

La Transition Énergétique au Liban

Mieux en Appréhender les Enjeux pour Mieux Choisir



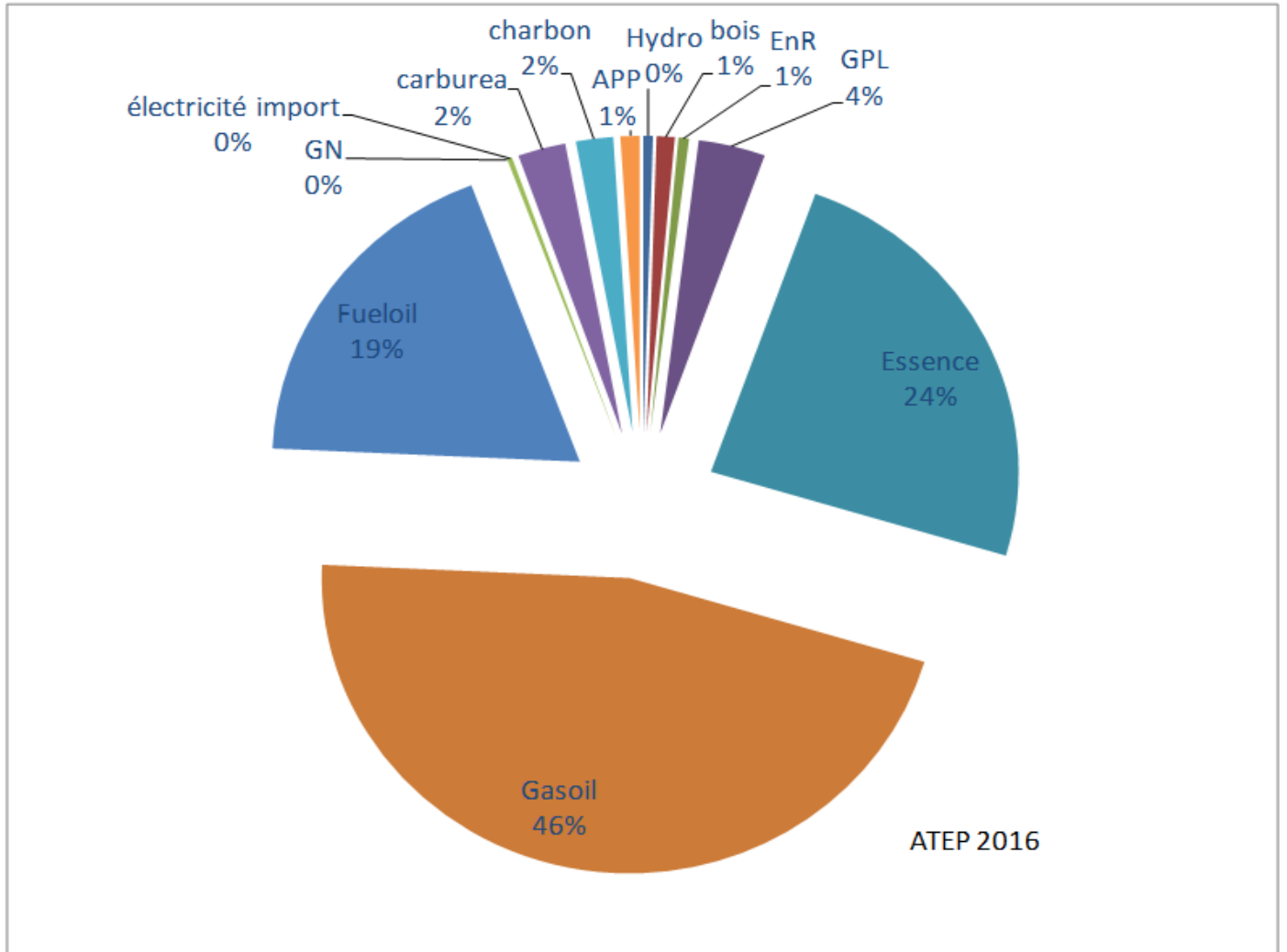
Said Chehab

ALMEE

Les politiques énergétiques actuelles au Liban sont basées sur la gestion de l'offre qui répond difficilement à la demande ce qui induit des tensions sociales et financières élevées et récurrentes .L'approvisionnement en énergie reste précaire et aléatoire notamment en électricité avec un rationnement du courant électrique fréquent et généralisé (8h à 12h par jour) ce qui pénalise durement l'activité économique et en particulier celle des PME,PMI.

L'Energie Primaire au Liban ou (Approvisionnement Totale en Energie Primaire ATEP) est de l'ordre de 10.10^3 KTEP/an dont moins de 3 % est localement produite (ATEP 2016, tables 1) avec une croissance annuelle de plus de 5,5% (table 2)

		Approvisionnement Total en Energie 2016		
			KTEP	%
1-Production				
1-1 Hydroénergie		510 GWH	44	0.5
1-2 Energie Traditionnelle (bois,charbon de bois)			80	0.95
1-3 EnR(solaire thermique,PVeolien exclus hydro)			50	0.55
Total 1			174	2
2-Importations				
2-1 GPL	Ktonnes	261	295	3.5
2-2 Essence	"	2155	2303	24
2-3 Gasoil	"	3746	4046	46
2-4 Fueloil	"	1733	1665	18.5
2-5 Carbureacteur	"	232	227	2.5
2-6 Gaz Naturel	Millions de M ³			
2-7 Electricité	GWH	220	19	0.27
2-8 Charbon	Ktonnes	200	132	1.95
2-APP	"	84	76	1
Total 2			8763	98
3-Exportation				
4-Total			8937	100



Tables 1

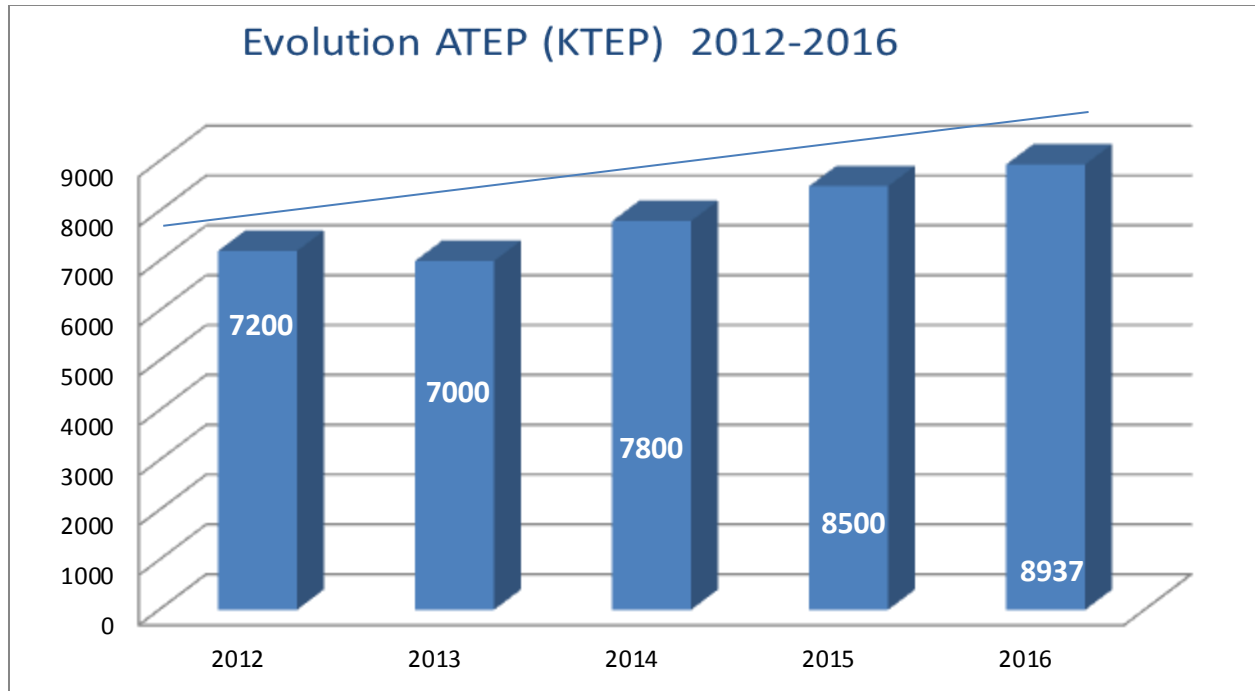


Table 2

L'Energie, importée à plus de 97%, est basée sur les dérivés pétroliers carbonés (fioul, essence, GPL,...) (table 3) et qui sont en constante augmentation (de l'ordre de 5% par an) et ce pour répondre à la croissance économique et démographique du pays (table 4)

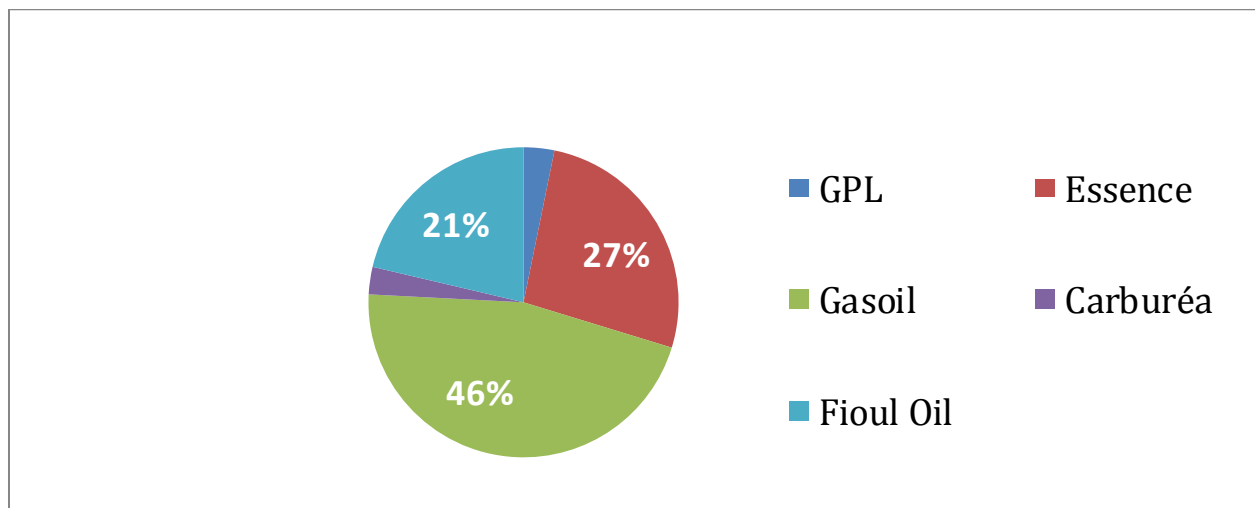


Table 3

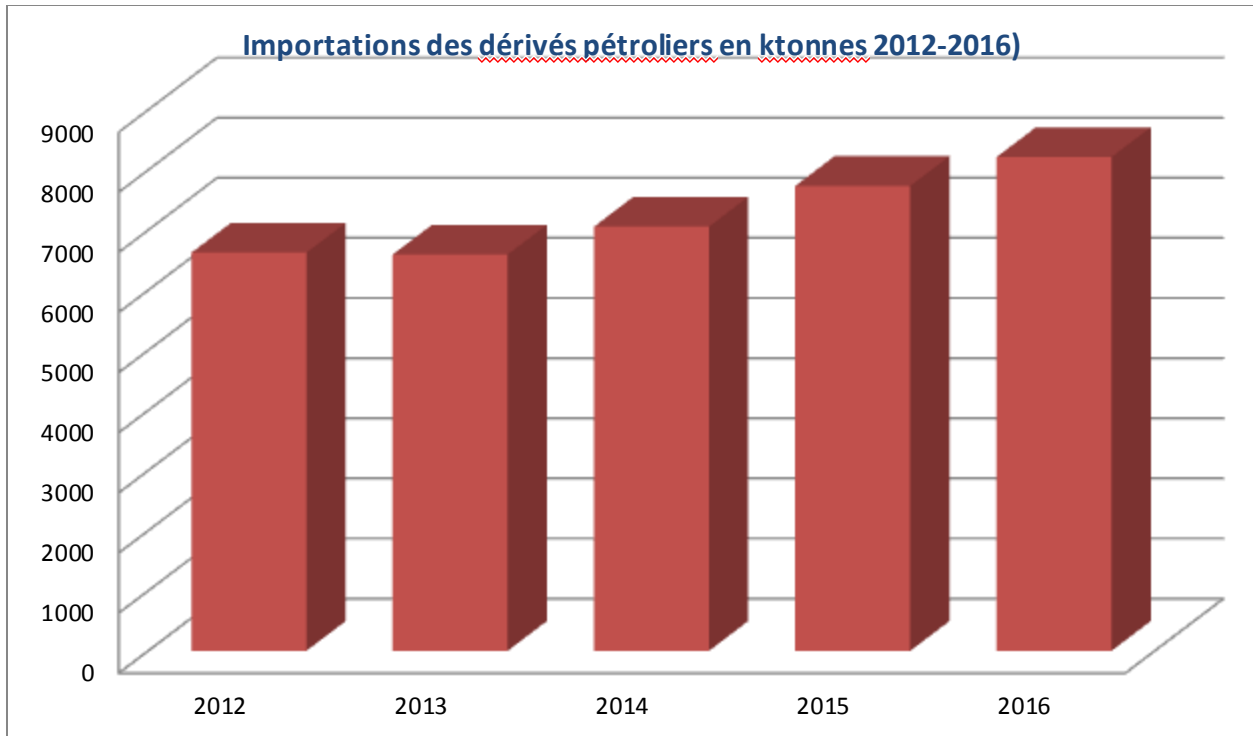


Table 4

Leur coût est tributaire du marché international (table 5) ce qui crée en permanence des tensions financières sur l'économie du pays.

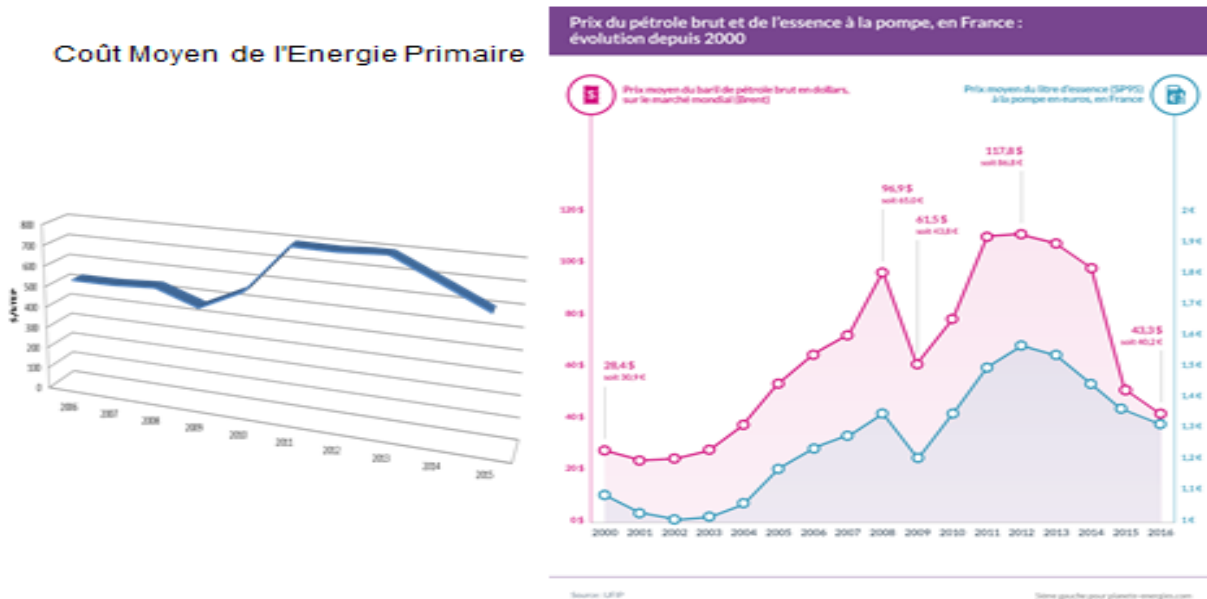
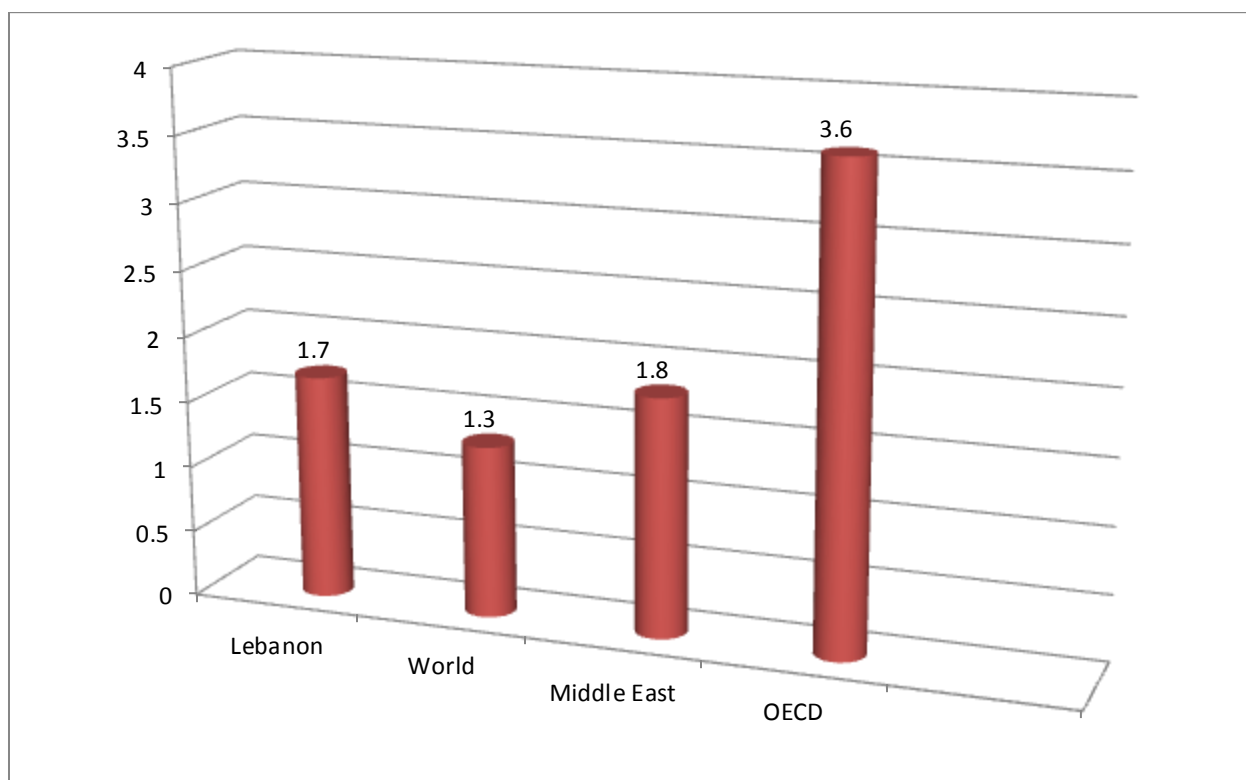
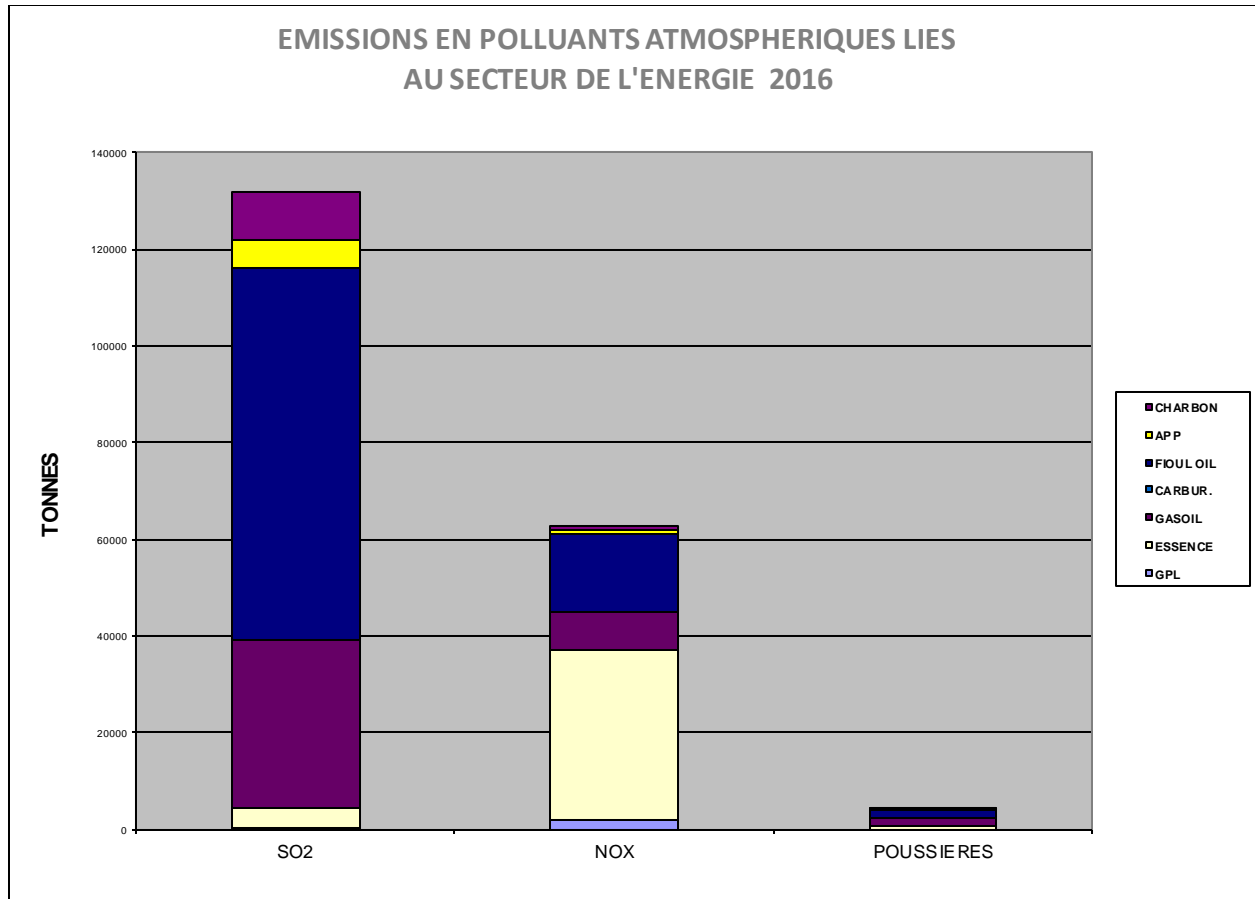


Table 5

Ces dérivés pétroliers sont grandement générateurs de CO₂ et fortement polluants . Un rapport de Greenpeace sur la pollution de l'air en oxydes d'azote a fait la une des journaux : ce rapport mondial avait classé Jounieh en 5e place des villes arabes les plus polluées et en 23e place sur le plan mondial. L'analyse a révélé que le Liban, dans sa quasi-totalité, est exposé à des taux dangereux d'oxydes d'azote, un agent polluant provenant des combustibles fossiles, responsable en grande partie des taux élevés de mortalité prématurée.(tables 6)

CO2 Emissions/population (Tonne Carbone/capita)





Tables 6



La facture d'importation de ces dérivés pétroliers s'est élevée, pour l'exemple, en 2016, à presque 5 Milliards de \$ soit 10% du PIB avec un taux de croissance annuel moyen de 5% (tables 7)

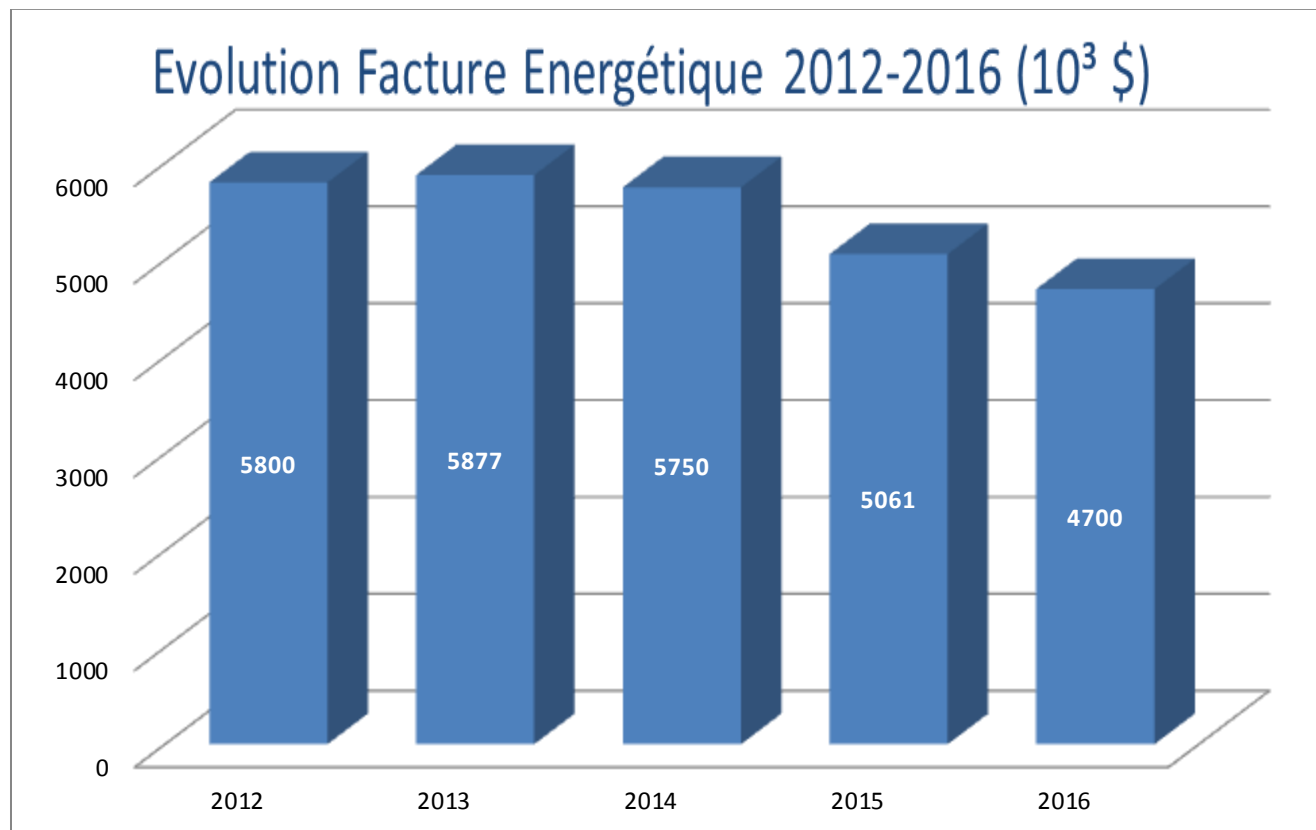


Table 7

Enfin, avec plus de 97 % de l'énergie primaire importée la production nationale reste dépendante de l'étranger. L'approvisionnement en énergie étant basé grandement sur les importations des dérivés pétroliers réduit drastiquement l'indépendance énergétique du pays le rendant fortement tributaire des tensions géopolitiques de la région et des cours mondiaux du pétrole (table 8)

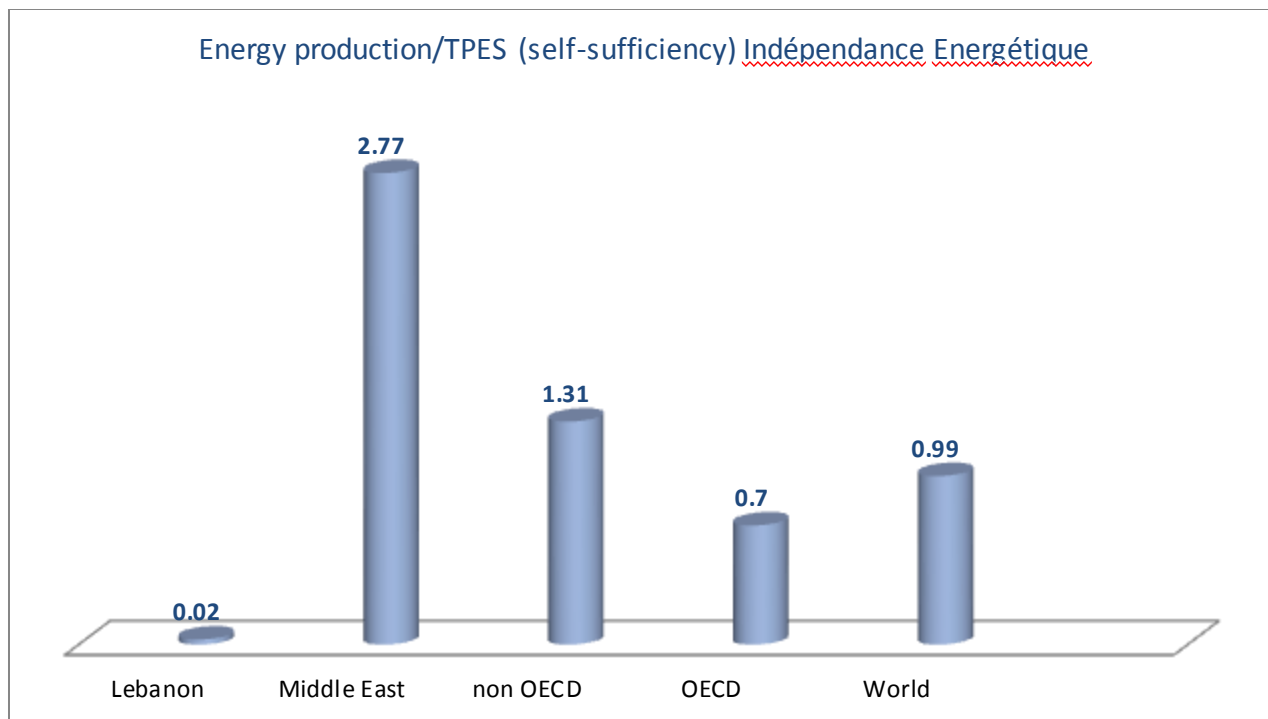


Table 8

L'élasticité énergétique rapportée au PIB a été, en 2016, égale à $1,2 > 1$ ce qui est un indicateur que l'économie du pays est gourmande en énergie et l'intensité énergétique a été pour la même année de $0,18 \text{ TEP}/1000\$$ versus $0,2$ comme moyenne mondiale. Une baisse de l'intensité d'énergie primaire n'est pas obligatoirement dû à des politiques énergétiques performantes mais résulte de la tertiarisation croissante de l'économie en plus d'une baisse de la part de l'industrie manufacturière dans le secteur industriel contre une augmentation importante de la part de l'activité de construction et des industries de transformation à faible contenu énergétique (table 9)

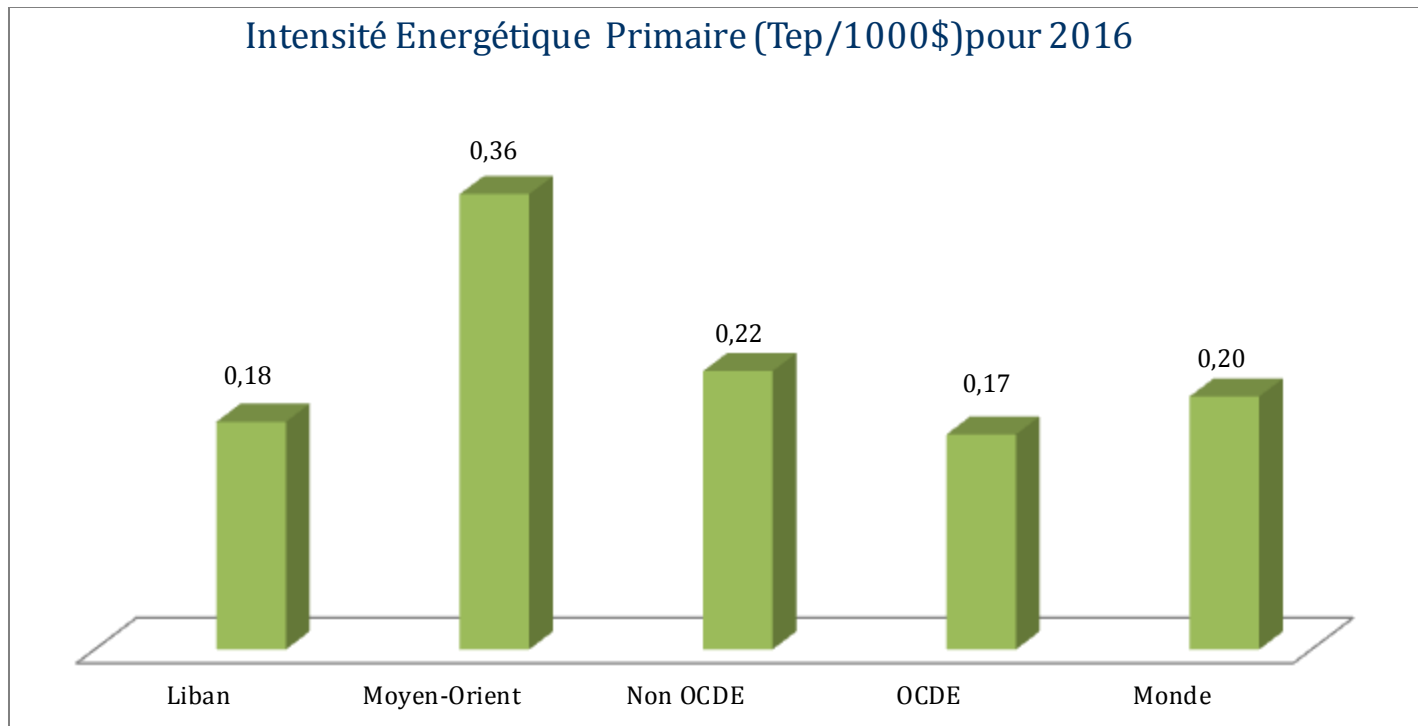


Table 9

La consommation énergétique par tête d'habitant est de 1.7 Tep/H proche de celle mondiale 1,8 mais inférieur à celle des pays les plus riches (OCDE) 4,6 ce qui présage une augmentation de cette consommation avec la croissance économique du pays mais sans jamais atteindre celle des pays riches parce que le pays intégrera naturellement ou volontairement ,au fil de son développement, les nouvelles technologies de plus en plus efficaces en énergie et les acquis et paliers en efficacité énergétique (table 10)

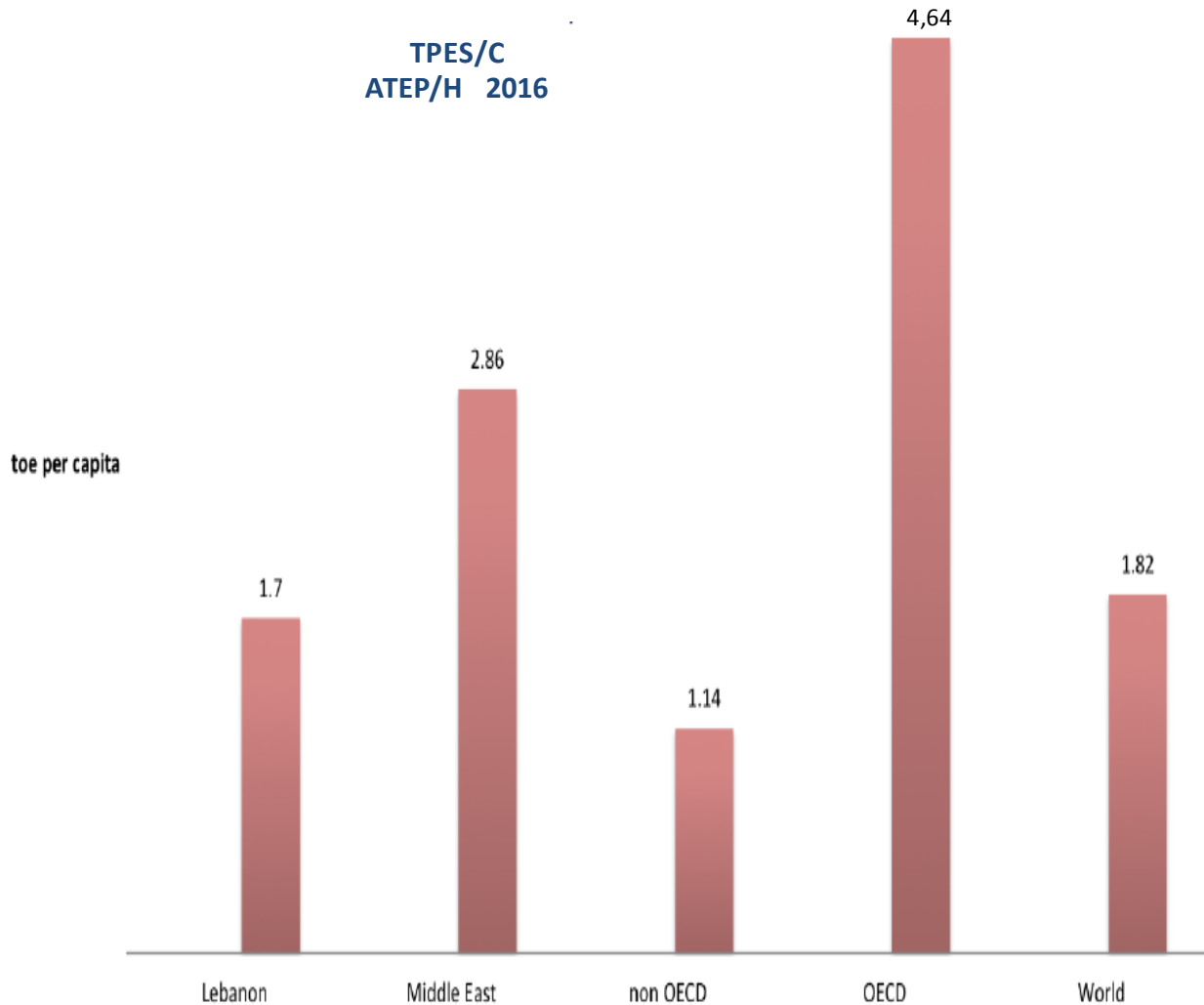


Table 10

Au niveau de la consommation sectorielle de l'énergie finale, le secteur des transports reste le plus consommateur et le plus polluant avec 45% de cette consommation suivi par le secteur résidentiel (voir table 11)

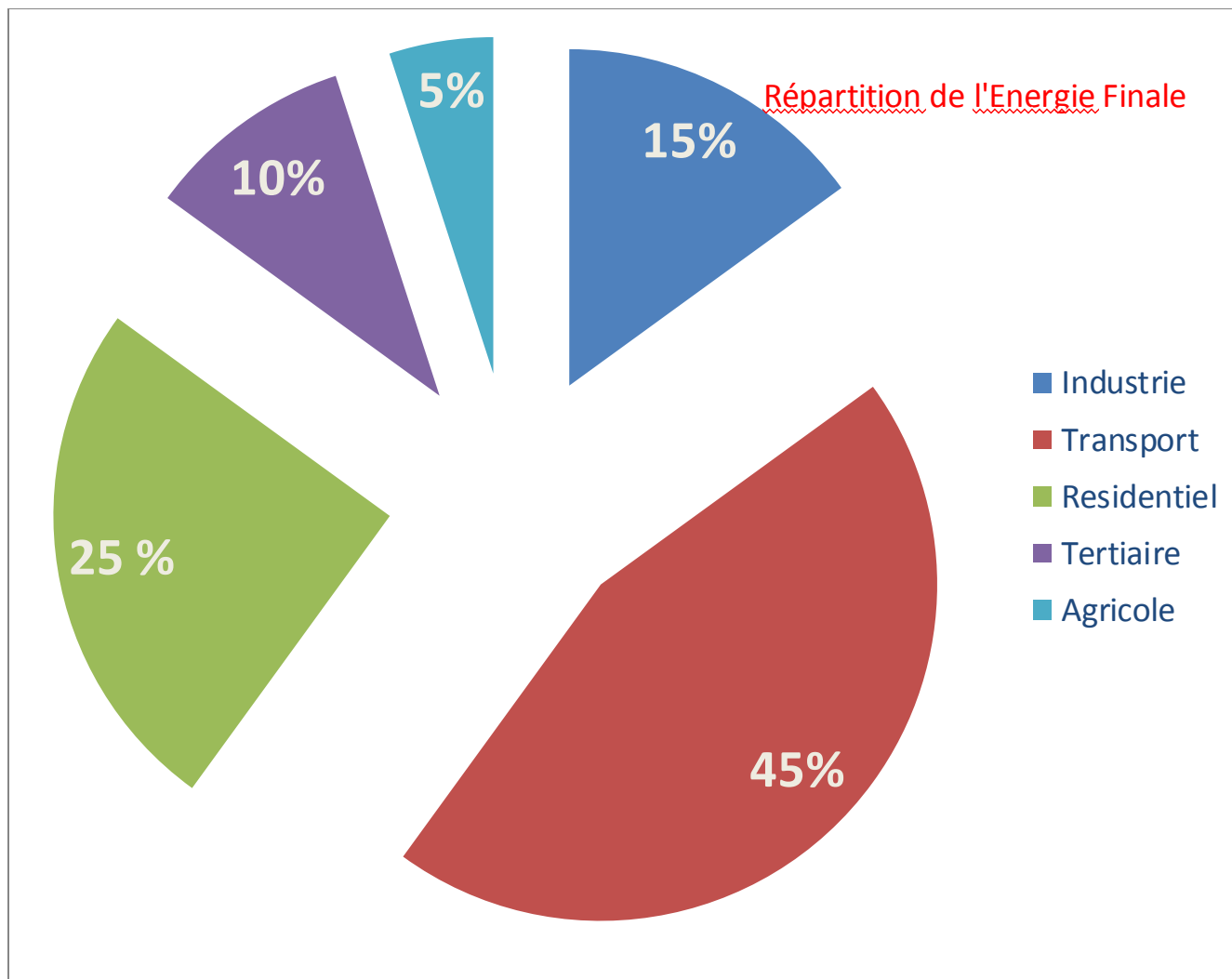


Table 11

Au Liban, le secteur de l'électricité est centralisé avec le quasi-monopole d'Électricité du Liban (EDL), établissement public sous tutelle du ministère de l'Énergie et de l'Eau.

Le parc de production n'a pas augmenté depuis plus de 20 ans avec une puissance totale installée de 2300MW principalement thermique dont moins de 12% hydro alors même que le pays est électrifié à plus de 99 %.(table 11)

CENTRALES HYDRAULIQUES EXISTANTES AU LIBAN

NOM	PROPRIETAIRE	PUISSANCE (MW)
SAFA/RICHMAYA	EDL (ETABLISSEMENT PUBLIC)	13
ABDEL AL	OFFICE DE LITANI (ETABLISSEMENT PUBLIC)	34
ARKACHE	*	108
HELLOU	*	48
NAHR IBRAHIM	PRIVE	33
BARED	PRIVE	17
ABOU ALI	KADISHA (COMPAGNIE PROPRIETE DE L'EDL)	7.4
BLAOUZA	*	8.4
MAR LICHAA	*	3.1
BCHARRE	*	1.6
	TOTAL HYDRAULIQUE	273.5

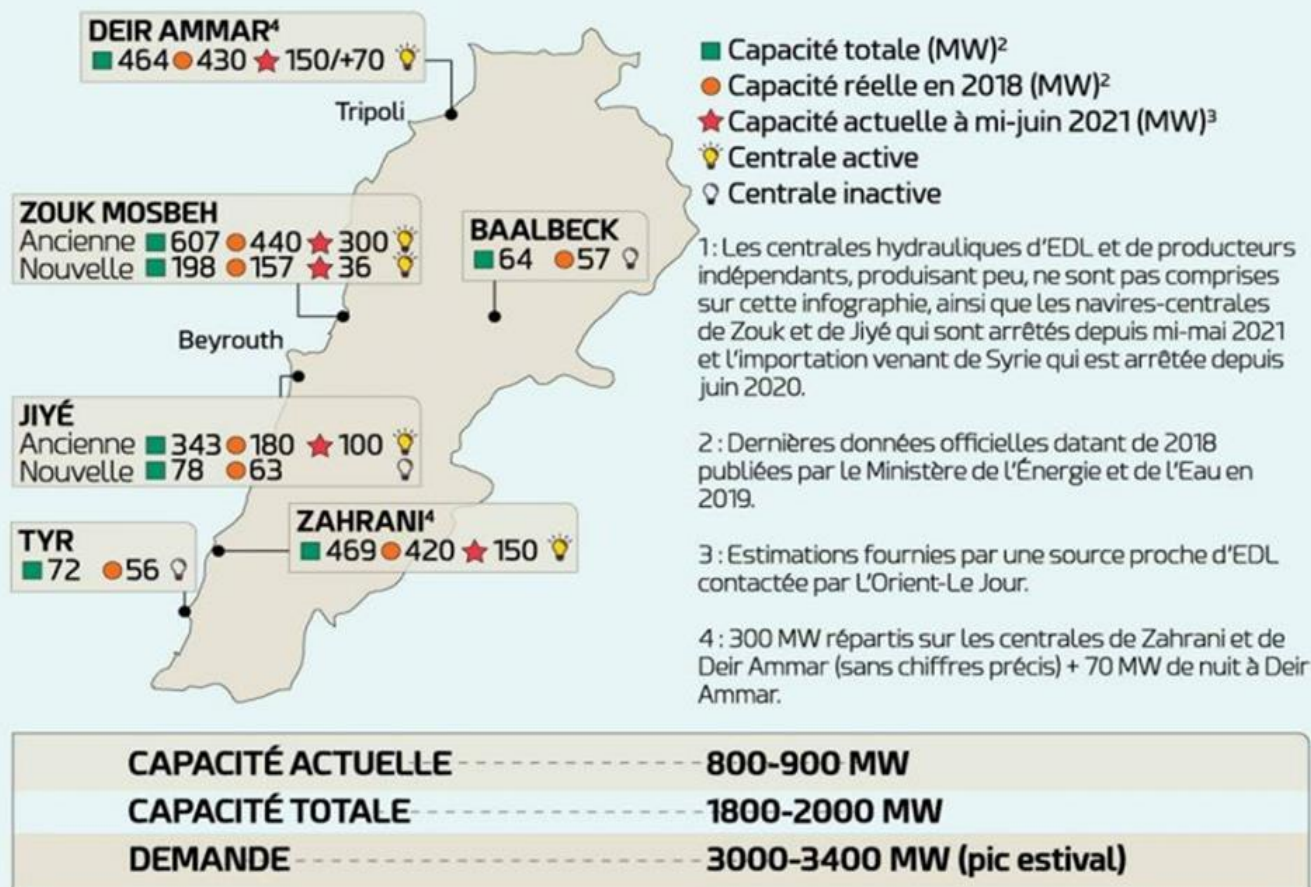
CENTRALES THERMIQUES EXISTANTES AU LIBAN

NOM	TYPE	COMBUSTIBLE	PROPRIETAIRE	PUISSANCE (MW)
ZOUK	TURBINE	FUEL OIL	EDL	145x3
	A VAPEUR	LOURD		175
ZOUK	TURBINE	DIESEL OIL	EDL	18
	GAZ			62x2
JIEH	TURBINE	FUEL OIL	EDL	69x3
	A VAPEUR	LOURD		65
HREYCHE	TURBINE	FUEL OIL	KADISHA (APPARTENANT EDL)	35x2
	A VAPEUR	LOURD		36x2
BAALBECK	TURBINE	DIESEL OIL	EDL	145x3
	A GAZ			145x3
SOUR	TURBINE	DIESEL OIL	EDL	145x3
	A GAZ			145x3
ZHRANI	C.C.	DIESEL OIL	EDL	145x3
		OU GAZ NATUREL		145x3
DEIR AMAR (BEDDAOU)	C.C.	DIESEL OIL	EDL	2034
		OU GAZ NATUREL		
	TOTAL THERMIQUE			2034

Table11

Cependant actuellement et suite à une mauvaise gestion des centrales de production et des difficultés financières récurrentes, la production dépasse rarement les 900MW pour une demande réelle de plus de 3000MW d'où une alimentation en courant instable et aléatoire (table 12)

LES CENTRALES ÉLECTRIQUES D'EDL¹



Sources : Ministère de l'Énergie et de l'Eau (2019),
 Issam Fares Institute for Public Policy and International Affairs
 (Université Américaine de Beyrouth).

L'Orient-Le Jour

Graphique : Mark Mansour, 2021.

Table 12

Les coupures pèsent lourdement sur l'ensemble de l'économie libanaise avec des factures énergétiques très élevées et pénalisantes pour les entreprises et les ménages (table 13)

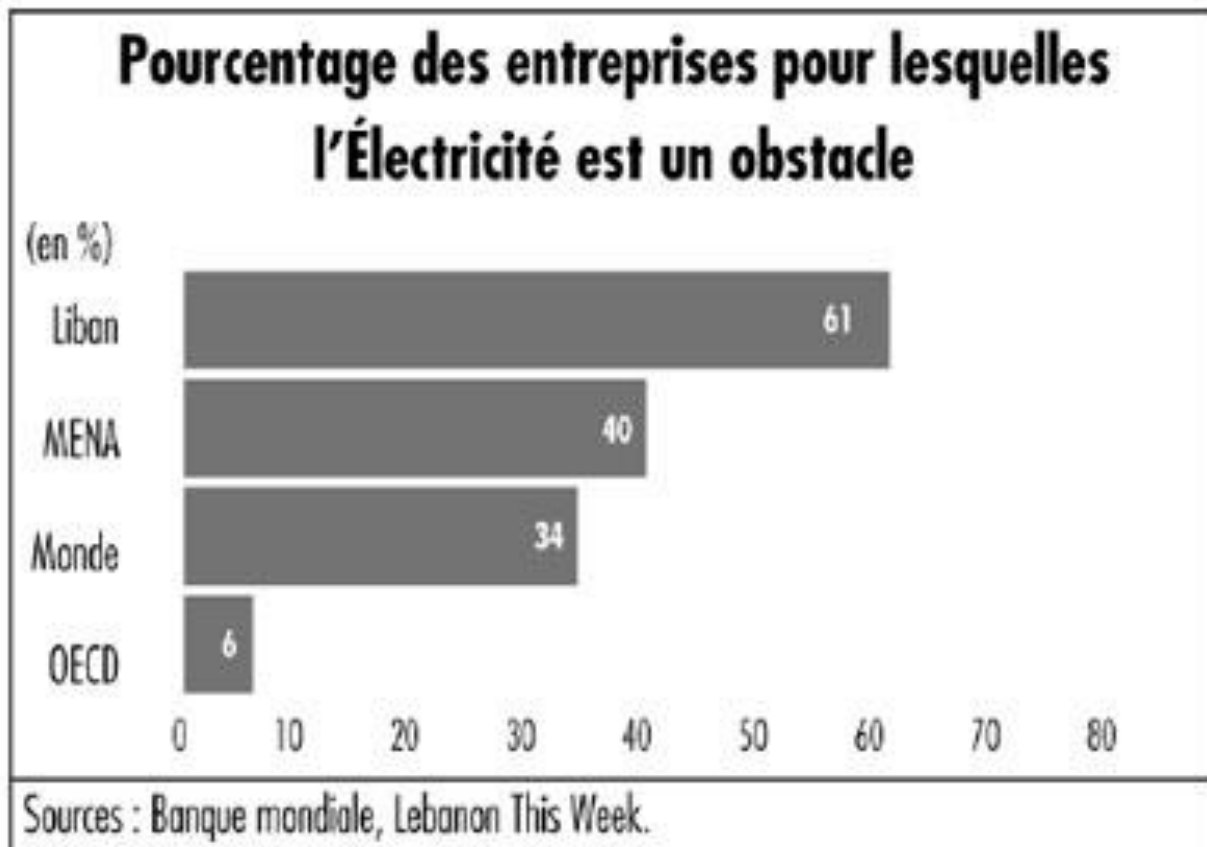


Table 13

En 2016, plus de 30% de la demande en électricité n'était pas couverte par EDL, et si la production n'augmente pas, en 2025, plus de 50 % de la demande restera insatisfaite (table 14)

Lourdement touché par la guerre civile puis la guerre de 2006, le secteur de l'électricité libanais accumule aujourd'hui les mauvaises performances techniques et financières, et aurait dû être restructuré depuis près de 20 ans.

La production électrique d'EDL pour toutes les raisons précitées, plafonne autour de 12000 GWH dont approximativement 5 % hydraulique (fonction de la pluviométrie) pour une demande en électricité estimée, en 2016 à 20 000 GWH. Les importations d'électricité restaient, pour la même année. Marginales (tables 15)

Consommation en Energie Electrique en 2016 (18000 GWh)

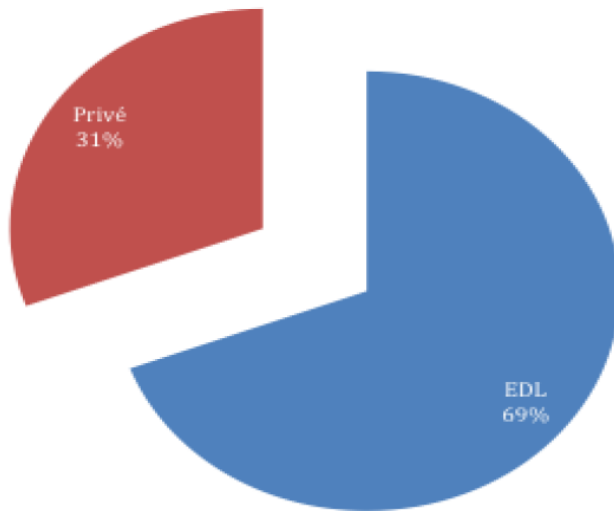
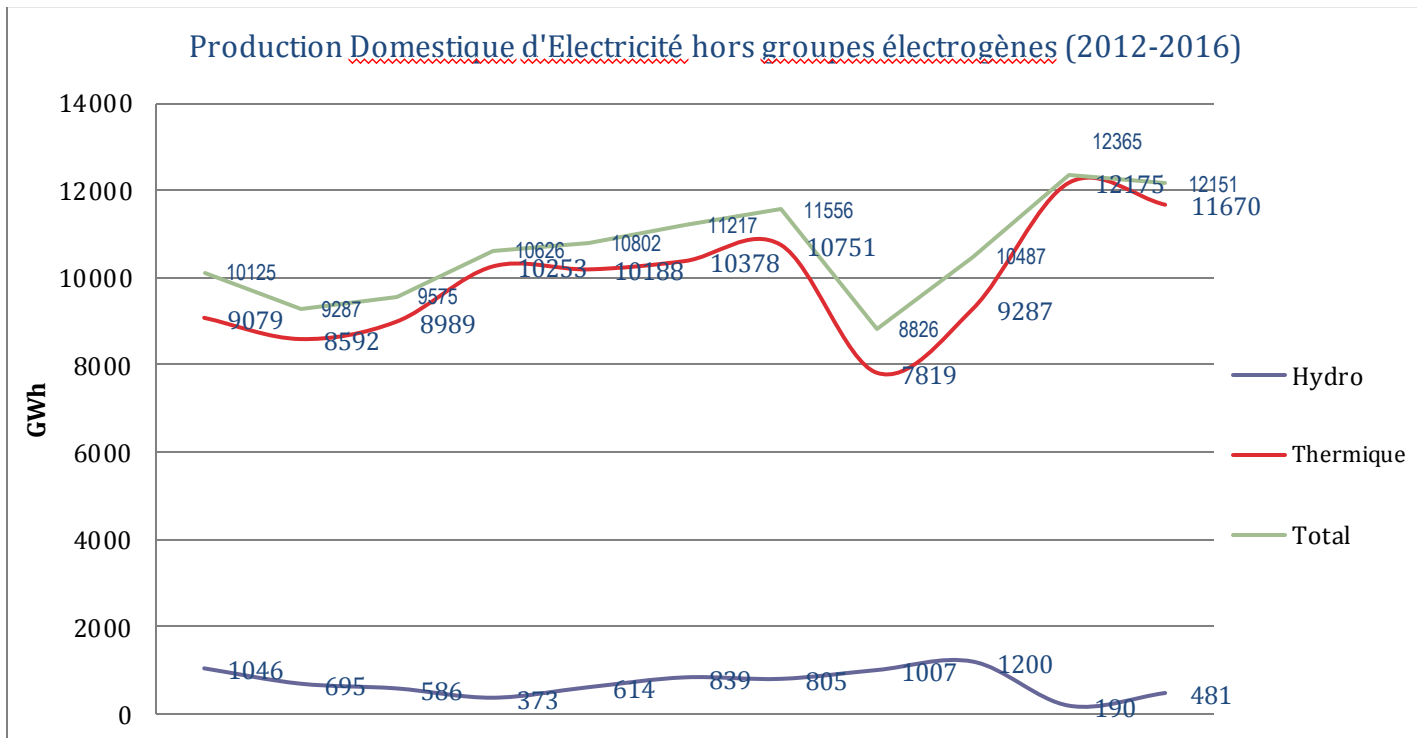
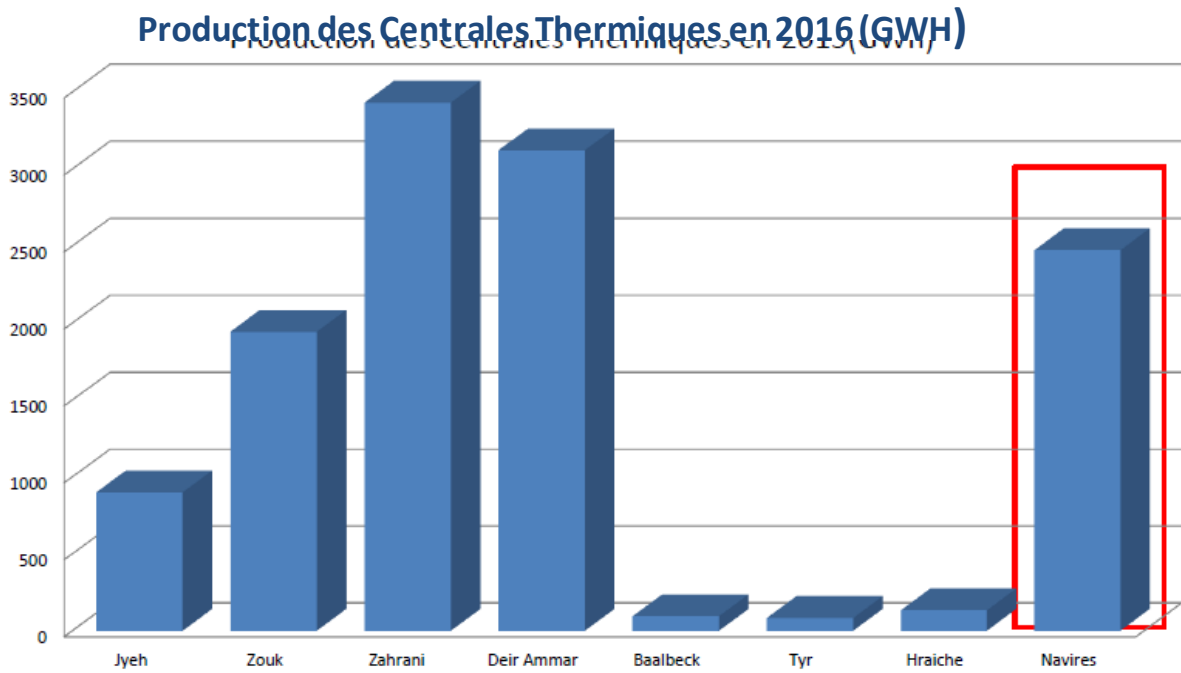
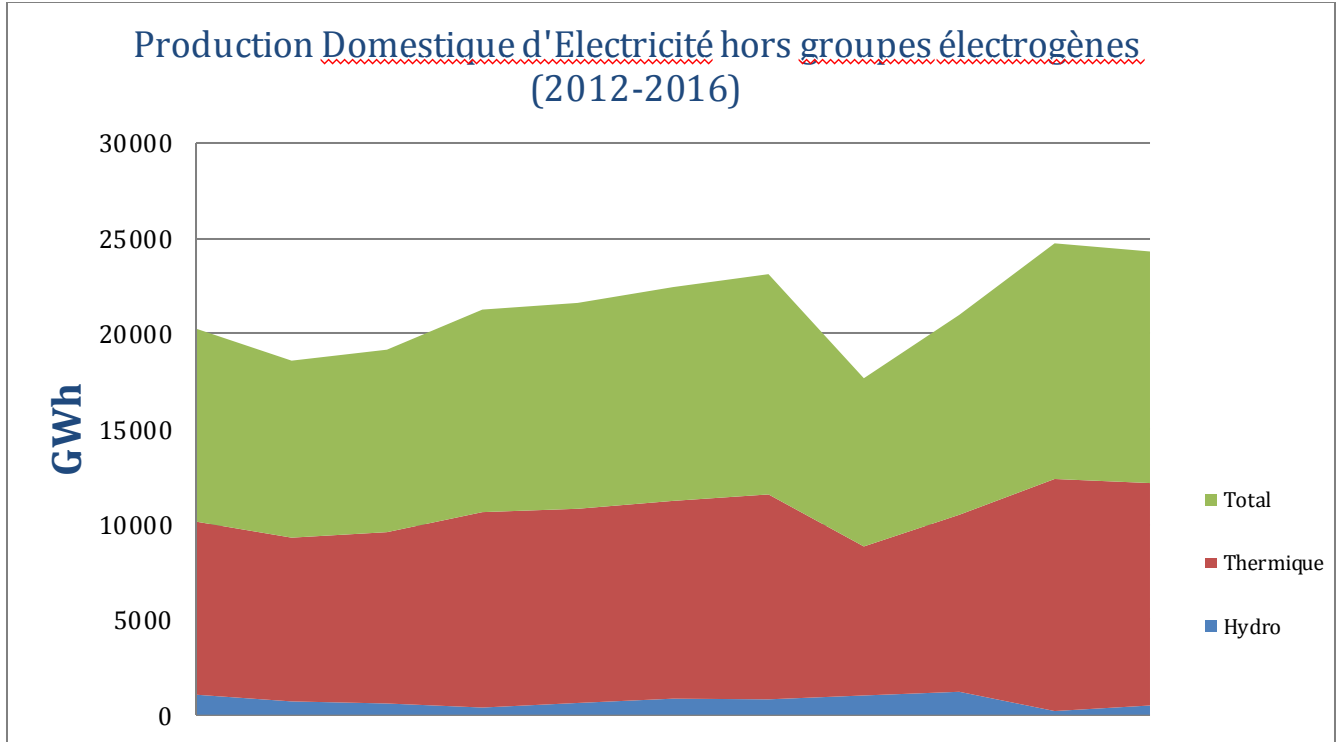
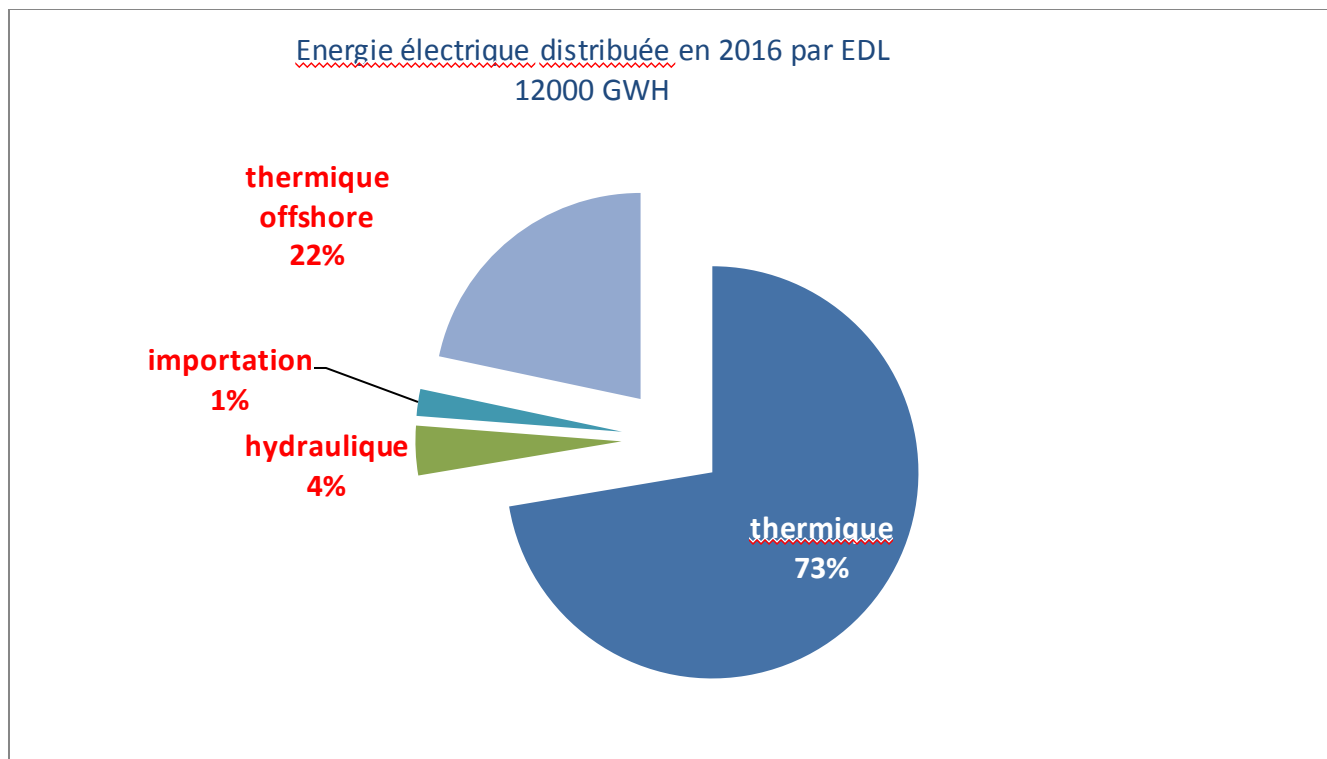


Table 14





www.almeelebanon.com



Tables 15

En raison de la dégradation conjoncturelle du réseau conventionnel d'électricité, émergent au Liban des pratiques alternatives de facto dans la production, la transmission et la distribution d'électricité. Développés pendant la guerre civile comme systèmes compensatoires individuels et solidaires, les groupes électrogènes de quartier sont progressivement devenus des dispositifs collectifs et marchands de fourniture d'électricité.

Comme précité précédemment, les groupes électrogènes disséminés sur le territoire libanais n'ont aucun statut juridique et sont fortement polluants (nuisances sonores, visuelles, pollution atmosphérique et du sol,..). Ils ont assuré plus de 30% des besoins. Le prix du kWh fourni par ces groupes étant élevé puisqu'il reflète le vrai coût des combustibles, empêche une partie de la population et de PME/PMI d'en profiter induisant un déficit de la demande de l'énergie électrique estimé à 18%(Table 16).

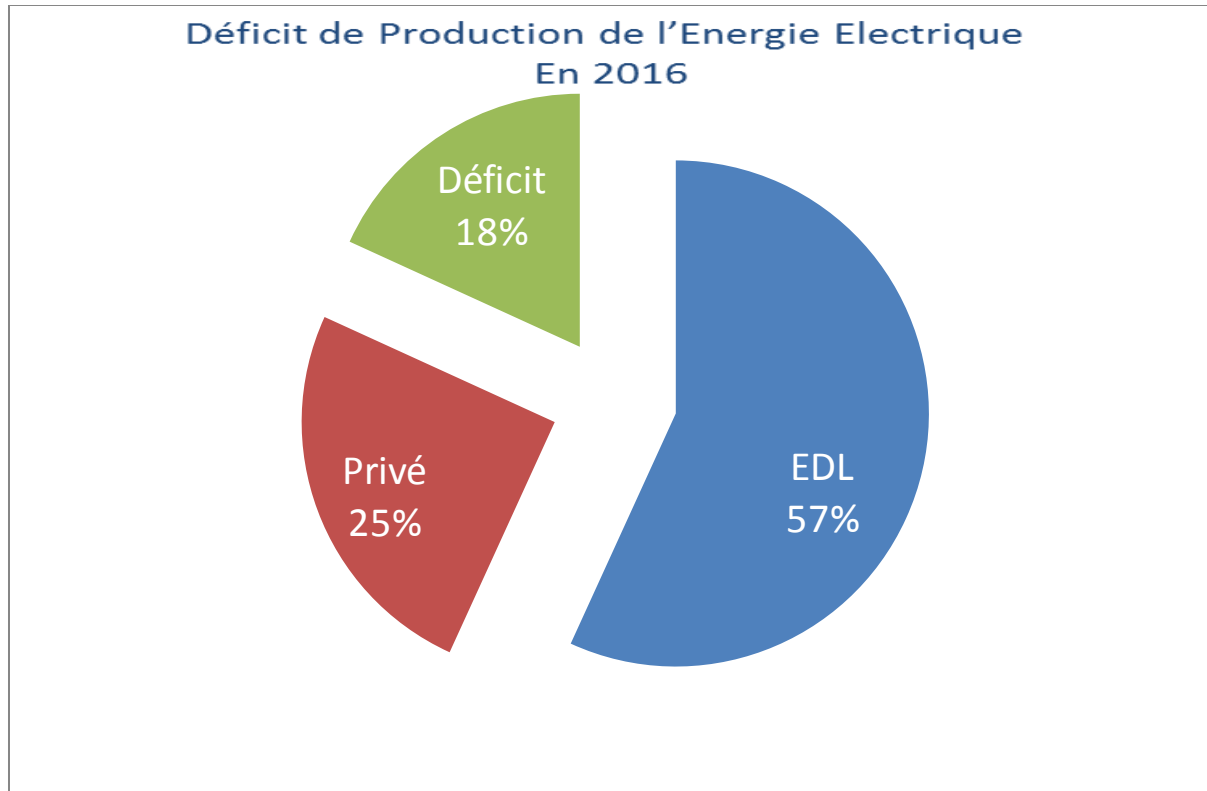


Table 16

Le KWh fourni par les groupes électrogènes privés a été facturé, en moyenne en 2016, 4 fois plus cher que celui de l'EDL : 16 cents \$ **VS** 4 cents \$ (prix moyen pondéré). Cette dichotomie des prix de l'électricité est un handicap majeur pour le consommateur et une mauvaise visibilité pour les investisseurs. A quel prix se référer pour l'étude de faisabilité économique? (Table 17)

Chauffe-Eau Solaire

	économie sur l'énergie électrique	économie sur la facture électrique	
		EDL	GÉN.
chauffe eau solaire	2336 kWh	\$234	\$545

Surcoût d'investissement 1400\$



- Temps de retour
 - 8 ans pour le tarif de l'EDL
 - 2.6 ans pour le prix du kWh du générateur électrique

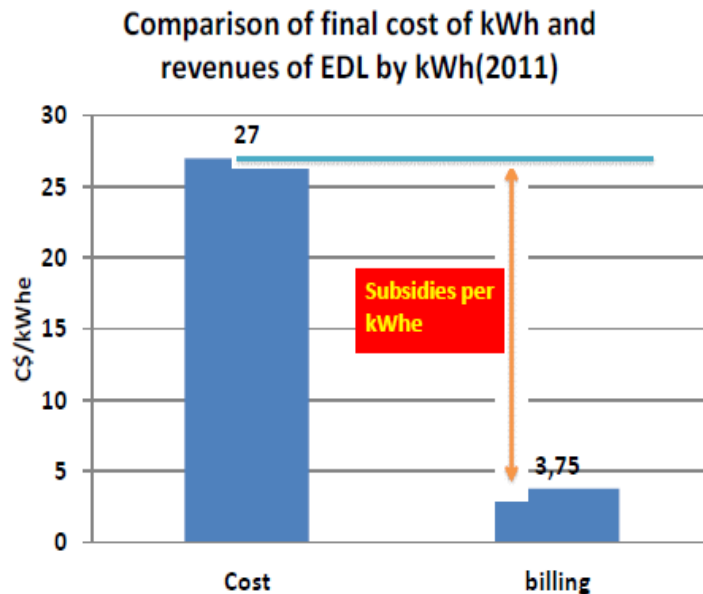
2

Table 17

Les pertes techniques et non techniques sont estimées à 40 % du total de la production, notamment dues à des problèmes de gestion des infrastructures comme le retard de paiement, le non-paiement et le vol d'électricité. Suite à une politique tarifaire qui a figé les prix de l'électricité depuis 1994 (basée sur un prix du baril du pétrole de 25\$,) indépendamment des augmentations des prix des dérivés pétroliers dont elle est fortement tributaire à plus de 92% et à une gestion ,pour le moins qu'on puisse dire ,peu performante au niveau aussi bien technique, managérial ou financier(table 18) avec un tarif de revente de 9 centimes de dollar par kilowattheure (kWh) pour le consommateur, alors que le coût de production est en moyenne de 27 centimes de dollar le kWh pour EDL (table 19). En conséquence, EDL est en déficit chronique et est le second poste de la dette publique : les transferts du bon du Trésor libanais vers EDL sont estimés entre 1,5 et 2 milliards de dollars par an avec un cumul jusqu'en 2016 de plus de 40Milliards de Dollars (tables 20)

Tarifs de l'électricité BT			
Consommation kWh/mois	Tarif		Tarif € / kWh
	LL / kWh		
<100	35		0.026
101-300	55		0.041
301-400	80		0.060
401-500	120		0.090
>500	200		0.150
Petite industrie	115		0.086
Agriculture	115		0.086
Public	140		0.105
Tarifs de l'électricité MT			
Industrie	320	pointe	0.240
Hotellerie	112	normal	0.084
	80	nuit	0.060

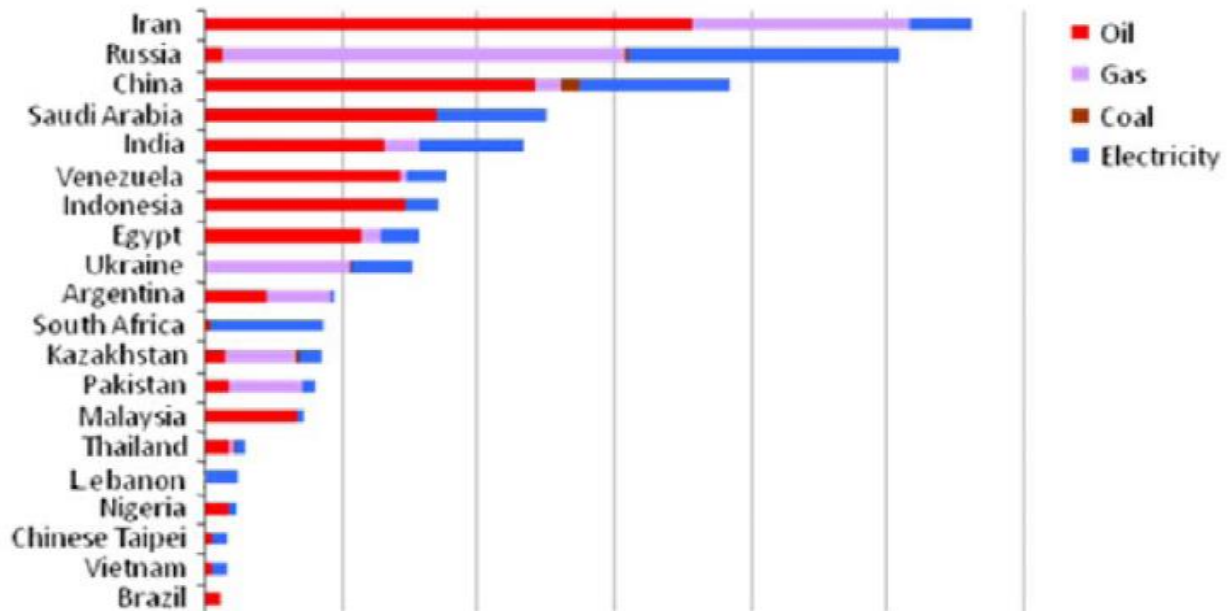
Table 18



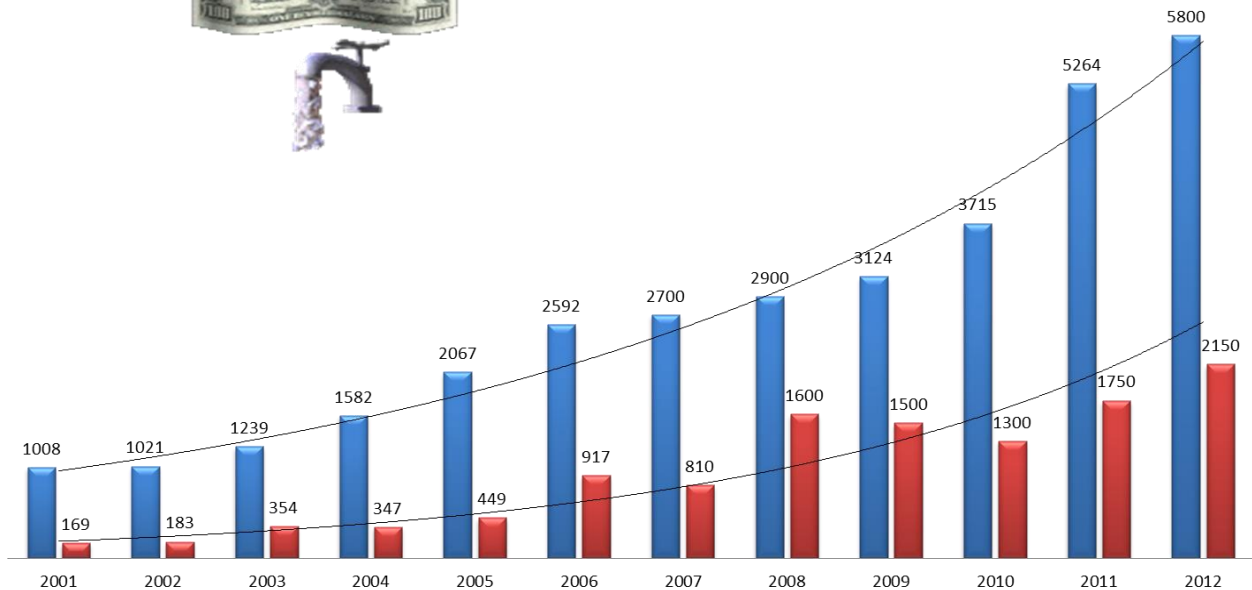
Subsidies for Electricity represent 50% of the annual growth of the public debt

Table 19

Subventions aux secteurs énergétiques



Facture des Importations de l'Energie et des subventions à l'EDL (Millions \$)



Tables 20

Malgré la pression des bailleurs de fonds internationaux pour restructurer le secteur de l'électricité, les controverses juridiques, le manque de ressources et l'instabilité politico-économique ainsi qu'une corruption généralisée et endémique ont jusqu'à présent empêché la mise en œuvre des réformes nécessaires (restructuration du tarif, augmentation de la production, réhabilitation des infrastructures existantes) malgré le vote de la loi 462 permettant de démonopoliser EDL et l'ouvrir au secteur privé grâce au P.P.P. et de créer une Autorité de Régulation .

Dans ce contexte, le consommateur libanais est acculé à régler quatre fois ses besoins en énergie électrique pour un service qui reste défaillant et déplorable:

-La première fois à l'EDL (taux d'électrification = 98%)

-La seconde fois au « Producteur Indépendant illégal » auquel il est obligé de recourir pour compenser le déficit de production de l'EDL.

-La troisième fois en assumant malgré lui la dette et les déficits financiers chroniques et colossaux de l'EDL.

-La quatrième fois en supportant les préjudices financiers et les risques physiques suite à une alimentation aléatoire , défaillante et non sécurisée (coupures intempestives, rationnement capricieux,..) et à un courant électrique pour le moins qu'on puisse dire non conforme aux normes aussi bien au niveau de la tension, la fréquence, le déséquilibre et l'inversion des phases, $\cos\Phi$, pas d'obligation de mise à la terre... et ce sans parler de la pollution atmosphérique (dont principalement les pluies acides) produite par les centrales thermiques enclavées en milieu urbain et qui utilisent du fioul à haute teneur en soufre

Dans ce panorama énergétique, qu'en est-il des Energies Renouvelables (EnR) au Liban ?

Elles existent (solaire, hydro, éolienne, biomasse,...) mais restent très peu développées mis à part le chauffe-eau solaire individuel (les EnR représentent, en 2016, 2% à 3% de l'énergie primaire hydro compris (table 21) et 6% dans le mix électrique (d'ailleurs très loin des 15% avancées dans les différentes déclarations ministérielles).

Elles continueront à rester marginales malgré des conditions climatiques et géographiques adéquates et le frémissement du marché et ce à cause de plusieurs barrières structurelles et conjoncturelles qui entravent leurs développements dont principalement :

- La situation monopolistique d'EDL et l'impossibilité au secteur privé d'accéder au marché de l'électricité malgré la loi cadre 462 et celle du P.P.P.
- la structure tarifaire de l'électricité et qui n'a pas varié depuis 1994 avec une subvention forte des prix basés sur un prix du baril de pétrole de 25 \$ ce qui biaise la concurrence et inhibe les marchés des énergies alternatives.
- l'absence de volonté politique et d'environnement institutionnel favorables au développement à grande échelle des EnR
- L'instabilité politique freinant les investissements de moyen et long termes
- L'exiguïté du pays et la spéculation immobilière rendant difficile l'acquisition de grandes surfaces nécessaires pour les grandes centrales de production d'électricité à partir des EnR.
- Le peu d'intérêt accordé aux impacts environnementaux liés à la pollution et au Changement Climatique.

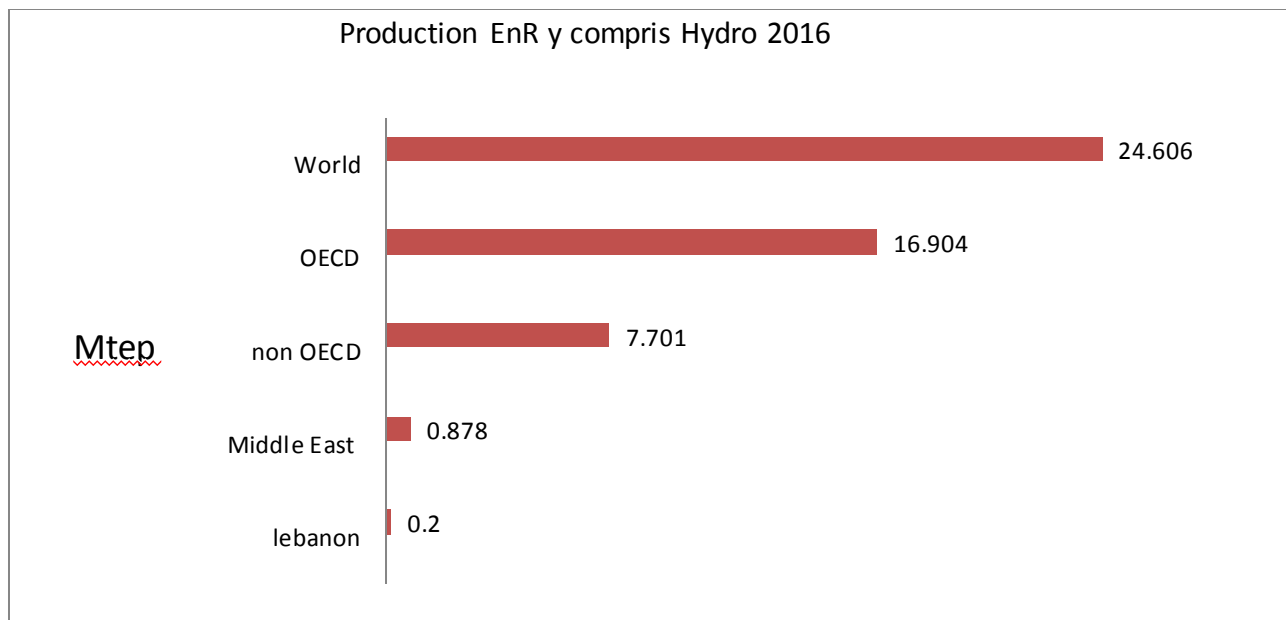


Table 21

Particulièrement, pour le Liban, le développement à grande échelle des EnR est indispensable pour la stabilité, la consolidation et l'expansion de son secteur énergétique (et son économie plus généralement) et pour les avantages que les EnR présentent comme énergie domestique et décentralisée, peu polluante et créatrice de valeur ajoutée et d'emplois. Les EnR permettent de déconnecter le prix de l'énergie verte de celle du marché internationale des hydrocarbures réduisant les tensions financières et permettant d'anticiper les fluctuations des coûts. Il y va de soi qu'il faudrait explorer le potentiel de chaque filière et le coût moyen du KWH produit

Mais serait-il vain de rappeler que le développement des EnR doit s'accompagner, en amont si c'est possible, de mesures d'Efficacité Energétique (E.E.) et l'usage d'équipements performants dans tous les secteurs gourmands en énergie notamment celui du transport .de l'industrie et celui du résidentiel et tertiaire afin de réduire au maximum la croissance de la demande en énergie sans pour autant inhiber la croissance économique. Le gisement d'E.E. est grand au Liban compte-tenu du comportement gaspilleur de l'utilisateur comme de l'existence d'un

grand parc d'équipements vétustes et énergivores. Des Mesures d'efficacité énergétique peuvent réduire à moyen terme le taux de croissance de la demande en énergie de 20% à 30%. Les mesures d'E.E. ont un effet direct bénéfique sur les dépenses de l'utilisateur comme sur l'économie du pays. Elles sont aussi génératrices de nouveaux marchés, de la Valeur Ajoutée et d'emploi et il faut tendre, à moyen terme du moins, à déconnecter la croissance de la demande en énergie de celle de l'économie.

D'ailleurs, les investissements dans l'E.E. sont peu lourds et les temps de retour plus courts comparés à d'autres investissements (table 22) et il existe toute une panoplie de mesures qui n'exige aucun investissement mais un changement dans notre comportement dans l'usage de l'énergie. On peut facilement réduire notre consommation de 5% annuellement si on a recours au quotidien à des gestes simples comme éteindre la lumière dans un local inoccupé, éviter la surchauffe de la maison en hiver, augmenter de 1°C la température de la climatisation, éviter de produire de l'eau chaude sanitaire à très haute température, recourir au covoiturage, etc...).

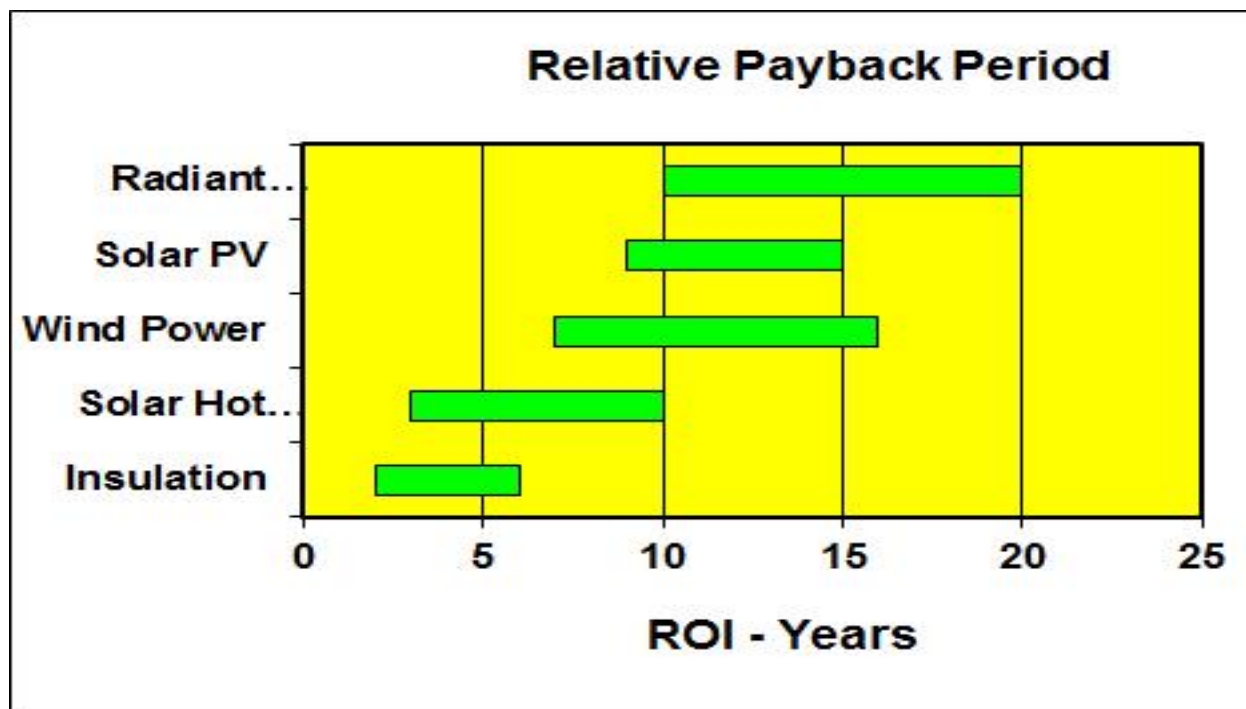


Table 22

Par exemple, on peut réduire la consommation énergétique d'un bâtiment résidentiel standard à Beyrouth de plus de 40% en adaptant des mesures simples d'E.E. comme l'isolation thermique, le double vitrage, le chauffe-eau solaire et les équipements performants dont l'éclairage LED,... avec un surcout de moins de 5% amorti en quelques années comparées à la durée de vie du bâtiment. Ces mesures présentent souvent un effet croisé comme l'amélioration du confort thermique et la réduction de la pollution et des nuisances sonores (tables 23).

Étude énergétique comparative

Construction courante

- Enveloppe extérieure non isolée, parpaing 15 cm
- Lampes à incandescence
- Simple Vitrage
- Chauffe-eau électrique
- Appareils non performants: PAC avec mauvais rendement (COP=2.8)

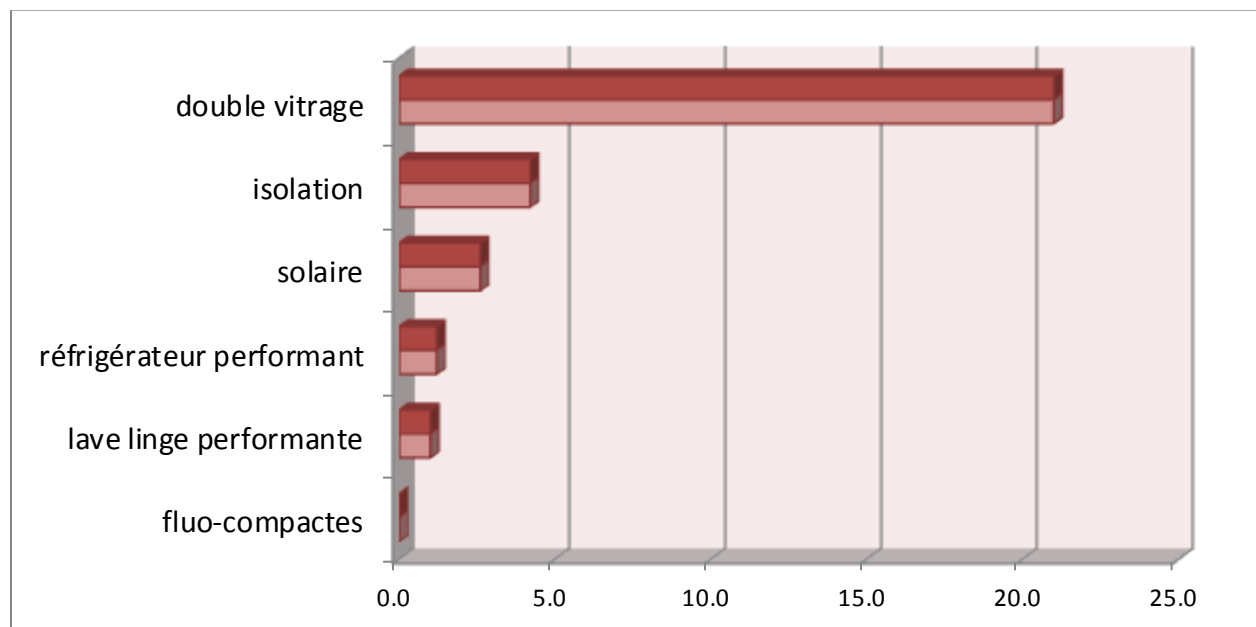
Construction améliorée

- Enveloppe extérieure isolée(polystyrène extrudé 4cm)
- Lampes fluo-compactes ou LED
- Double vitrage (Spécifications:
 1. Couche extérieure : 6mm
 2. Couche d'argon: 12mm
 3. Couche intérieure: 4mm
 Profil d'aluminium avec rupture de pont thermique
- Chauffe-eau solaire
- Appareils performants :PAC (COP 4), Réfrigérateur classe A,...

Consommation totale



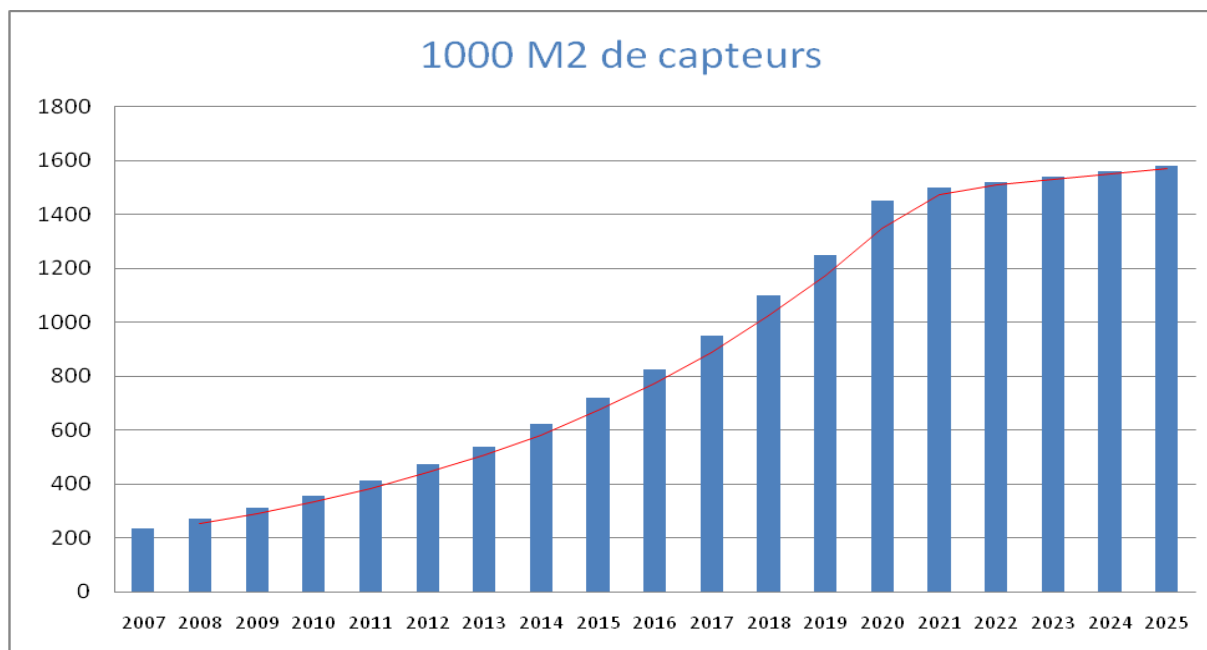
Temps de Retour en ans (prix de l'électricité aligné à celui des générateurs de quartier)

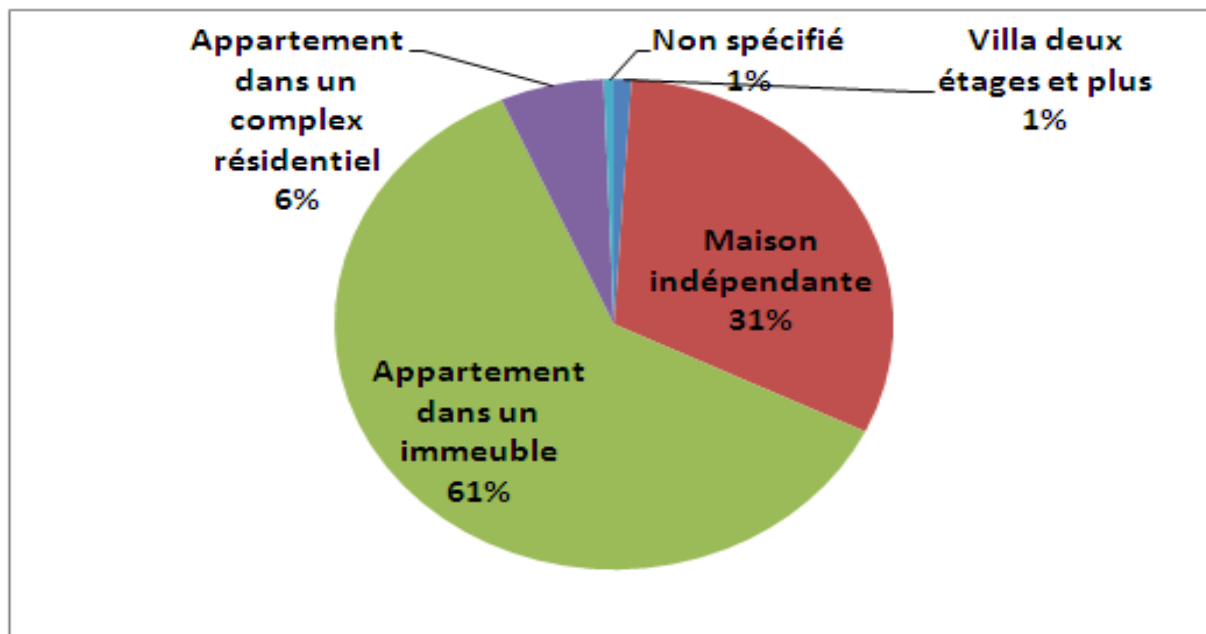


Tables 23

N.B. Au niveau de la génération d'électricité à partir des EnR, les grandes installations sont inexistantes et celles de faible puissance (distribution décentralisée) sont handicapées par la défaillance du réseau, de la tarification et des incitations proposées (Net Metering). L'Énergie Verte dans le mix électrique au Liban est en progression constante, quoique lente ces dernières années, ayant atteint une capacité de 35 MW, ce qui correspond à 0,35 % de la production totale d'électricité d'EDL.

Par ailleurs, le chauffe-eau solaire individuel pour la production d'eau chaude sanitaire est en plein essor au Liban grâce à un prix peu élevé, une installation simple et un temps de retour intéressant. Cependant l'engouement pour le chauffe-eau solaire individuel au détriment du chauffe-eau solaire collectif va inhiber le marché parce que ce genre de chauffe-eau est mal adapté pour les bâtiments collectifs surtout en milieu urbain (tables 24).





Tables 24

Si le pays souhaite vraiment dynamiser le marché des EnR afin d'assainir son secteur énergétique et son économie en réduisant sa dépendance vis-à-vis des dérivés pétroliers carbonés polluants et coûteux, il doit adopter sans trop tarder certaines mesures indispensables et urgentes dont principalement:

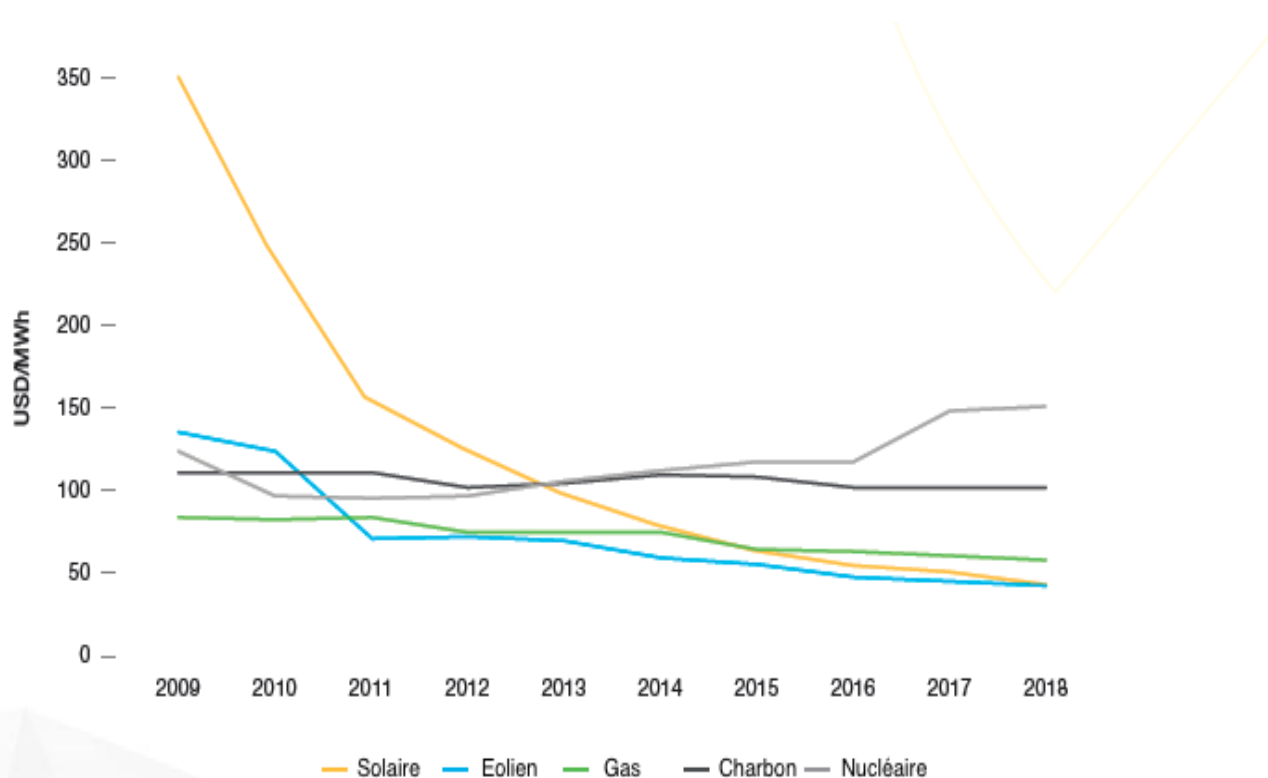
- L'établissement d'un environnement favorable au développement des EnR par la mise en application des décrets d'application relatifs aux lois sur la démonopolisation du secteur électrique et du PPP afin de permettre l'ouverture du marché de l'énergie aux investissements privés
- L'harmonisation des prix de l'électricité afin que le prix puisse refléter le coût et réduction progressive des subventions aux énergies carbonées (EDL) et leur remplacement par des incitations et mécanismes financiers ciblés et intelligents des énergies vertes (taxe carbone, crédit bonifié pour les EnR et les mesures d'E.E.,...)
- Intégration des nouvelles énergies renouvelables dans le Mix Electrique par le biais de grandes centrales tout en permettant à la production décentralisée de petite et moyenne envergure de se connecter profitablement sur le réseau (*Feed In/Feed Out*)

Dans une optique de volonté politique et d'environnement favorable visant à dynamiser le marché des EnR, l'électricité verte pourrait représenter, aux horizons des années 2030, 20% dans le mix électrique et 50% en 2050.

Dans ce contexte, en 2030, la demande en électricité est estimée à 5000MW (avec un taux de croissance annuel moyen de 5%) dont une couverture d'électricité verte de 20% soit 1000 MW (dynamisation des EnR et des mesures d'E.E.)

En supposant que l'hydro et les petites installations décentralisées qui seront installées au fil du temps grâce à la dynamique naturelle du marché représenteront, bon an mal an, quelque 5%, il faut prévoir l'installation d'un parc d'énergie verte de grande puissance de capacité de 950MW sur la période 2020-2030 soit un investissement de près de deux Milliards de dollar équivalent à la dette d'EDL pour une période d'un an (l'EDL est en déficit chronique et a perdu en,2016, plus de 2,200 Milliards de \$ soit 15% du budget de l'état et 5% du PIB).

Le prix moyen du MW installé ayant été estimé à environ 2 millions de \$ (profitant de l'économie d'échelle pour ces grandes installations, l'absence du stockage et des prix du KW vert en constante diminution (coût du KWH variant entre 4 cents\$ et 7 cents\$ en fonction de la filière adoptée) (table 25).



SOURCE: Lazard (2018). All prices in 2019 USD.

© SOLARPOWER EUROPE 2018

Table 25

Parallèlement, Les centrales à cycle combinée de Beddawi et Zahrani (900 MW) devront être réhabilitées et de nouvelles centrales à cycle combiné installées à Zouk et Jyeh toutes fonctionnant au GN (aux alentours de 2000 MW) avec le déclassement progressif des centrales thermiques fioul à faible rendement et fortement polluantes. Les Turbines à Gaz (Jyeh, Zouk, Baalbeck, Tyr,...) devront être soit réhabilitées soit remplacées pour répondre aux fluctuations de la demande notamment les crêtes journalières afin d'atteindre, aux horizons de 2030, une capacité totale de production d'électricité de l'ordre de 5000MW et ce sans oublier de généraliser et intensifier les mesures d'E.E. dans tous les secteurs énergivores.

Tous ces investissements peuvent être assurés dans un cadre de P.P.P.

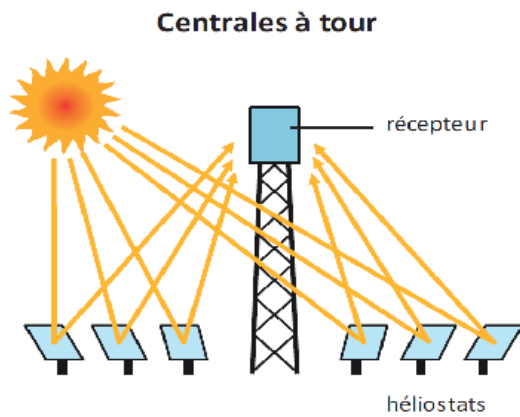
Puisqu'à ce jour, le Liban n'a pas encore entamé de gros projets EnR, il a donc tout intérêt à introduire les technologies innovantes en la matière et qui sont fort heureusement adaptées à son contexte géoéconomique en profitant des avancées techniques qui s'y opèrent actuellement :

- **Panneau photovoltaïque à concentration(CPV) ~200 MW**

Un panneau photovoltaïque à concentration, parfois simplement dénommé « panneau à concentration » est un module solaire photovoltaïque composé d'une série de dispositifs optiques de concentration de la lumière (lentilles ou miroirs) sur des cellules photovoltaïques (qui doivent être refroidies si le taux de concentration est élevé).

En intercalant un dispositif concentrateur entre le soleil et la cellule, on peut utiliser une surface de cellule beaucoup plus petite, et ainsi utiliser des cellules à rendement très supérieur, avec des valeurs oscillant typiquement entre 30 et 40 % (et qui, à moyen terme, devraient dépasser 50 %). Point très positif du CPV surtout pour le Liban, la surface de cellules photovoltaïque est très faible (dans un rapport de 1/4 par rapport au PV classique) permettant de réduire drastiquement les surfaces des installations PV pour un pays exsangue et où le coût du terrain est très élevé.

Le coût du kWh issu de panneaux solaires CPV sera de seulement 5 centimes \$ en 2030

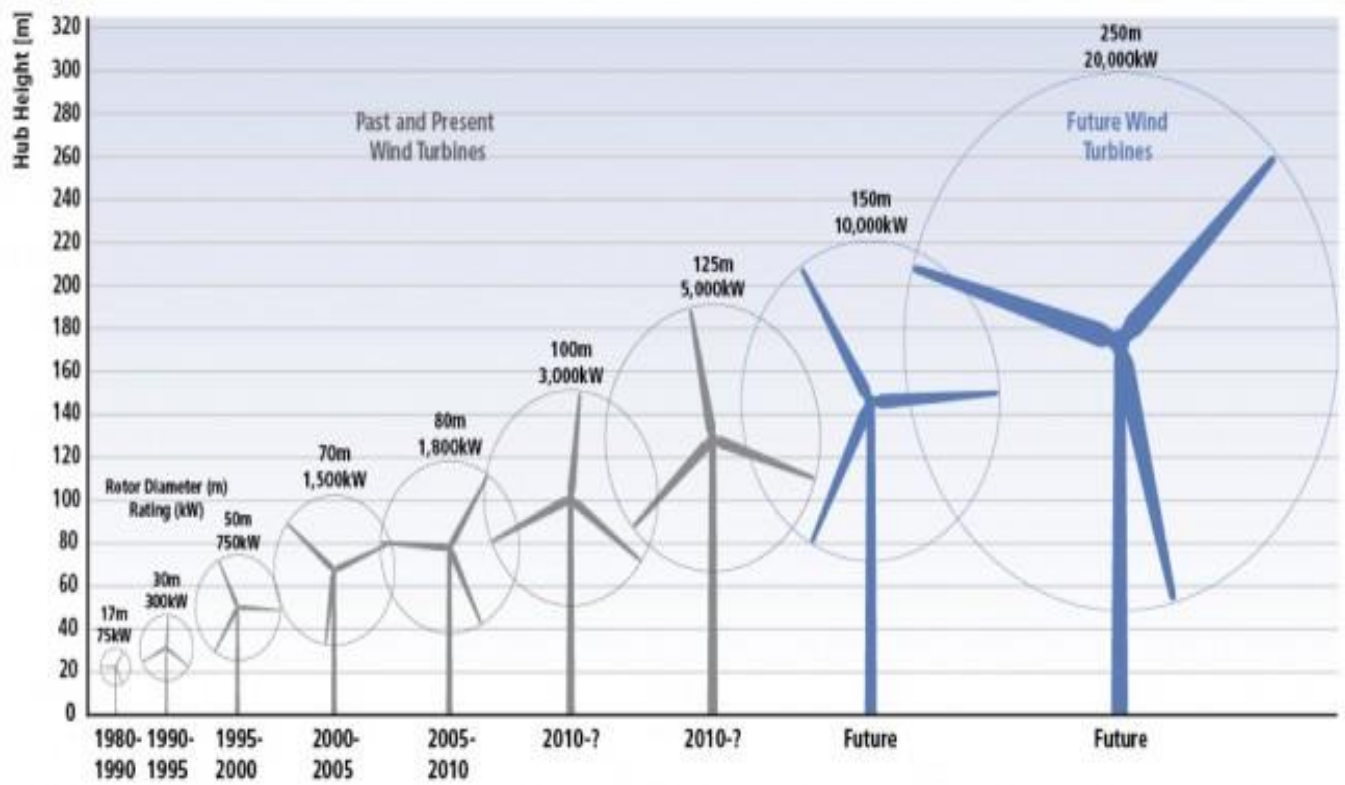


- **Eolien flottant : vers des fermes marines ~300MW**

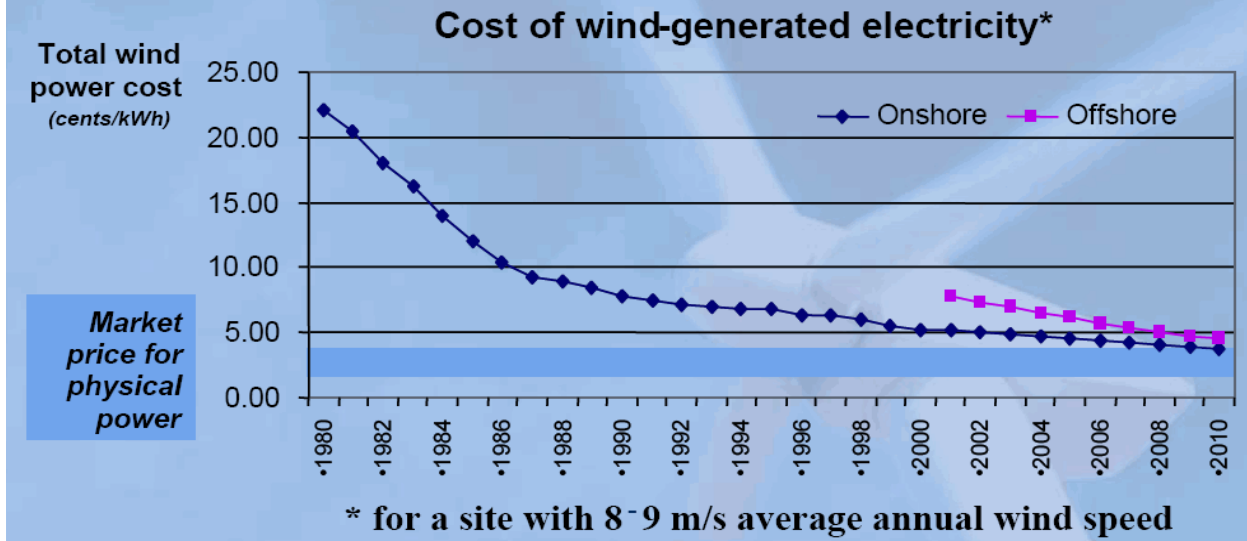
Une éolienne flottante est une éolienne *offshore* montée sur une structure flottante qui permet à la turbine de produire de l'électricité plus loin des côtes, où l'eau est beaucoup plus profonde et les vents plus forts et plus stables induisant des coefficients de charge et des rendements meilleurs fortement adaptés à la côte libanaise..

Au-delà d'une cinquantaine de mètres de profondeur, le principe d'éoliennes flottantes s'impose, d'un point de vue technique comme économique (cas du Liban). Il permet de s'éloigner des côtes et de bénéficier de vents plus forts et plus réguliers. Plusieurs technologies sont en cours de développement, notamment des structures flottantes arrimées au fond ou des plateformes submersibles.

L'éolien offshore flottant peut atteindre des puissances unitaires de 15MW, économise des surfaces importantes de terre, permet une production intense et constante d'énergie électrique avec un coefficient de charge élevé grâce aux vents marins et réduit drastiquement les nuisances visuelles et sonores ainsi que l'encombrement y relatif.



Wind Energy Cost per KWh 1980-2010

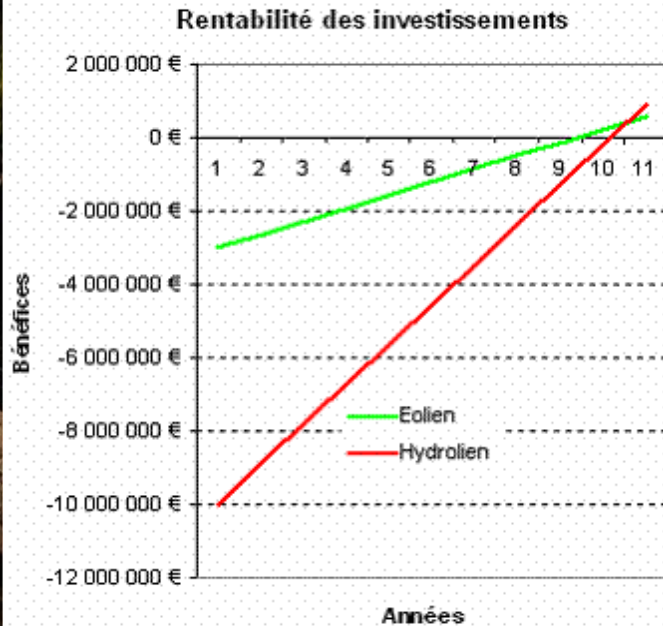
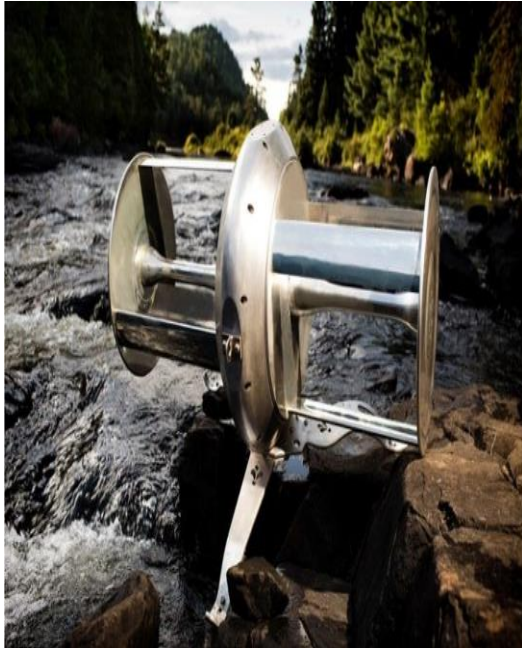


- Hydroliennes Fluviales

Le fonctionnement d'une hydrolienne fluviale se base sur un principe similaire aux éoliennes. Là où ces dernières captent l'énergie cinétique du vent, les hydroliennes usent du même procédé pour exploiter l'énergie cinétique des marées ou, dans le cas de fleuves, des courants marins. Les systèmes peuvent rester à flot avec un point d'ancrage, ou se placer sous la surface. La turbine est à l'origine d'un mouvement mécanique qui est converti en énergie électrique. Celle-ci transite ensuite grâce au raccordement d'un réseau électrique donné. En fonction des besoins et des capacités d'installation, il est ainsi possible d'adapter la taille des hydroliennes. Il peut s'agir de microgénérateurs pour de petits cours d'eau, ou encore de générateurs en mesure de produire plusieurs mégawatts pour les sites où le courant est particulièrement important ce qui est fortement adaptés aux cours d'eau et fleuves au Liban

Aujourd'hui, le coût d'une hydrolienne est d'environ 3000\$ par kW, ce qui est proche du prix d'une éolienne offshore Mais ce prix dépend de la puissance de

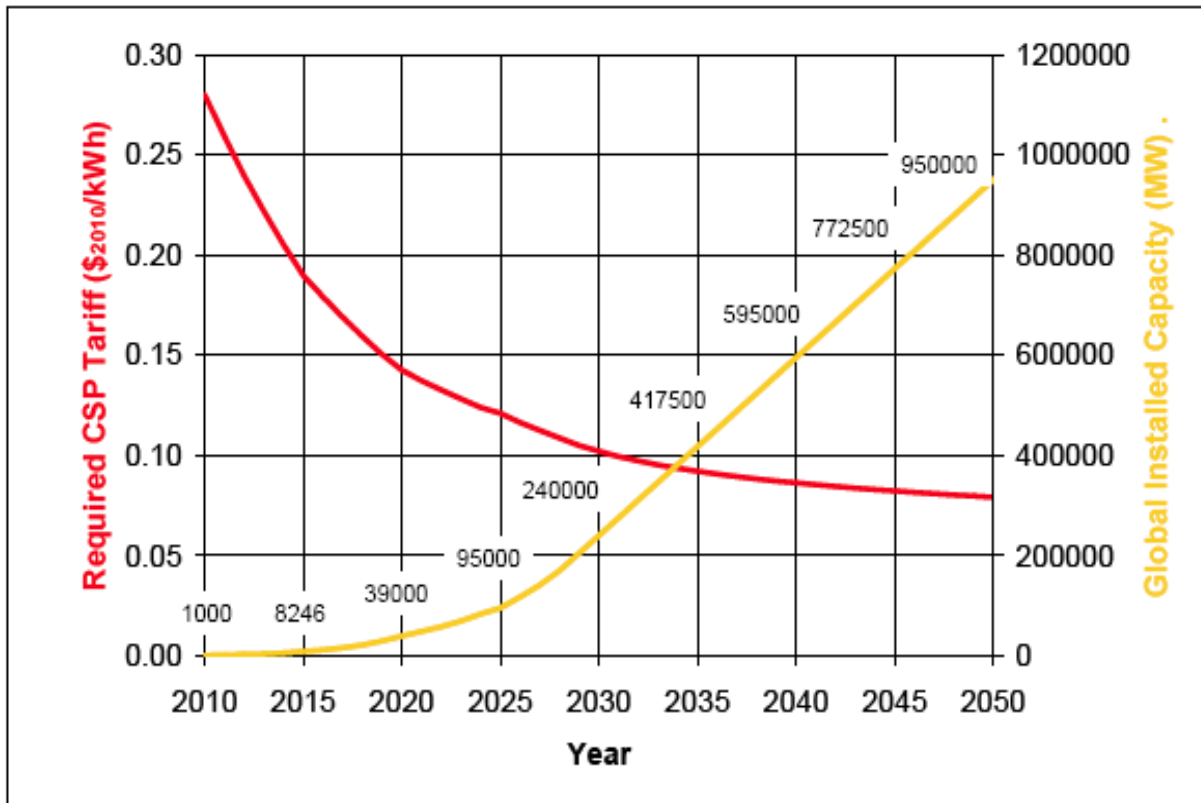
hydrolienne : plus elle est importante, moins le prix du kW installé est élevé. Il paraît donc important de choisir les sites où le courant est le plus fort, afin d'avoir un coût total plus faible et une production plus importante



- Tour solaire thermique à stockage (Permanent CSP) ~ 500MW

Certaines centrales thermiques solaires sont constituées d'une **tour solaire thermique** et d'héliostats. La tour reçoit l'infrarouge du soleil concentrée par les héliostats. La technique solaire thermique concentrée est vue comme une solution viable d'énergie renouvelable permettant une production d'énergie sans pollution, avec une technologie disponible.

Les premiers modèles utilisaient les rayons concentrés pour chauffer de l'eau, et utilisaient la vapeur produite pour alimenter une turbine. De nouveaux modèles utilisant du sodium liquide ont été testés, et des systèmes utilisant des sels fondus (40 % de nitrate de potassium et 60 % de nitrate de sodium) comme fluides sont maintenant en fonctionnement. Ces fluides ont une capacité calorifique élevée, qui peut être utilisée pour stocker l'énergie, avant de l'utiliser pour faire bouillir l'eau afin d'actionner des turbines. Ces conceptions permettent de générer de la puissance lorsque le soleil ne brille pas.



- **Le Traitement et la Valorisation Énergétique de nos déchets**

La valorisation énergétique permet de transformer les déchets en électricité et/ou en chaleur.

La valorisation énergétique permet à la fois de réaliser des économies de combustibles de matières premières et de diminuer de 20% le prix du traitement des déchets urbains.

Il existe actuellement deux filières qui permettent de valoriser des déchets sous formes d'énergie :

A- L'incinération des déchets ménagers et industriels ainsi que la biomasse (bois, matière végétale) permet de produire de l'énergie grâce à la chaleur dégagée en brûlant les déchets. Près de 70% de nos déchets sont des combustibles, notamment les plastiques conçus à partir de pétrole. Ces déchets peuvent être brûlés (à plus de 1 000°C) à des fins énergétiques au sein d'unités d'incinération d'ordures ménagères. L'énergie calorifique dégagée par la combustion peut alors alimenter directement des réseaux de chaleur ou être transformée en électricité. Précisons que de la chaleur et de l'électricité peuvent être produites sur le même site par cogénération.

B- Le stockage des déchets permet de générer du biogaz : collecté dans les installations de stockage et les stations d'épuration, ce biogaz contient de 40 à 60% de méthane, ce qui lui confère un important potentiel énergétique.

La méthanisation est un processus de « fermentation anaérobie » qui permet de produire entre autres du biogaz à partir de déchets, essentiellement agricoles. Ce biogaz peut également être valorisé dans les réseaux de gaz naturel ou être transformé en électricité.

Une unité de méthanisation traitant 15 000 tonnes/an de déchets peut, par cogénération, satisfaire les besoins en électricité spécifique de 1 300 logements et ceux en eau chaude de 2 000 logements. (production annuelle de déchets au Liban >2 Millions de Tonnes)

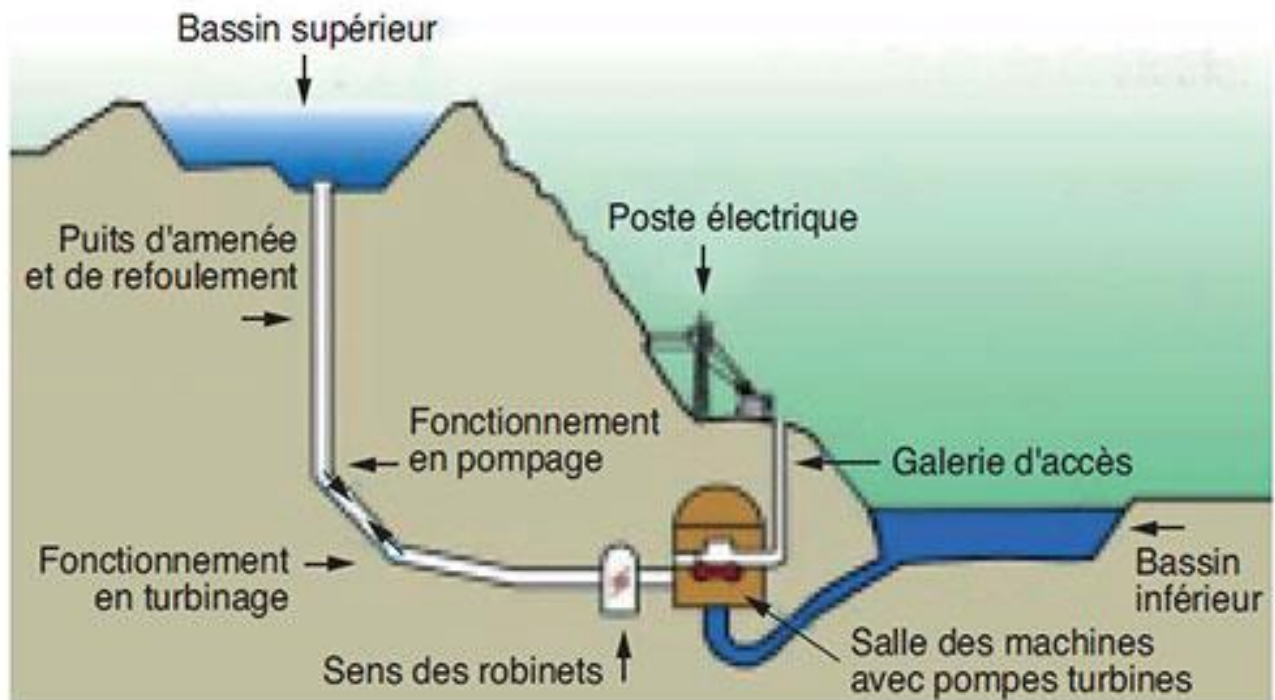


- **Stations de Transfert d'Énergie par Pompage (STEP) en remplacement des turbines à gaz pour répondre aux pointes de la demande**

Le pompage-turbinage ou STEP est une technique de stockage de l'énergie électrique qui consiste à remonter de l'eau d'un cours d'eau ou d'un bassin, pour la stocker dans des bassins d'accumulation, lorsque la production d'électricité est supérieure à la demande — c'est le pompage —, puis de turbiner l'eau ainsi mise en réserve pour produire de l'énergie électrique lorsque la demande est forte — c'est le turbinage. Elle participe à l'ajustement entre l'offre d'électricité et la demande et peut intervenir pour répondre à la crête de la demande ou combler

le déficit et les aléas de de production d'énergie verte (solaire ou éolienne) et ce en parallèle avec les turbines à Gaz.

Schéma de fonctionnement d'une STEP



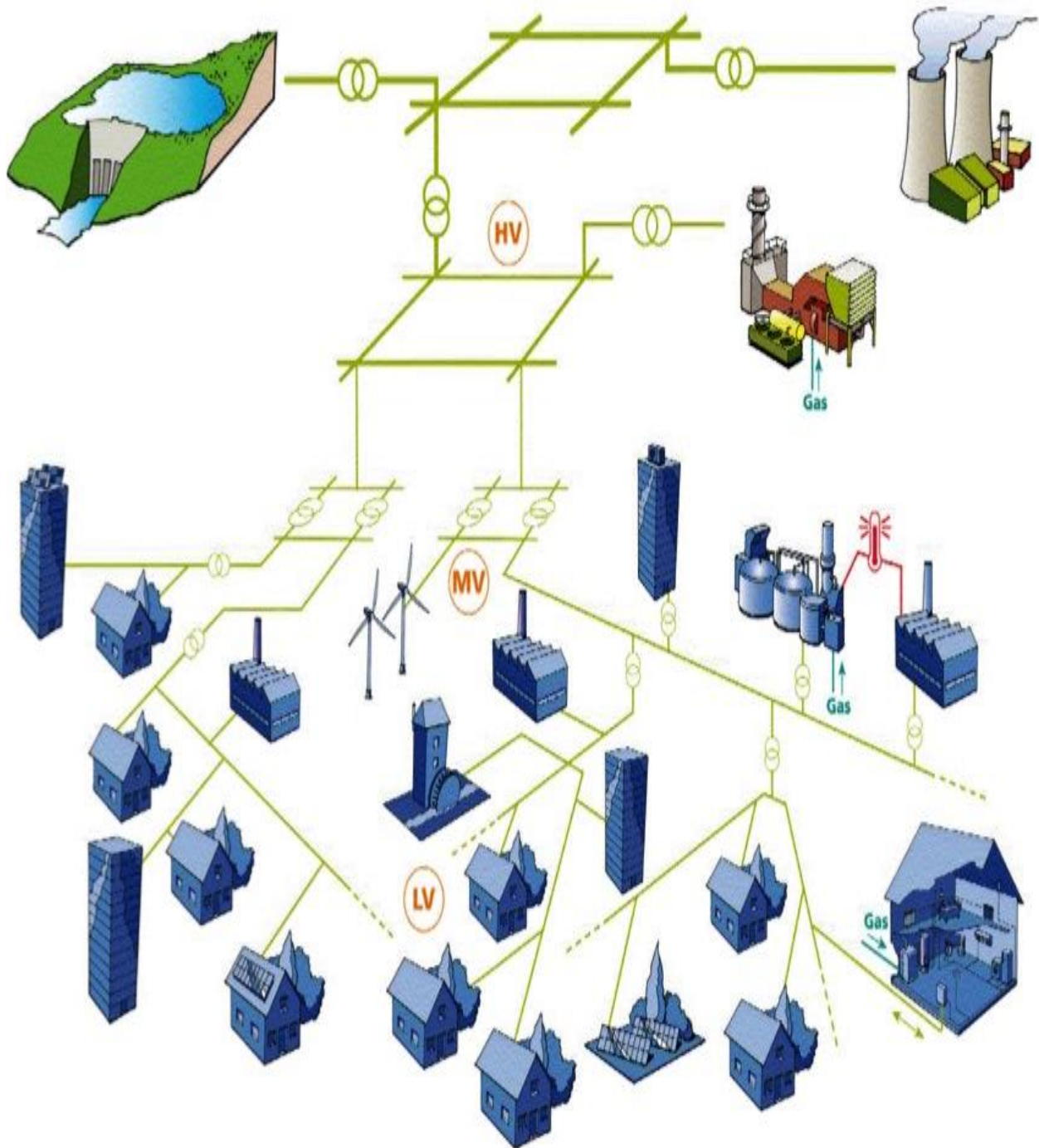
Source : EnerGeek 2011

- les smart grids ou réseaux intelligents

La connexion des centrales EnR (de grande puissance ou décentralisées) au réseau induit des contraintes techniques qui exigent son évolution afin de l'adapter à ces énergies aléatoires et intermittentes.

les smart grids sont des réseaux de distribution d'électricité dits « intelligents » grâce à des technologies informatiques et de communication combinées de manière à optimiser la production, la distribution, la consommation. Un smart grid vise à mieux mettre en relation l'offre et la demande entre les producteurs et les consommateurs d'électricité en y intégrant la production aléatoire de l'énergie électrique par les EnR.

Ils permettent de manière générale d'économiser de grandes quantités d'énergie en lissant les pointes de consommation et en diminuant les capacités de production en pointe qui sont les plus coûteuses et les plus polluantes, de sécuriser le réseau et d'en réduire le coût.



Le Liban ne pourra sortir de son gouffre énergétique sans une rupture avec les politiques énergétiques en vigueur (ou l'absence de politique énergétique) et l'adoption d'un nouveau paradigme et une nouvelle vision basés sur l'efficience et la sobriété dans la consommation, le recours au GN et aux EnR dans son mix électrique et il doit s'y mettre sans trop tarder... Déjà la facture du gaspillage, cafouillage et de la magouille lui a couté cher... un peu trop cher : la moitié de sa dette publique en plus d'une précarité énergétique endémique