

Etude de pré faisabilité du dessalement d'eau de mer couplé aux Energies renouvelables à des fins d'irrigation

[Feasibility study of water desalination coupled to renewable energies for the purpose of irrigation]

Badr Ouhammou and Mohamed Aggour

Department of physics, Physics Laboratory of Condensed Mater,
Ibn Tofail University, Faculty of science,
Kenitra, Morocco

Copyright © 2014 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the ***Creative Commons Attribution License***, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The problem of water in the agricultural sector and the country's poverty level of fossil energy sources (import 97%) lead to the most appropriate solution is the coupling of renewable energy in water desalination. In this article an economic approach has been established at the price per kilowatt hour, which aims to explain and demonstrate the feasibility of this solution in the action area.

KEYWORDS: water desalination; solar radiation; wind energy; fossil energy.

RESUME: La problématique de l'eau dans le secteur agricole et la pauvreté du pays au niveau des sources énergétiques fossiles (importation 97 %), conduisent vers la solution la plus adéquate qui est le couplage les énergies renouvelables au dessalement d'eau. Dans cet article une approche économique a été établie au niveau des prix du kilowattheure dont l'objectif est d'expliquer et montrer la faisabilité de cette solution dans la zone d'action.

MOTS-CLES: Dessalement d'eau, Gisement solaire, Energie éolienne, Energie fossile.

1 INTRODUCTION

L'énergie et l'eau en agriculture sont deux domaines au cœur de l'actualité et dont les préoccupations se rejoignent dans l'opinion et dans les politiques de développement de la présente zone d'étude. Elle est considérée comme le premier producteur et fournisseur des produits agricoles au pays, ce qui nécessite sur la grande mobilisation des ressources en eau.

Cet article aborde la problématique et le besoin de l'eau pour fin d'irrigation, ensuite nous traiterons la question de l'énergie de dessalement d'eau comme solution de ce problème, à partir d'une comparaison entre les prix du kilowattheure d'origine fossile et ceux d'origines renouvelables, notamment de l'énergie photovoltaïque et éolienne.

2 PROBLÉMATIQUE

2.1 SITUATION GÉOGRAPHIQUE

La zone d'études couvre les quatre principaux bassins suivants :

- Le bassin de l'Oued Souss (16 200 km²) ;
- Le bassin de Massa (6280 km²) ;
- Les bassins côtiers des Oueds Tamraght et Tamri (2 600 km²) ;
- Le bassin de Tiznit-Ifni (2 800 km²)

Elle situés entre l'Océan Atlantique et les montagnes du Haut-Atlas et l'Anti-Atlas, ces bassins ont des superficies s'étendant approximativement sur 25% de zones de plaine et 75% de zones de montagne. Les principales plaines sont celle du Souss (4 500 km²), celle des Chtouka (1260 km²) et celle de Tiznit (1 200 km²). [1]

2.2 CONTEXTE CLIMATIQUE

Le climat de la région est à prédominance aride, mais il varie du type humide à hiver froid sur les sommets du Haut-Atlas Occidental à prè-saharien, à hiver frais en plaine.

2.2.1 TEMPÉRATURES

Les températures moyennes annuelles varient de 14°C sur le Haut-Atlas au Nord à 20°C sur l'Anti-Atlas au Sud. La température maximale journalière atteint 49°C et la température minimale descend jusqu'à 3°C au dessous de zéro.

2.2.2 PRÉCIPITATIONS

Les précipitations, sur la région d'étude, présentent une grande variabilité spatiale et temporelle.

Les précipitations moyennes correspond les différents bassins:

- 280 mm sur le bassin du Souss ;
- 265 mm sur le bassin du Massa ;
- 390 mm sur le bassin du Tamrhart
- 180 mm sur la plaine de Tiznit.

3 ÉTAT DES RESSOURCES EN EAU

3.1 EAUX SUPERFICIELLE

L'hydrographie du bassin du Souss-Massa s'articule autour de 4 grandes unités hydrologiques comme il est indiqué dans la figure 1:

- Bassin du Souss ;
- Bassins côtiers atlantiques (Tamri – Tamraght) ;
- Bassin de Massa ;
- Bassins de Tiznit-Sidi Ifni.

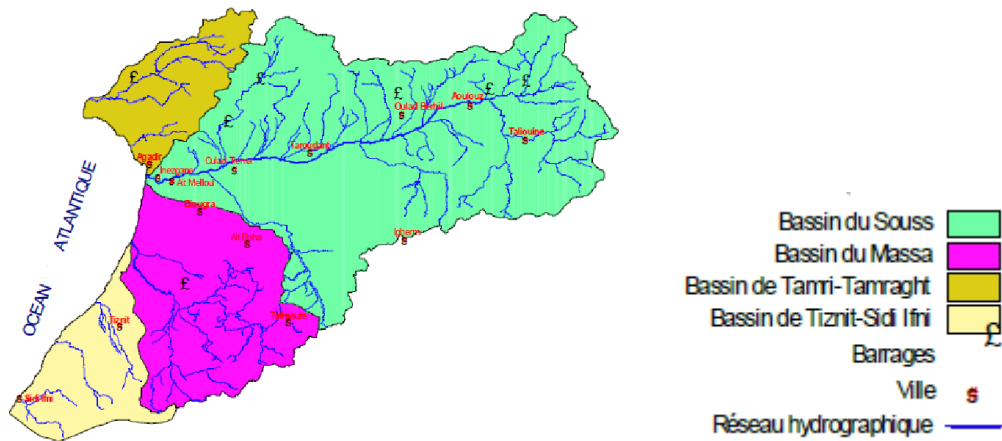


Fig 1 : Découpage hydrologique du bassin Souss Massa

Les apports annuels moyens dans la zone de l'étude, répartis par bassin et sous bassin, sont présentés dans la figure 2.

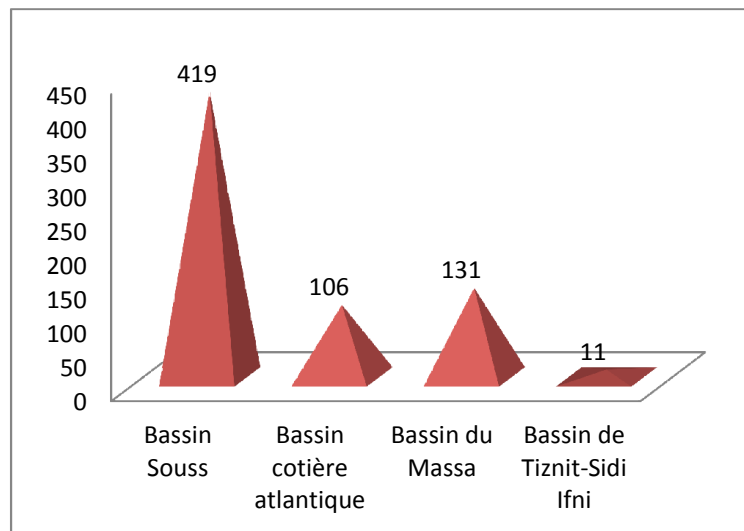


Fig 2 : Apports moyens annuels du bassin hydraulique du Souss Massa

L'intégration de l'ensemble des sous bassins a permis d'établir l'apport moyen du bassin du Souss Massa à environ 668 Mm³/an.

3.2 EAUX SOUTERRAINES

La région comprend trois principales unités hydrogéologiques : la nappe du Souss, la nappe des Chtouka et celle de Tiznit, dont la localisation est donnée dans la figure 3.

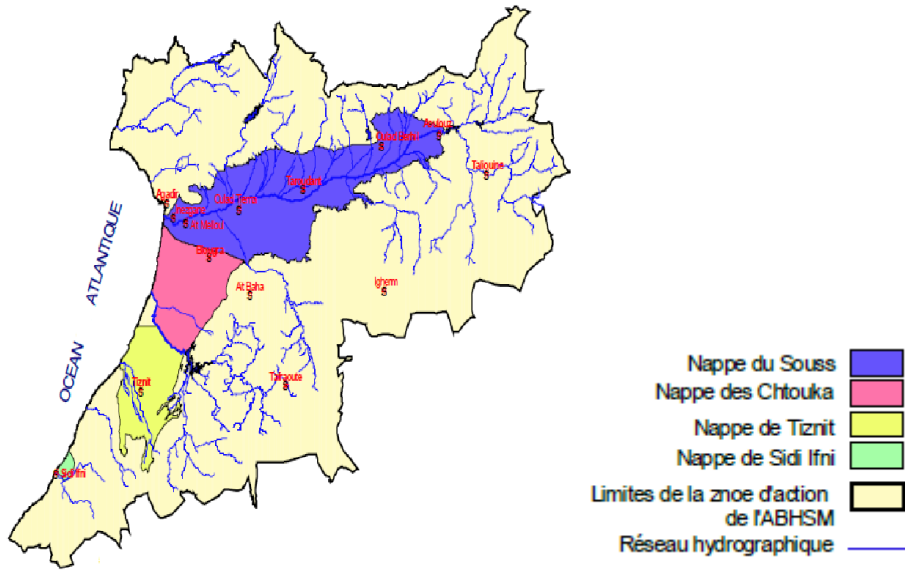


Fig 3 : Principales nappes de la zone d'étude

Le tableau 1 expose l'allure caractéristique correspond les nappes d'eau souterraine dans les années 2003 et 2012.

Tableau 1 : Apports moyens annuels des eaux souterraines de la zone d'étude en Mm³/an

Nappe	2003		2012	
	Entrée	Sortie	Entrée	Sortie
Chtouka	35	93	33	90
Tiznit	24,9	25,4	21,5	23
Souss	323	551	268	551

4 UTILISATION ACTUELLE DE L'EAU EN IRRIGATION

La superficie totale irriguée en 2012, dans les bassins de Souss Massa, est estimée par 120 680 ha selon l'ORMVASM. [2]

La figure, ci-après, dresse une estimation de l'utilisation agricole des ressources en eau, par bassin, pour l'année 2012.

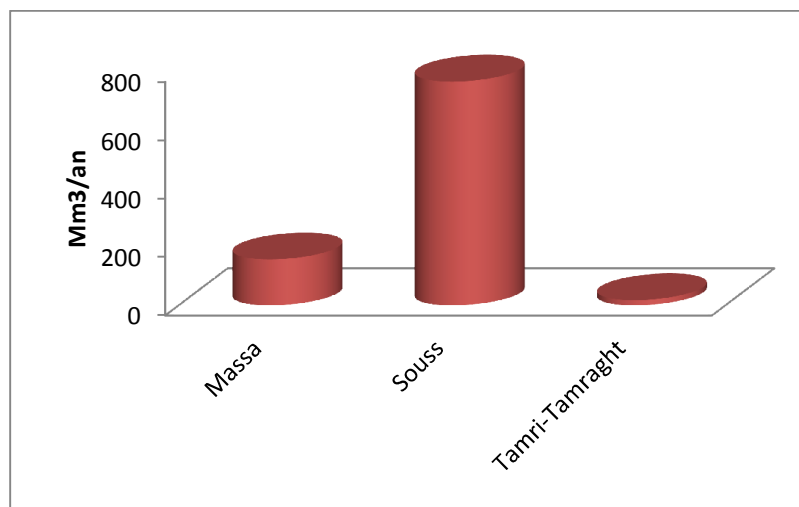


Fig 4 : Utilisation d'eau d'irrigation en Mm³/an.

L'irrigation utilise ainsi actuellement un volume brut (comprenant toutes les pertes dues au transport, stockage etc..) d'environ 942 Mm³/an d'eau, dont 616 Mm³ d'eau souterraine et 326 Mm³ d'eau de surface.

5 EVALUATION DE LA DEMANDE EN EAU D'IRRIGATION

Les résultats, présentés dans ce chapitre, sont ceux de l'étude de révision du PDAIRE des bassins de Souss Massa, notamment la mission relative à l'étude de la demande en eau agricole, où il a été procédé à l'actualisation, en étroite collaboration avec les services de l'ORMVASM, des éléments permettant l'évaluation des besoins en eau d'irrigation.

Tableau 2 : Demande d'eau agricole future

Bassin	demande d'eau en Mm ³		Superficie irriguée
	2020	2030	
Massa	145	145	27235
Souss	595	588	101935

Globalement, la demande en eau d'irrigation, au niveau des bassins de Souss Massa, telle qu'elle ressort de l'étude de révision du PDAIRE, passerait de 808 Mm³ en 2012, à 768 Mm³ en 2020 et à 750 Mm³ en 2030 selon l'ORMVASM. [4]

6 IDENTIFICATION DES BESOINS EN EAU DE DESSALEMENT

Le tableau suivant récapitule les bilans globaux Besoins / Ressources totales, du bassin du Souss Massa ressources, après mise en œuvre des options de développement contenues dans l'étude de révision du PDAIRE. [4]

Tableau 3 : Bilans globaux Besoins / Ressources du bassin du Souss Massa en 2012

Zone	Superficie irriguée en ha	Besoins (Mm ³)	Ressources (Mm ³)	Bilan (Mm ³)
Massa	27235	145	134	-11
Souss	101935	645	634	-11

La zone d'action entrant dans un déficit hydraulique à cause de la croissance de la demande en eau d'irrigation, ce qui impose la solution de dessalement d'eau pour couvrir et satisfaire ces demandes.

7 POTENTIEL DES ÉNERGIES RENOUVELABLES DE LA ZONE D'ACTION

7.1 ENERGIE SOLAIRE

Le solaire est certainement la source d'énergie renouvelable qui occupe une place importante dans la stratégie énergétique du Maroc. Avec plus de 3000 h/an d'ensoleillement comme il est indiqué sur la figure 4, soit une irradiation de 5 kWh/m²/j [5]. Cette source d'énergie constitue un potentiel particulièrement important surtout dans les régions mal desservies en capacités de production électrique.

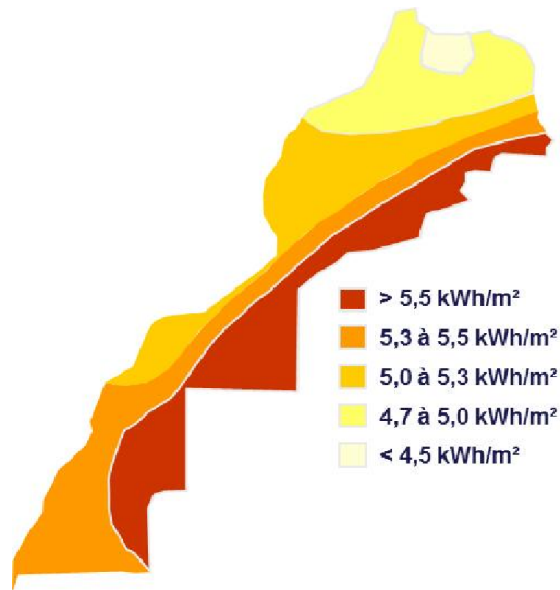


Fig 4 : Carte du gisement solaire du Maroc

Pour la zone d'étude, le potentiel solaire est exposé dans la figure 5, qui montre que le site a un rayonnement solaire journalier moyen environ de 5,27 kWh/m²/j. [6]

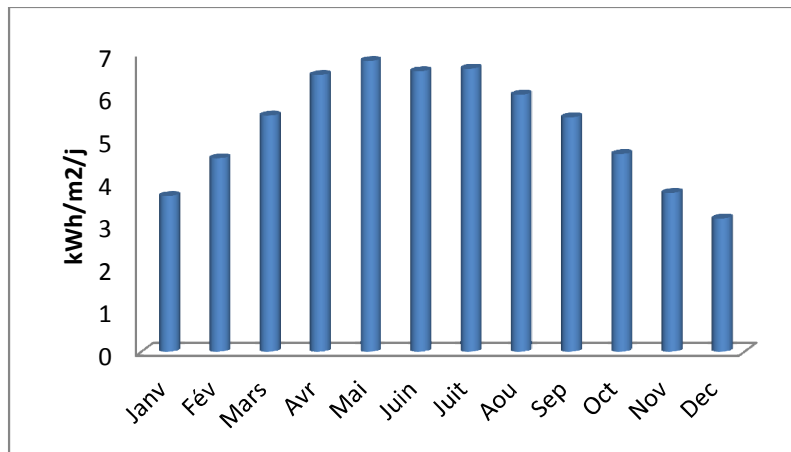


Fig 5 : Irradiation globale moyenne journalière du site en kWh/m²/j

8 POTENTIEL EOLIEN

Dans l'éolien, le Maroc jouit d'un potentiel très important plus particulièrement le long de ses côtes avec des vitesses de vent supérieur à 6.5 m/s et allant jusqu'à 10m/s. Toutefois ce potentiel est limité principalement par la capacité d'intégration au réseau électrique au moins à moyen terme, soit d'ici 2020

Le potentiel théorique illustré dans la figure 6 est très important au Maroc car il compte sur des gisements de vents dans plusieurs régions. [7]

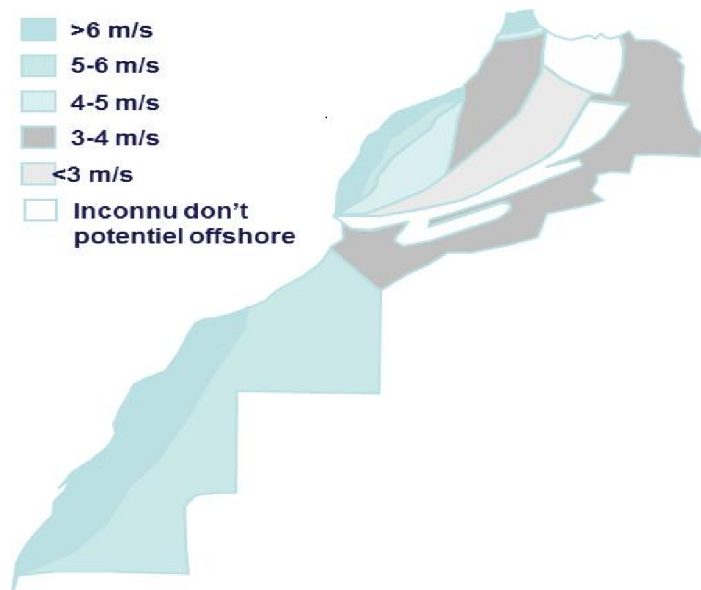


Fig 6 : Potentiel éolien du Maroc

Notre site est caractérisé par une vitesse de vent moyenne estimée par 4 m/s, la figure 7 expose le profil de la vitesse moyenne du vent au cours de l'année selon les données météorologiques de l'ADEREE.

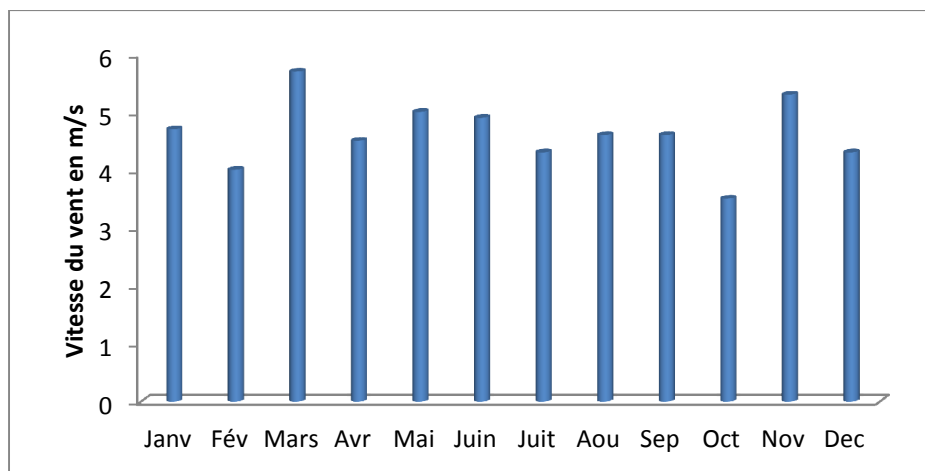


Fig 7 : Profile de vitesse moyenne du vent à 9 mètre au sol en m/s [8]

9 MARCHÉ ENERGÉTIQUE

Le Maroc est un pays importateur d'énergie, tel que le taux de dépendance énergétique qui mesure le degré de la dépendance énergétique du pays par rapport à l'étranger, il est donné par la relation (1) ci après. La figure 8 montre l'évolution de cet indicateur entre 2004 et 2012 au Maroc. [9]

$$IDE=1-\frac{\text{Production totale de l'énergie}}{\text{Consommation intérieur brute}} \quad (1)$$

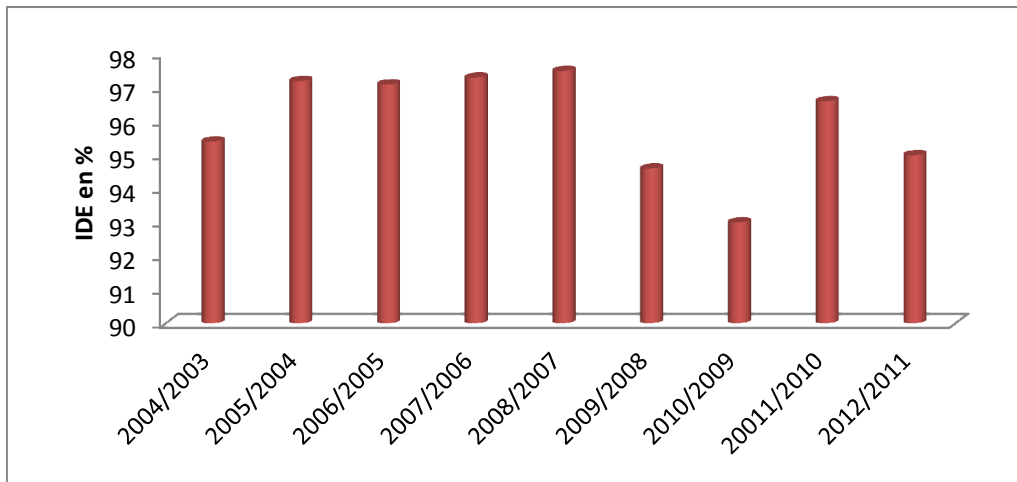


Fig 8 : Evolution d'IDE au Maroc

L'objectif de cette partie, est de montrer la croissance du prix de l'électricité qui vienne du réseau électrique au Maroc, et par conséquent l'augmentation du prix du kWh ce qui conduit vers les énergies renouvelables.

9.1 EVOLUTION DU PRIX KWH DU RÉSEAU ELECTRIQUE

Le coût de l'énergie au Maroc connaît depuis les années quatre-vingt une augmentation, ce qui provoque un système tarifaire. Dans cet article on s'intéresse sur l'évolution du prix du kWh en haute tension. La figure 9 montre la croissance du prix du kilowattheure au Maroc.

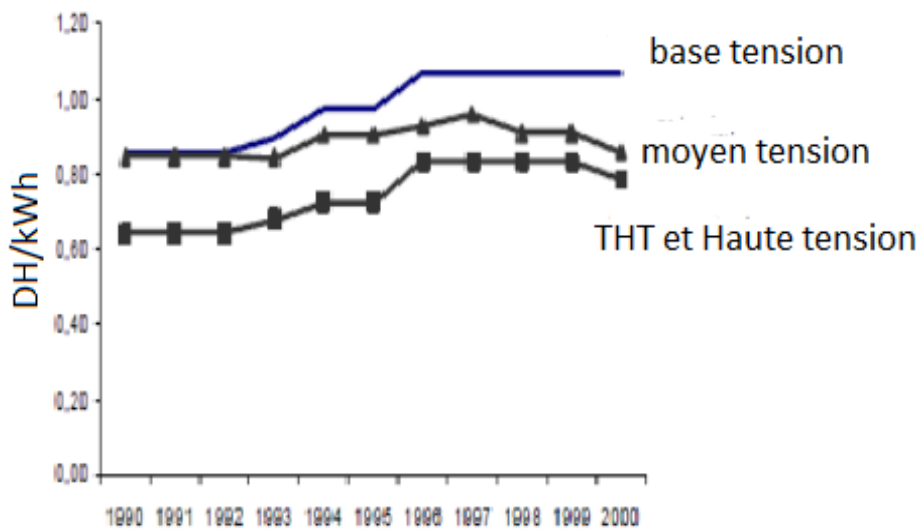


Fig 9 : Evolution des tarifs de l'électricité par niveau de tension entre 1990 et 2000

Les tarifs de l'électricité (haute tension) connaissent une croissance de 2% chaque année [10], la figure 10 montre l'évolution présente et future du prix du kilowattheure.

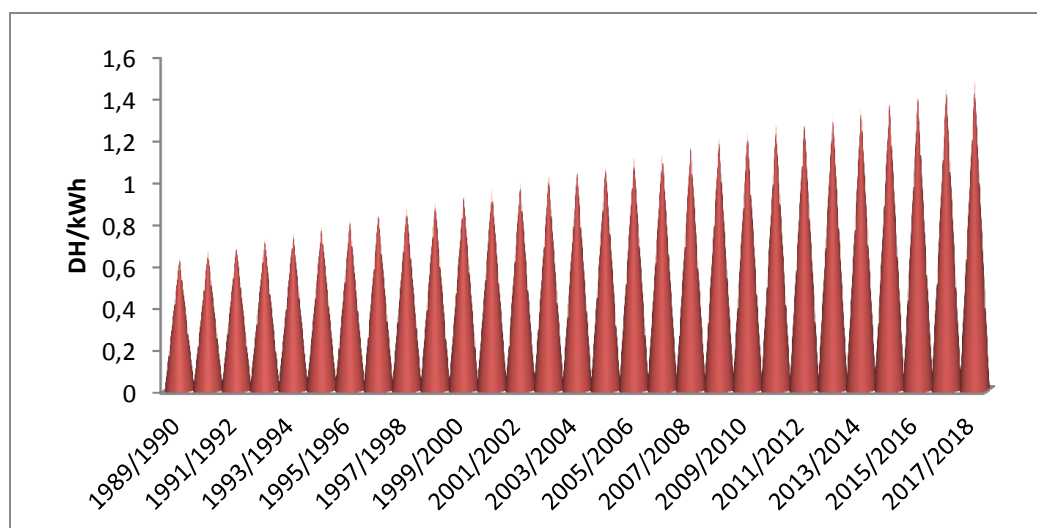


Fig 10 : Evolution du prix du kWh HT en DH/kWh

9.2 EVOLUTION DU PRIX DU KWH PHOTOVOLTAÏQUE

Généralement, le cout du kWh vient de l'énergie photovoltaïque dépend de plusieurs paramètres, tel que le rayonnement solaire du site et d'autres comme il est indique dans le tableau 3.

Tableau 3 : Détermination du rendement moyen de la PV pour la région du Souss-Massa

Zone	Production PV en [kWh/kWc]
Agadir-Inzggane	1849
Massa(Chtoukat)	1821
Tiznit	1726

Le prix par Wc d'un système photovoltaïque est actuellement en Europe d'environ 2,5-3 €/Wc. Au Maroc, selon un expert de Temasol, le prix est similaire. Le calcule dans cet article se base sur un prix de 3 €/Wc pour l'année 2010. Pour une projection des prix des systèmes, on se base sur une baisse annuelle moyenne de 7,5% pour la période jusqu'à 2020, et de 4% jusqu'en 2030. [11]

En effet, le calcule du prix du kWh photovoltaïque dépend de plusieurs paramètres, comme il est indiqué sur la figure ci après. [12]

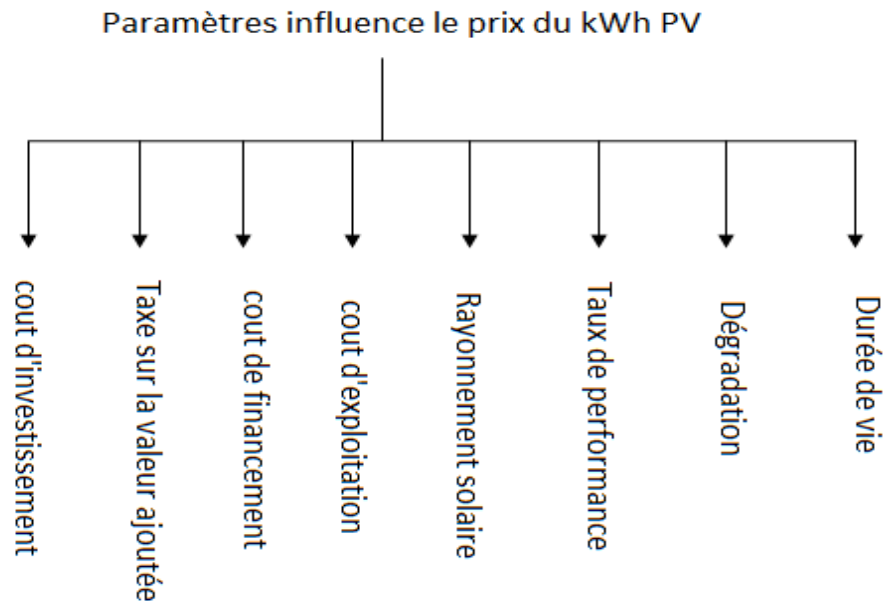


Fig 11 : Paramètres influence le prix du kWh photovoltaïque

Les coûts de production de l'électricité varient légèrement en fonction des différences régionales de rayonnement solaire.

9.3 ENERGIE EOLIENNE

Energie éolienne pourrait cependant offrir une solution durable à la croissance des besoins énergétiques du pays, les ressources éoliennes sont moyennes au niveau de la zone d'action.

On se base dans cette partie sur les tarifs de l'ONEE pour ses clients qui sont alimentés par les parcs éoliens. Il existe deux tarifs, l'un concernant l'abonnement normal qui a un tarif de 0,465 DH/kWh et l'abonnement super pointe, le tarif est 0,311 DH/kWh. [13]

En fait, ces prix incluent quelques paramètres tels que :

- Remise client
- Timbre de transport
- Pertes

10 RÉSULTATS ET DISCUSSION

D'un côté, les résultats montrent que la situation du périmètre privé et public du Massa a un déficit hydraulique enregistré de 11 Mm³ en 2012 (tableau 3) et qui est puisé en grande partie dans les réserves non renouvelables des nappes (Tableau 1). En effet, le déficit calculé à un volume équivalent de 30 Mm³ (périmètre privé), et environ de 40 Mm³ au périmètre public (la baisse des volumes régularisés du barrage YOUSSEF BENTACHFINE), à l'horizon de 2030 selon PDAIRE, alors le volume global nécessaire est 70Mm³/an en terme de mobilisation des eaux de mer dessalées.

D'autre côté, l'indépendance énergétique au Maroc est 97%, ce qui explique l'augmentation du prix du kilowattheure d'origine fossile qui connaît une croissance annuelle de 2% à 3% (figure 9), par contre le kilowattheure d'origine renouvelable qui est environ 0,88 DH/kWh et baisse jusqu'à 0,4 DH/kWh pour le photovoltaïque (figure 12) et 0,63 DH/kWh pour l'éolien, est devenu plus prometteuse pour les grandes installations, c'est-à-dire les hautes tensions, au contraire le prix du kilowattheure d'origine fossile (réseau électrique national HT) qui est autour de 1 DH/kWh et quelques. (Figure 10). [10][11]

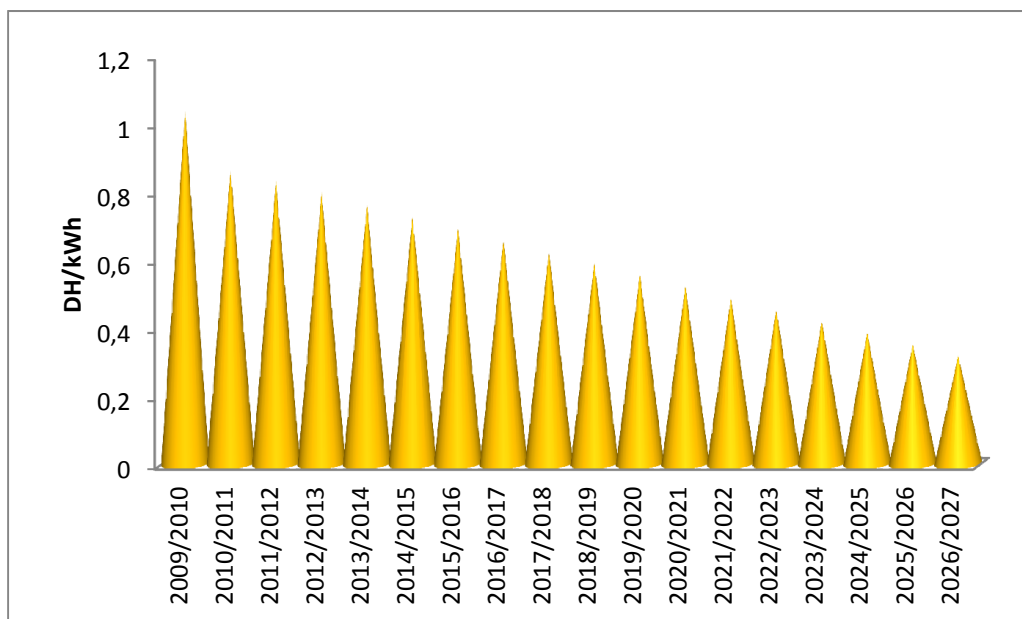


Fig 12 : Evolution future du prix du kWh photovoltaïque au cite d'action

Les comparaisons qu'on fait ici, a pour objectif de montrer que le secteur des énergies renouvelables est devient très prometteuses pour la future.

11 CONCLUSION

Cette Etude de préféabilité montre que le dessalement couplé aux énergies renouvelables est sans doute un des axes de recherche prometteuse pour cette région de Souss-Massa et au Maroc, non seulement par sa nature multidisciplinaire mais aussi par les nombreuses questions qu'il soulève et qui méritent d'être appréhendées. Aussi le développement législative, institutionnelles, technologique et l'option de l'ouverture de la politique des énergies renouvelables, permettant d'optimiser et de choisir un mixte énergétique qui sont présentés aujourd'hui les grandes lignes dans le plan énergétique de l'état.

NOMENCLATURES

ADEREE	Agence de développement des Energies renouvelables et Efficacité Energétique du Maroc
DH	Dirham marocain
IDE	Indicateur de Dépendance Energétique
KWc	Kilowatt crête
Mm ³	Million mètre cube
ORMVASM	Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Souss-Massa
ONEE	Office National de l'Eau et l'Electricité
PDAIRE	Plans Directeurs D'aménagements et de gestion Intégrée des Ressources en Eau

REFERENCES

- [1] Ecole Hassania des Travaux Publics « Changements climatiques: causes et conséquences sur le climat et les ressources en Eau ; Centre d'Etudes et de Recherches sur les Ressources en Eau (CERHYDREAU) ».Casablanca. Maroc 2005.
- [2] Bougis J. (2001) Etude de faisabilité de dessalement d'eau de mer pour l'alimentation en eau potable du Grand Agadir : prise d'eau et émissaire de rejet, Rapport RET.01.234.01.01 du 15-02-2001.
- [3] ABHSM (2008) Termes de référence ; Agence du Bassin du Souss-Massa-Daraa ; rapport d'ORMVA du Souss-Massa-2007.
- [4] Bougis J. (2009) Etude stratégique sur le dessalement de l'eau de mer au Maroc. Rapport RET.08.478.02.01 du 30-03-2009 « Etude de la stratégie de dessalement de l'eau de mer pour l'irrigation dans le bassin du Souss Massa » ; Agence du bassin hydraulique d'Agadir 2010 ;[Online] Available: <http://www.abhsm.ma/spip.php?rubrique87>
- [5] Judith Jäger, Géo-éologue « "Étude du potentiel de développement de l'énergie photovoltaïque dans les régions de Meknès-Tafilalet, Oriental et Souss-Massa-Drâa" » ; la Coopération maroco-allemande Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) ; p.63, 99, 112.
- [6] Agence de développement des Energies renouvelables et Efficacité Energétique du Maroc ; ressources du vent au Maroc ; atlas Eolien p.66 ;[Online] available : <http://www.aderee.ma>
- [7] Potentiel Maroc 2014.[Online] available: <http://www.siem.ma/index.php/fr/potentiel-maroc>
- [8] Mm. M. ENZILI ; Mm .F. AFFANI ; Mm. A. NAYSSA ; Mmes .A. KABOUS ; Mmes. N. ALHDADCHA ; Mmes .K. QACIR ; Les Ressources Eoliennes Du Maroc « Analyse Des Données Du Vent Relevées Au Niveau Des Appareils De Mesure Installés » ; Juillet 2007.
- [9] Naima Elouali ; Département de l'Economie, des Finances et de la Privatisation « Approche économique du secteur énergétique » ; Février 2009, document de travail N°73.
- [10] Rapport d'activité-ONE 2004 et ONEE-2012 ; [Online] available : <http://www.one.org.ma/>.
- [11] Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, Février 2010, p. 11.
- [12] Rapport d'activité Ministère de l'Economie et des Finances, 2009. Uh, 20.11.2008, p. 4.
- [13] Said GUEMRA ; Énergie éolienne & Initiative Nationale Pour le Développement Humain: INDH ; [Online] available : <http://energiemines.ma/?p=215>