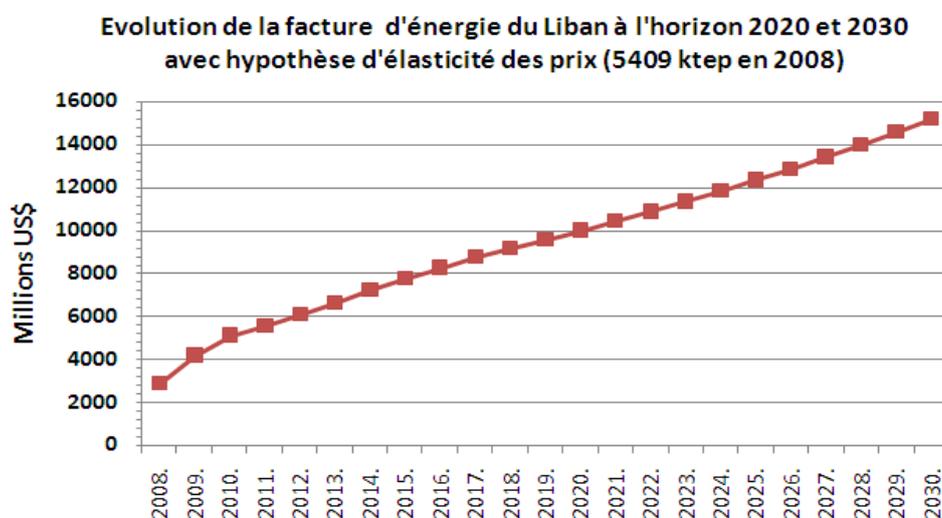


Source : A. Mourtada

3. Evaluation de l'augmentation de la facture énergétique suite à la pression sur les ressources énergétiques

L'évolution de la facture d'énergie du Liban en fonction des scénarios d'augmentation du prix du baril de pétrole est donnée dans la Figure 46. La facture énergétique atteindrait 15 milliards US\$ en 2030. Cette facture pèsera très lourd sur l'économie du pays. La maîtrise de la demande d'énergie dans les bâtiments, en diminuant les besoins de chauffage et de climatisation, en améliorant l'efficacité énergétique et l'utilisation de l'énergie solaire et des équipements efficaces, permettrait, quel que soit le prix de pétrole, de réduire la dépendance énergétique et d'augmenter la compétitivité de l'économie dans son ensemble.

Figure 46 - Evolutions de la facture énergétique du Liban de 2008 à 2030 à dollar constant



4. Evaluation des bénéfices de l'action selon trois scénarios de prix de l'énergie au niveau international

Les bénéfices de l'action selon trois scénarios de prix de l'énergie au niveau international sont donnés dans le Tableau 29.

Tableau 29 - Temps de retour des mesures d'efficacité énergétique en fonction de 3 scénarios de prix mondial du baril de pétrole

	Prix du baril en US\$	Temps de retour en années	Prix du baril en US\$	Temps de retour en années	Prix du baril en US\$	Temps de retour en années
Isolation des murs	60	4,9	110	2,7	130	2,3
Isolation des toitures	60	16,9	110	9,2	130	7,8
Fenêtres double vitrage	60	19,3	110	10,5	130	8,9
Eclairage efficace	60	1,9	110	1,0	130	0,9
Protection solaire des fenêtres	60	4,5	110	2,5	130	2,1
Climatisation efficace	60	2,8	110	1,5	130	1,3
Réfrigérateur efficace	60	5,3	110	2,9	130	2,4
Eau chaude solaire	60	6,1	110	3,3	130	2,8

VIII. Moyens et outils de financement nécessaires à l'action

1. Evaluation des besoins en financement

Les besoins en financement pour les différentes mesures dans les logements neufs, sur 20 ans, ont été évalués à 3 316 milliards d'euros. Il faudrait ajouter 420 millions d'euros pour d'autres mesures pilotes (PV, climatisation solaire, etc.), soit au total 3 736 milliards d'euros sur 20 ans.

2. Identification des sources de financement au niveau national et international

Des bailleurs de fonds, notamment bilatéraux, pourraient être intéressés d'appuyer financièrement de larges programmes de développement de l'efficacité énergétique dans les bâtiments. Parmi ces bailleurs, on notera en particulier l'Agence française de développement, le Fonds français de l'environnement mondial, la coopération allemande et la banque européenne d'investissement.

L'intervention de tels bailleurs prendrait essentiellement deux formes :

Des lignes de crédits spécifiques qui viendront alimenter les banques de la place pour octroyer des crédits aux industriels et entreprises d'isolation thermique.

- Des lignes de crédits pour financer des opérations de grande échelle, comme le PROSOL tunisien pour les capteurs solaires et le PROMO-ISOL pour l'isolation thermique dans l'existant,
- Des dons pour financer des mesures d'accompagnement à la mise en œuvre des programmes de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments.

Les banques libanaises disposent quant à elles d'une abondance de liquidité et cherchent à intervenir dans l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, mais les formules proposées à ce jour n'ont pas obtenu de succès.

2.1. Mécanismes de financement

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

- La rentabilité parfois peu attractive pour le consommateur final, ce qui ne l'incite pas à entreprendre de telles mesures du fait de la subvention des prix de l'énergie (surtout l'électricité),
- Le souci des développeurs de réduire les coûts d'investissement initial puisque la facture énergétique est à la charge de l'occupant et qu'il n'y a pas de réglementation thermique et énergétique des bâtiments, obligatoire, ni de labels de performance énergétique qui imposent ou incitent à l'implémentation des mesures d'efficacité énergétique.

Le surinvestissement initial est une contrainte pour la population à revenus faibles.

Pour pallier ces contraintes, il convient de mettre en place des mécanismes de financement spécifiques basés sur des crédits bancaires, à des conditions acceptables. Il faudrait également mettre en place une réglementation thermique et énergétique des bâtiments, obligatoire, et développer des labels pour les bâtiments et les équipements électroménagers. 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.

Il existe sur la place financière au Liban des produits bancaires spécifiques qui peuvent être adaptés aux financements de l'EE des bâtiments.

2.2. Mécanisme pour un développement propre

Actuellement il n'y a aucun projet de Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) en cours d'exécution au Liban. Il serait intéressant de développer des projets de MDP à l'instar du PROSOL tunisien. Les revenus de MDP générés peuvent être recyclés dans le mécanisme proposé afin de le renforcer (communication, formation, etc.).

3. Conditions de création de filière d'efficacité énergétique dans les bâtiments

3.1. Mesures d'accompagnement

La mise en œuvre opérationnelle des mécanismes de financement nécessite un certain nombre de mesures d'accompagnement. Parmi ces mesures on cite principalement³² :

- Sensibiliser et mobiliser les banques afin de les associer étroitement, dès le départ, aux efforts de mise en place des mécanismes financiers et de leurs procédures,
- Elaborer et mettre en place un programme de formation et de renforcement de capacités des acteurs de la filière.

Le maillon de la chaîne aujourd'hui le plus faible, à cibler de manière spécifique, est le réseau des petites entreprises de travaux d'isolation et de chauffe-eau solaires collectifs. Le programme de renforcement de capacités doit avoir comme objectifs :

- Identifier les entreprises existantes et de les renforcer,
- Faire émerger de nouveaux opérateurs,
- Mettre en place une démarche qualité en instaurant un système fiable d'agrément des opérateurs et des contrôleurs des travaux d'isolation,
- Doter les banques des moyens nécessaires pour assurer une gestion efficace du mécanisme de financement de l'efficacité énergétique dans les bâtiments.

3.2. Exemple de bonne pratique

Le mécanisme financier pour la promotion de la réglementation et la rénovation thermique des bâtiments en cours de mise en place en Tunisie mériterait d'être étudié (voire étude nationale Tunisie).

4. Conclusions

Les mesures d'efficacité énergétique dans les bâtiments constituent une opportunité intéressante pour réduire la facture énergétique du Liban, améliorer son économie et contribuer à la restructuration de son secteur de l'électricité.

Les principales conclusions de cette analyse sont présentées ci-dessous.

La production de l'EDL et l'achat de l'électricité de la Syrie, et ultérieurement de l'Égypte, ne permettent pas de satisfaire la demande. EDL met donc en œuvre un programme de rationnement de l'électricité, les coupures d'électricité étant de 3h à 16h par jour selon les régions. Les libanais ont recours à la production d'électricité par groupes électrogènes pour satisfaire leurs besoins. L'autoproduction était de l'ordre de 33 à 38 % de la production de EDL en 2007 (soit 3 000 GWh). La demande finale d'électricité peut être évaluée

³² " Mise en place d'un mécanisme financier pour la promotion de la réglementation et la rénovation thermique des bâtiments ", Rapport conception du mécanisme, ALCOR/ANME/AFD, Tunisie, 2008.

à 3 354 kWh/habitant/an (chiffre dépassant de loin les statistiques connues qui ne prennent pas en compte l'autoproduction).

Le Liban connaît un développement rapide de son parc de logements. Le secteur résidentiel consomme aujourd'hui 30 à 35 % de l'énergie primaire. Le scénario tendanciel montre 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 due à l'amélioration des conditions de vie de la population. La restructuration du secteur électrique et la fourniture de l'électricité 24h/24h augmenteront aussi la consommation. Cette consommation atteindra 4 600 Mtep en 2030, soit une augmentation de 240 % par rapport à la consommation actuelle.

En considérant que les changements climatiques et l'augmentation de la température urbaine «Heat Iceland» conduisent à une augmentation moyenne de température de 3°C en été et 2°C en hiver, on pourrait attendre une augmentation de 21 % des besoins de climatisation et une réduction de 6 % des besoins de chauffage à l'horizon 2030. L'augmentation des besoins de climatisation exercera une pression sur les besoins de production d'électricité, non pris en compte à ce jour dans les modèles d'évaluation de la demande.

La demande incrémentale en climatisation se traduirait par un besoin additionnel en capacité de production électrique estimé à environ 110 MW en 2020 et 560 MW en 2030. Les besoins d'investissements dans la production d'électricité devraient augmenter de 6,5 % par rapport à ce qui a été prévu (en tenant compte de la baisse de la production d'hydroélectricité) ou de 14 % en tenant compte du changement climatique et de l'augmentation de la température urbaine «Heat Iceland». Le coût de la « non action », serait lourd pour l'économie du pays.

Le changement climatique va, par ses impacts directs et au travers des politiques climatiques qui seront mises en place, modifier les conditions dans lesquelles évolue l'économie du pays. La prise en compte du risque de changement climatique dans de multiples décisions publiques et privées relatives aux bâtiments deviendra indispensable.

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. Dans le cas du Liban, 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 d'appareils électroménagers, de chauffage et de climatisation efficaces,
- La diffusion des chauffe-eau solaires.

A l'horizon 2030, le scénario de maîtrise de l'énergie permettrait de faire passer la demande en énergie finale du secteur résidentiel de 4 600 ktep à seulement 3 030 ktep, soit un gain annuel d'environ 1 570 ktep par rapport au scénario tendanciel, ce qui représente près du tiers de la consommation prévue par ce scénario en 2030.

Le scénario de maîtrise de l'énergie permet par ailleurs d'éviter la construction d'une capacité additionnelle cumulée de l'ordre de 1 800 MWe à l'horizon 2030, ce qui correspond à des investissements évités de l'ordre de 1 400 M€.

En termes d'emplois, la mise en œuvre de ce scénario permettrait la création d'environ 12 000 emplois additionnels à l'horizon 2030 dans les filières développées dans ce cadre.

Les investissements cumulés sur la période 2010-2030, nécessaires pour mettre en œuvre ce scénario, sont estimés à près de 3 700 M€.

Selon le même scénario de maîtrise de l'énergie, les émissions de GES évitées seraient de l'ordre de 4 300 kTECO₂ à l'horizon 2030 (39 MTECO₂ cumulés sur la période 2010-2030).

Ainsi, le coût de l'action, exprimé en coût de la tep économisée, est de l'ordre de 236 €/tep, inférieur au prix de la tep actuelle. Le coût de la tECO₂ évitée sur la période 2010-2030 est de 86 €. En considérant les émissions évitées sur la durée de vie de la mesure, on obtient un coût de la tECO₂ évitée de 20,6 €.

Sur le plan économique, une contrainte majeure consiste en la faible rentabilité des certaines mesures d'efficacité énergétique et d'ENR pour le consommateur final, dans un contexte de subventionnement public des tarifs de l'énergie conventionnelle, principalement de l'électricité.

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 sur les mesures d'EE et d'ENR. A cela il faut ajouter l'absence de réglementation thermique et énergétique des bâtiments, obligatoire, ni de labels de performance énergétique qui imposent ou incitent à l'implémentation des mesures d'efficacité énergétique.

Pour pallier ces contraintes, il convient de mettre en place des mécanismes de financement spécifiques basés sur des crédits bancaires à des conditions acceptables. Il faudrait aussi mettre en place une réglementation thermique et énergétique des bâtiments, obligatoire, et développer des labels pour les bâtiments et les équipements électroménagers. 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. Des dons pour financer des mesures d'accompagnement à la mise en œuvre des programmes de maîtrise de l'énergie dans les bâtiments seraient nécessaires.

Les banques libanaises disposent d'une abondance de liquidité et cherchent à intervenir dans l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, mais les formules proposées à ce jour n'ont pas obtenu de succès. Il est possible de mobiliser ces banques autour d'une formule d'augmentation du montant des prêts d'achat de logements pour les particuliers avec un abaissement du taux d'intérêt pour l'achat d'un logement à efficacité énergétique.

Actuellement il n'y a aucun projet de MDP en cours d'exécution au Liban. Il serait intéressant de développer des projets MDP, à l'instar des PROSOL et PROMO-ISOL tunisiens. Les revenus MDP générés peuvent être recyclés dans le mécanisme proposé afin de le renforcer (communication, formation, etc.).

La sortie de la dépendance d'une mono-source pétrolière pourrait être assurée via le développement du potentiel des énergies renouvelables dont dispose le Liban. 3 000 heures d'ensoleillement par an suggèrent le recours au solaire.

Table des illustrations

Figures

Figure 1 - Carte du Liban	6
Figure 2 - Zones climatiques du Liban	7
Figure 3 - Consommation d'énergie primaire de 1971 à 2007	9
Figure 4 - Structure de la consommation en produits pétroliers au Liban en 2007 (3967 ktep en 2007)	9
Figure 5 - Structure de la consommation finale au Liban en 2007 (2710 ktep en 2007).....	10
Figure 6 - Consommation finale par source en 2007 (2710 ktep en 2007)	10
Figure 7 - Consommation finale d'électricité en 2007 suivant les secteurs	10
Figure 8 - Consommation d'électricité distribuée par l'EDL de 1971 à 2007 (non compris l'électricité des auto-producteurs par groupes électrogènes).....	12
Figure 9 - Factures d'importations des produits pétroliers et pourcentages de subventions de l'électricité dans les dépenses du gouvernement (2001-2007).....	13
Figure 10 - Quantité d'électricité délivrée par EDL aux consommateurs finaux après déduction des pertes techniques - <i>non inclus l'achat d'électricité de la Syrie en 2007</i>	13
Figure 11 - Répartition des logements principaux par localités géographiques du Liban (total 888 813 en 2007).....	15
Figure 12 - Tissu urbain à Beyrouth.....	15
Figure 13 - Répartition des logements par type en 2007	15
Figure 14 - Répartition des logements en % en fonction de nombre de pièces en 2007.....	16
Figure 15 - Répartition des logements principaux au Liban en fonction de la superficie en 2007.....	16
Figure 16 - Techniques de construction au Liban	18
Figure 17 - Variation des revenus moyens des ménages par région géographique entre 2004 et 2007.....	19
Figure 18 - Taux d'équipements des ménages en appareils électroménagers	20
Figure 19 - Projection de la population résidente au Liban (2007-2030)	22
Figure 20 - Evolution du nombre annuel de m2 de demande de permis de construire à l'Ordre des ingénieurs et architectes de Beyrouth (1996-2008)	22
Figure 21 - Evolution du nombre de logements principaux au Liban de 2007 à 2030	23
Figure 22 - Evolution de la demande d'énergie primaire du secteur résidentiel à l'horizon 2020 et 2030.....	25
Figure 23 - Evolution de la puissance électrique à installer au Liban (EDL+ auto-producteurs) à l'horizon 2020 et 2030 selon 3 scénarios.....	25
Figure 24 - Evolution de la demande d'électricité au Liban à l'horizon 2020 et 2030 selon 3 scénarios.....	25
Figure 25 - Evolution des émissions de gaz à effet de serre au Liban à l'horizon de 2010 et 2030 selon 3 scénarios	26
Figure 26 - Evolution de la fourniture d'électricité du Liban (EDL) de 2008 à 2030	27
Figure 27 - Facture d'achat de fioul et de l'électricité par l'EDL et subventions du gouvernement à l'EDL de 2008 à 2030	27
Figure 28 - Evolution de la demande en énergie primaire du Liban de 2008 à 2030 dans le cas de base de prix constant de l'énergie et avec l'hypothèse d'élasticité des prix	28
Figure 29 - Evolution de la demande en énergie primaire du secteur résidentiel de 2008 à 2030 dans le cas de base de prix constant de l'énergie et avec l'hypothèse d'élasticité des prix	28
Figure 30 - Plaquette du projet efficacité énergétique dans la construction au Liban.....	31

Figure 31 - Les 5 sites de démonstration	32
Figure 32 - Répartition des résidences principales par classe d'âge en % en 2004	32
Figure 33 - Besoins globaux de référence de chauffage, de climatisation et de chauffage de l'eau dans les zones climatiques du Liban	35
Figure 34 - Structure des consommations en énergie primaire par utilisation à l'horizon 2010 au Liban.....	36
Figure 35 - Structure des consommations finales par source d'énergie à l'horizon 2010.....	36
Figure 36 - Economies d'énergie des mesures d'efficacité énergétique dans le résidentiel neuf à l'horizon 2030.....	37
Figure 37 - Potentiel de réduction des émissions de gaz à effet de serre des mesures d'efficacité énergétique dans le résidentiel neuf à l'horizon 2030 (en teqCO_2).....	37
Figure 38 - Impacts des combinaisons de différentes mesures sur les économies d'énergies à l'horizon 2030 (en Tep)	38
Figure 39 - Impacts des combinaisons de différentes mesures sur la réduction de gaz à effet de serre à l'horizon 2030.....	38
Figure 40 - Evolution des consommations d'énergie primaire du secteur résidentiel par usage pour le scénario de prolongation de la situation actuelle entre 2010-2030.....	39
Figure 41 - Evolution des consommations d'énergie primaire du secteur résidentiel par usage dans le cas de scénario de maîtrise de l'énergie entre 2010-2030.....	40
Figure 42 - Evolution de la consommation d'énergie primaire selon les scénarios tendanciel et de « maîtrise de l'énergie »	40
Figure 43 - Evolution des gains annuels d'énergie primaire : scénario de maîtrise de l'énergie entre 2010 et 2030.....	40
Figure 44 - Gains cumulés d'énergie primaire : scénario de maîtrise de l'énergie.....	41
Figure 45 - Evolutions des consommations d'énergie primaire du parc résidentiel (2010-2030) avec hypothèse de changement climatique	46
Figure 46 - Evolutions de la facture énergétique du Liban de 2008 à 2030 à dollar constant	47

Tableaux

Tableau 1 - Variation du PIB du Liban de 2004 à 2007.....	5
Tableau 2 - Population résidente et ménages répartis sur les mohafazats	5
Tableau 3 - Degrés jours chauffage (base 18) et degrés jours climatisation (base 21).....	8
Tableau 4 - Production d'énergie primaire (en ktep).....	9
Tableau 5 - Tarifs de l'électricité pour le résidentiel au Liban	11
Tableau 6 - Répartition de logements par type de chauffage en 2007 (un type ou plus par logement).....	16
Tableau 7 - Nombre de résidents et des résidences principales au Liban en 2004 et 2007	21
Tableau 8 - Evolution des consommations des énergies primaire et finale au Liban (2004-2007)	23
Tableau 9 - Consommation d'énergie primaire du secteur résidentiel et du tertiaire (2004-2007).....	24
Tableau 10 - Les 3 scénarios d'augmentation du PIB	24
Tableau 11 - Evolution des émissions du Liban et du secteur résidentiel et tertiaire.....	26
Tableau 12 - Les mesures d'efficacité énergétique par zone climatique en fonction de leur efficacité.....	29
Tableau 13 - Barrières économiques au développement à grande échelle des options identifiées.....	30
Tableau 14 - Barrières institutionnelles au développement à grande échelle des options identifiées	30
Tableau 15 - Barrières sociales et techniques au développement à grande échelle des options identifiées	31

Tableau 16 - Les options d'efficacité énergétique à mettre en place dans l'existant dans le cas de réhabilitations	32
Tableau 17 - Nombre de logements au niveau de chaque zone climatique	33
Tableau 18 - Superficie moyenne des logements selon les zones climatiques	33
Tableau 19 - Mode de chauffage par logement principal en fonction des zones climatiques	33
Tableau 20 - Evolution des consommations en énergie primaire du secteur résidentiel (2004-2007)	35
Tableau 21 - Besoins de chauffage et de climatisation pour des logements types dans différentes zones climatiques au Liban.....	35
Tableau 22 - Puissance de chauffage et de climatisation pour des logements types dans différentes zones climatiques au Liban.....	35
Tableau 23 - Les mesures d'efficacité énergétique par zone climatique en fonction de leur efficacité.....	38
Tableau 24 - Taux de pénétration des mesures d'efficacité énergétique dans le résidentiel (neuf et existant) à l'horizon 2020 et 2030.....	39
Tableau 25 - Potentiel d'économies d'énergies cumulées par mesure aux horizons 2020 et 2030.....	41
Tableau 26 - Potentiel cumulé de réduction des émissions de GES à l'horizon 2020 et 2030	41
Tableau 27 - Gains financiers cumulés suite à la réduction des factures d'importation des produits pétroliers aux horizons 2020-2030	42
Tableau 28 - Volume d'investissement nécessaire pour les mesures prioritaires aux horizons 2020 et 2030	43
Tableau 29 - Temps de retour des mesures d'efficacité énergétique en fonction de 3 scénarios de prix mondial du baril de pétrole	47