

# Adaptation du système eau-énergie au changement climatique : Etude nationale - Maroc



## Rapport final

Moulay Hassan EL BADRAOUI et Mohamed BERDAI



Rapport réalisé sous la direction d'Henri-Luc Thibault, directeur du Plan Bleu (2006-2011) et coordonné par Mohammed Blinda, Chargé de mission eau du Plan Bleu.

### Auteurs

Les travaux ont été réalisés par Moulay Hassan EL BADRAOUI et Mohamed BERDAI.

### Relecture

Sara Fernandez, El Habib El Andaloussi, Audrey Mouliérac et Mohammed Blinda (Plan Bleu).

### Les experts qui ont contribué ou apporté leurs commentaires

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

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 Etats 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 bénéficié également 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

<b>Principaux messages</b>	<b>5</b>
<b>Résumé</b>	<b>7</b>
<b>I. Introduction</b>	<b>10</b>
<b>II. Demande en eau et besoins d'énergie pour l'eau</b>	<b>11</b>
1. Ressources, demandes en eau et déficit.....	11
1.1. Potentiel en ressources en eau renouvelables et ressources non conventionnelles .....	11
1.2. Utilisation actuelle des ressources en eau .....	13
1.3. Demande en eau future.....	17
1.4. Bilan ressources-demande .....	18
2. Besoins en énergie pour l'eau .....	24
2.1. Besoin actuel .....	25
2.2. Besoins énergétique pour l'horizon 2030 .....	25
<b>III. Demande en énergie et besoins en eau pour la production d'énergie</b>	<b>27</b>
1. Contexte énergétique national .....	27
2. Nouvelle stratégie énergétique.....	29
2.1. L'électricité .....	29
2.2. Les énergies renouvelables .....	42
2.3. L'efficacité énergétique.....	53
3. Besoin en eau pour l'énergie .....	58
3.1. Les réalisations en matière de production énergétique .....	59
3.2. Les perspectives de développement de la production hydro-électrique .....	60
3.3. L'utilisation d'eau pour l'énergie .....	60
<b>IV. Analyse eau - énergie à l'horizon 2030</b>	<b>63</b>
<b>V. Analyse eau - énergie - changement climatique à l'horizon 2050</b>	<b>64</b>
1. Les observations actuelles .....	64
1.1. A l'échelle mondiale .....	64
1.2. Au Maroc .....	64
2. Le climat futur.....	65
2.1. A l'échelle mondiale .....	65
2.2. Au Maroc .....	66
<b>VI. Perspective économique</b>	<b>72</b>
1. Coût des solutions alternatives .....	72
1.1. Ressources en eau .....	73
1.2. Production énergétique.....	74
2. Manque à gagner .....	74
<b>VII. Annexes</b>	<b>75</b>
Annexe 1 Fournitures en eau d'irrigation à partir de l'ensemble des barrages .....	75
Annexe 2 Evolution de la demande en eau potable et industrielle en Mm <sup>3</sup> /an.....	76
Annexe 3 - Evolution de la demande en eau des périmètres de grande hydraulique en fonction de la mise en œuvre du Programme national d'économie d'eau en irrigation .....	77

Annexe 4 - Demande en eau des extensions d'irrigation .....	78
Annexe 5 - Comparaison des apports d'eau .....	79
Annexe 6 : Consommation énergétique du secteur de l'eau.....	80
Estimation des besoins énergétiques d'eau d'irrigation à partir des eaux souterraines .....	80
Estimation en eau des extensions d'irrigation.....	81
Estimation des besoins énergétique pour le transfert d'eau .....	81
Estimation des besoins énergétiques du secteur de l'eau potable .....	82
Annexe 7 : Production de l'énergie hydroélectrique .....	84
Annexe 8 : Relations entre déficit pluviométrique et déficit écoulement .....	85
Annexe 9 : Simulations des performances hydrauliques de quelques barrages .....	86
Annexe 10 : Production hydro-électrique réalisée par rapport à celle escomptée.....	89
<b>Bibliographie</b> .....	<b>90</b>
<b>VIII. Table des illustrations</b> .....	<b>91</b>

## Principaux messages

- Le changement climatique est aujourd'hui une réalité au Maroc et ses conséquences sont déjà visibles sur notre environnement. La diminution significative des précipitations constatée au cours des trente dernières années a diminué de façon significative les apports dans les retenues de barrages, ce qui s'est traduit par de faibles taux de remplissage des retenues. Cette situation se traduit par une faible intensification agricole induisant une faible rentabilisation des capitaux investis dans les infrastructures hydrauliques et par un recours plus important aux eaux souterraines induisant leur surexploitation.
- La production énergétique a subi d'une manière nette l'impact des changements climatiques qui s'est traduit par une baisse des stocks d'eau et de la hauteur de chute au niveau de l'ensemble des barrages. Cette production atteindrait à peine 50% de l'objectif escompté dans les études des plans directeurs d'aménagement intégré des ressources en eau. Avec cette réduction, la consommation énergétique du secteur de l'eau dépasse sa production énergétique.
- Les prévisions ne sont pas optimistes. Les modèles relatifs aux changements climatiques indiquent que les précipitations pourraient diminuer de plus de 20 % d'ici à 2050 tandis que l'évaporation et la variabilité augmenteraient (Wilby 2007) ce qui se traduirait par une aggravation encore plus importante des déficits hydriques au niveau des différents bassins du Maroc.
- Le pays a peu de possibilités de mobiliser des ressources supplémentaires. La quasi-totalité des écoulements dans les rivières du pays est déjà mobilisée, au moyen de 128 grands barrages et de nombreux ouvrages plus petits (Banque mondiale 2007a; Banque mondiale 2007b). La construction de 59 barrages programmés ne pourra fournir que des volumes supplémentaires très faibles.
- La prise en compte de l'impact futur des changements climatiques qui se traduirait par une réduction des apports d'eau de près de 30% (résultat d'une réduction des précipitations de 15%) et une augmentation de l'évaporation risque de réduire davantage l'apport des projets de barrages et de transfert d'eau programmés.
- La poursuite du scénario tendanciel en matière de gestion des ressources en eau, qui consiste à poursuivre la réalisation des ouvrages de mobilisation de l'eau, la surexploitation des nappes souterraines et la réalisation des programmes de protection et de valorisation des ressources en eau (dépollution, économie d'eau, aménagement des bassins versants, etc.) avec la cadence faible observée ces dernières années, se traduirait par un impact négatif sur le développement économique et social et sur l'environnement naturel du Maroc. Le résultat probable de ce scénario reste limité, voire générateur d'une possible réduction de la valeur ajoutée actuelle générée par le secteur de l'eau (une stagnation des superficies agricoles, hormis les superficies dominées par le barrage Al Wahda et Dar Khrofa), d'une faible augmentation de la production d'eau potable et de la production hydroélectrique, d'un manque d'eau souterraine dans certaines régions et d'une dégradation de la qualité des nappes souterraines, d'une détérioration de la qualité des ressources en eau, d'un tarissement des sources et d'une réduction de l'étendue des zones humides.
- Le défi particulier à relever par le Maroc au cours des prochaines décennies sera de s'adapter à une diminution des ressources en eau renouvelables. Le pays devra gérer soigneusement ces ressources, mettre en place un mécanisme efficace et transparent d'affectation des ressources et veiller à ce que les infrastructures de transport de l'eau minimisent les pertes et soient suffisamment souples pour répondre à la demande qui a la plus grande valeur. Il importera d'améliorer la qualité de l'eau superficielle et de protéger l'eau souterraine contre les infiltrations en encourageant l'investissement municipal et industriel d'assainissement ainsi qu'en appliquant la législation sur l'environnement aux entreprises et établissements publics qui déversent des eaux usées. Un ensemble novateur de politiques publiques gagnera à être adopté pour limiter la consommation d'eau.
- La mobilisation des ressources en eau non conventionnelles constituera une composante stratégique de la future politique de l'eau. En effet, le dessalement de l'eau de mer pourrait être une nouvelle source stratégique d'eau dans les zones urbaines situées près du littoral et la réutilisation des eaux usées épurées

pourrait localement accroître le volume d'eau disponible pour l'irrigation dans les centres touristiques et éventuellement dans l'agriculture. Mais ces technologies nouvelles ne suffiront pas à combler l'écart grandissant entre l'offre et la demande, d'où la priorité urgente de gérer la demande. Que ce soit pour l'irrigation ou l'eau potable, les économies d'eau représentent au demeurant la ressource la plus économique.

- Le développement des ressources non conventionnelles et la gestion de la demande en eau augmenteraient davantage la consommation énergétique du secteur de l'eau. Cette consommation attendrait près de 10% de la consommation du pays et doit être intégrée dès à présent dans la demande énergétique du pays.
- Le secteur de l'eau au Maroc n'a accordé jusqu'à présent que peu d'attention à la problématique des changements climatiques et ignore souvent les impacts des changements climatiques sur les futures ressources en eau. Des études sont nécessaires pour appréhender les impacts, le coût des changements climatiques et préparer les solutions d'adaptation.
- La généralisation de systèmes d'irrigation modernes est de nature à accroître sensiblement les besoins en énergie pour le secteur agricole. L'orientation vers des choix technologiques performants aujourd'hui disponibles, telle l'irrigation souterraine par tuyaux poreux, permettra des gains importants tant en eau qu'en énergie, grâce aux rendements plus élevés d'irrigation et au besoin de faibles pressions (0.6 Bar) au lieu de 3 bar pour le goutte à goutte. En outre, la révolution que connaissent les énergies renouvelables (éolien, biomasse, solaire) en termes d'évolution technologique et de coûts, peut faciliter la réduction de la consommation d'énergies fossiles à travers la démultiplication de projets d'énergies renouvelables décentralisés pour l'alimentation des stations de pompage.
- Les projections d'investissement pour la production d'énergies électrique nécessiteront, pour les besoins de refroidissement des centrales thermiques implantées à l'intérieur du pays, l'équivalent de la consommation d'eau d'une population d'environ 3 à 4 millions d'habitants en 2030. Cette eau est restituée à la nature avec une dégradation de sa qualité en raison de son réchauffement. Cela suppose une planification et action plus concertée entre le secteur de l'eau et celui de l'énergie pour éviter toute aggravation du déficit en eau.
- Les besoins en eau pour le secteur des phosphates vont passer de 66 Mm<sup>3</sup>/an actuellement à plus de 158 Mm<sup>3</sup>/an en 2030, la quantité d'eau consommée par tonne de concentré de phosphate produit étant comprise entre 1 et 3 m<sup>3</sup>. Cette demande en eau est prise en compte dans la stratégie de développement du Groupe OCP. Pour la sauvegarde des ressources souterraines stratégiques, la croissance de l'industrie du phosphate se fera à prélèvement constant en eaux douces, en menant les actions suivantes : i) la réallocation géographique des prélèvements vers l'amont du bassin Oum Rbia, ii) le dessalement de l'eau de mer et le traitement des eaux usées pour combler les nouveaux besoins.
- Pour maîtriser au mieux l'avenir énergétique au Maroc, une nouvelle stratégie énergétique a été élaborée sur la base d'options technologiques et économiques réalistes. Les objectifs stratégiques fixés visent à assurer la sécurité d'approvisionnement énergétique, à garantir la disponibilité et l'accessibilité de l'énergie au meilleur coût ainsi qu'à réduire la dépendance énergétique en diversifiant les sources, en développant les potentialités énergétiques nationales, en promouvant l'efficacité énergétique dans l'ensemble des secteurs d'activité. Le Maroc s'est ainsi fixé un potentiel d'efficacité énergétique réalisable de 12%, à atteindre en 2020, et une contribution des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national entre 15% et 20%. A cette échéance, la part du solaire, de l'éolien et de l'hydraulique va représenter environ 42% de la puissance installée (14 580 MW) contre 26% en 2008 (5 292 MW).

## Résumé

Le Maroc dispose, selon le niveau de connaissance actuel, d'un potentiel en ressources en eau naturelles, estimé en année moyenne à près de 22 milliards de m<sup>3</sup>, dont près de 18 milliards de m<sup>3</sup> pour les eaux de surface et 4 milliards de m<sup>3</sup> pour les eaux souterraines. Les ressources naturelles par habitant sont proches du seuil de 500 m<sup>3</sup>/hab./an, valeur communément admise comme seuil de pénurie absolue, ce qui signifie que le pays devrait faire face à une situation permanente de manque d'eau.

Le développement de ce potentiel a toujours été au centre des préoccupations des politiques économiques du pays, du fait notamment de leur rôle stratégique dans le développement de l'agriculture irriguée et de la sécurité hydrique et alimentaire du pays. Une infrastructure hydraulique considérable a été mise en place, ce qui a permis la mobilisation de la quasi-totalité des ressources en eau naturelles économiquement exploitables. Cet effort de mobilisation entrepris au cours des quatre dernières décennies a permis :

- La satisfaction et la sécurisation de l'alimentation en eau potable de la plupart des villes du Royaume, même en période de sécheresse ;
- Le développement de l'irrigation à grande échelle sur près de 1,6 millions d'hectares. Ce développement de l'irrigation contribue à près de 45 à 75% de la production agricole du pays selon l'hydraulicité de l'année et intervient pour 75% des exportations agricoles. Elle procure également près de 120 millions de journées de travail et favorise le développement régional et local du pays ;
- Le développement de l'industrie agro-alimentaire (13 sucreries, 13 laiteries, des centaines de stations de conditionnement et de transformation agro-alimentaire) ;
- La production hydroélectrique au niveau des usines associées aux barrages. Cette production est estimée par les études des plans directeurs d'aménagement des ressources en eau à près de 3 500 GWh/an.

Ce développement est aujourd'hui confronté à de nouveaux défis, notamment :

- La surexploitation des eaux souterraines et la rupture de l'équilibre qui prévalait entre les prélèvements traditionnels et les possibilités de recharge naturelle. Ceci a eu pour conséquence la baisse des niveaux piézométriques, la diminution des débits voire le tarissement des sources, la perturbation de l'approvisionnement en eau des secteurs d'irrigation traditionnelle, la détérioration et la régression de l'irrigation traditionnelle et des oasis. Cette raréfaction risque d'être aggravée à l'avenir par la diminution attendue des ressources en eau sous l'effet des changements climatiques ;
- La faible efficacité de l'utilisation de l'eau : les systèmes d'irrigation et les réseaux de distribution d'eau potable sont loin d'être performants et sont à l'origine de la perte de volumes d'eau importants ;
- La détérioration alarmante de la qualité des ressources en eau sous l'effet du retard accumulé en matière d'assainissement et d'épuration des eaux usées ;
- Le rythme de perte de capacité des retenues de barrages par envasement ;
- La diminution significative des précipitations due à l'impact des changements climatiques. Cette diminution a eu un impact important sur le remplissage des retenues de barrages. En effet, les sécheresses successives au cours des 30 dernières années ont diminué de façon significative les apports dans les retenues de barrages (moyenne 1970-2000 inférieure de 20 à 50% par rapport à 1945-70), ce qui s'est traduit par de faibles taux de remplissage des retenues (moyenne de 50% sur 10 ans) et d'importants déficits de fourniture d'eau d'irrigation (moyenne de 52% sur 10 ans). En fin de compte, cette situation se traduit par un manque à gagner au niveau de la production énergétique de près de 1 200 KWh (50% de l'objectif visé dans les études de perfectibilité) et par une faible intensification agricole induisant une faible rentabilisation des capitaux investis dans les infrastructures hydrauliques.

Les investigations scientifiques réalisées au Maroc en matière de projections climatiques (Wilby 2007) ont montré que le changement climatique se traduirait par :

- Une augmentation des températures d'été jusqu'à 1,8 °c à l'horizon 2020, 3,7°c à l'horizon 2030 et 6,2 °c à l'horizon 2080 ;
- Une réduction des précipitations de l'ordre de 5 à 15% à l'horizon 2030 et de 10 à 25% à l'horizon 2050.

L'augmentation de la température de 3°C et la réduction des précipitations de 15% en 2030 réduiraient d'une manière substantielle le ruissellement annuel et par conséquent le volume d'eau mobilisé par les barrages existants et programmés. L'analyse des sécheresses observées au cours des trente dernières années montre que le déficit enregistré au niveau des ruissellements est équivalent à près du double de celui enregistré au niveau des précipitations.

En terme de perspective, les bilans d'eau par bassin, qui consistent à comparer la ressource et la demande en eau pour obtenir une image représentative de la situation hydrologique, montrent que la plupart des bassins seront déficitaires à terme, à l'horizon 2030. Le Tableau 1 ci-après synthétise les résultats concernant les bilans hydrauliques pour les scénarios sans et avec impacts des changements climatiques, objets des tableaux 18 et 45.

**Tableau 1 - Synthèse des bilans hydrauliques sans et avec changements climatiques**

	Sans prise en compte des changements climatiques		Avec prise en compte des changements climatiques	
	2030	2050	2030	2050
Demande en eau (Mm³/an)	13 044	13 269	13 608	14 397
Ressource en eau (Mm³/an)	12 212	12 694	9 820	9 005
Déficit global (Mm³/an)	-832	-575	-3 788	-5 392
Nombre de bassins déficitaires avec ressources non conventionnelles (Sur 9)	6	4	7	7
Nombre de bassins déficitaires sans ressources non conventionnelles (Sur 9)	7	8	9	9

Les solutions se caractérisent par une consommation d'énergie élevée. C'est le cas par exemple du dessalement de l'eau de mer et du projet de transfert d'eau. Cette consommation du secteur de l'eau passerait de près de 1 450 GWh en 2010 à près de 6 145 GWh en 2030 (0,7 à 0,8 kWh/m³), soit plus que quatre fois la consommation actuelle. Le Tableau 2 donne le volume pompé ainsi que la consommation énergétique.

**Tableau 2 - Consommations énergétiques en GWh**

Secteur	2010		2030	
	Eau (Mm³)	Energie (GWh)	Eau(Mm³)	Energie (GWh)
Eau potable et industrielle	850	550	1 550	2 350
Irrigation	4 400	900	6 500	3 880
Assainissement	-	-	650	215
Réutilisation des eaux usées	-	-	300	200
Total	5 250	1 450	9 000	6 145

Les principaux impacts des changements climatiques sur le secteur de l'eau identifiés dans le cadre de cette étude peuvent être résumés de la manière suivante :

- Une augmentation de la demande en eau du fait de la hausse des températures ;
- Une diminution des précipitations sur pratiquement l'ensemble du Royaume ;
- Une réduction du potentiel en eau mobilisable de près de 10 milliards de m³ par an ;
- Une diminution du potentiel en production hydroélectrique au niveau des barrages réalisés et programmés. Elle est estimée à près de 1 500 GWh par an ;

- Une modification de la ressource disponible : modification du débit des cours d'eau et de la recharge des aquifères, dégradation de la qualité des eaux ;
- Une augmentation de la vulnérabilité de certains écosystèmes du fait de l'augmentation des températures et des modifications de répartition spatiotemporelle des pluies ;
- Une augmentation du coût d'accès à l'eau ;
- Des conflits d'usage, etc.

Le coût de ces impacts, estimé sur la base du coût des solutions alternatives et du manque à gagner dans les périmètres agricoles équipés, atteindrait plus de 70 milliards de dirhams.

## I. Introduction

Au Maroc, l'eau est plutôt rare. Les ressources en eau naturelles renouvelables sont estimées, selon les dernières évaluations, à près de 22 milliards de m<sup>3</sup> par an, soit l'équivalent de près de 700 m<sup>3</sup>/hab./an, proche du seuil de 500 m<sup>3</sup>/hab./an, communément admis comme seuil pénurie indiquant l'apparition de pénuries et de crises latentes.

Pour accompagner le développement du pays et satisfaire les besoins exprimés par les usagers, le Maroc s'est engagé depuis longtemps sur la voie de la maîtrise de la mobilisation de ses ressources en eau. Depuis son indépendance, il a eu pour politique, face à des ressources en eau rares et inégalement réparties, de s'assurer que les fournitures d'eau correspondent aux besoins des villes et de l'agriculture, par la construction des barrages, le développement des grands périmètres d'irrigation et la mise en place de systèmes d'adduction en eau potable des populations. Il a ainsi créé une infrastructure solide et des institutions adéquates.

Néanmoins, le secteur de l'eau au Maroc se heurte à plusieurs contraintes et problèmes qui, s'ils ne sont pas correctement gérés, risquent de limiter l'élan de la croissance économique que le Maroc est en train d'opérer à travers le lancement d'un vaste chantier de projets d'envergure.

Ces contraintes et problèmes concernent essentiellement la limitation des ressources en eau en raison de l'impact des changements climatiques qui constitue aujourd'hui une réalité au Maroc et dont les conséquences sont déjà visibles sur son environnement.

Le développement futur des ressources en eau repose sur des solutions qui se caractérisent par une forte consommation énergétique. C'est le cas du dessalement de l'eau de mer, de la réutilisation des eaux usées et de la reconversion à l'irrigation localisée. Le développement du secteur de l'eau sera donc fortement lié au développement du secteur de l'énergie.

Ce secteur doit conduire un important programme d'études pour apprécier les impacts actuels et futurs des changements climatiques, identifier et quantifier les coûts des changements climatiques et les interactions entre l'eau et l'énergie et les changements climatiques, et identifier les solutions adéquates pour une adaptation aux changements climatiques.

Le programme de travail sur eau, énergie et changement climatique en Méditerranée, initié par le Plan Bleu, est une contribution appréciable de ce programme d'études.

Le présent rapport présente les résultats de l'étude de cas sur eau, énergie et changement climatique au Maroc. Il dresse l'état des lieux en matière de ressources en eau, de demandes d'eau et d'énergie ainsi que le bilan des réalisations et présente les axes stratégiques de développement des secteurs de l'eau et d'énergie, analyse les interactions entre l'eau et l'énergie, et présente les principaux impacts sur les changements climatiques.

## II. Demande en eau et besoins d'énergie pour l'eau

### 1. Ressources, demandes en eau et déficit

#### 1.1. Potentiel en ressources en eau renouvelables et ressources non conventionnelles

##### 1.1.1. Ressources en eau renouvelables

Les ressources en eau renouvelables (eau superficielle et souterraine) étaient estimées en année moyenne à près de 29 milliards de m<sup>3</sup> sur la base des séries climatiques antérieures aux années 80. Ce potentiel a été ré-estimé à près de 22 milliards de m<sup>3</sup> en intégrant les sécheresses qu'a connu le royaume depuis les années 80, avec une baisse de l'ordre de 25 % des ressources.

La disponibilité moyenne par habitant est tombée à moins de 600 m<sup>3</sup>/hab./an, ce qui est largement inférieur au « seuil de pénurie » fixé par le PNUD à 1 000 m<sup>3</sup> par an. Cette disponibilité passerait en dessous de 500 m<sup>3</sup>/hab./an dès 2025 : il s'agit du seuil dit de « pénurie absolue ».

##### Ressources en eau de surface

Les apports en eau de surface se chiffrent en année moyenne en quelques millions de m<sup>3</sup> pour les bassins les plus démunis : Bassins Sahariens (25 Mm<sup>3</sup>), Souss Massa (625 Mm<sup>3</sup>), Ziz, Guir, Rhéris et Maïder (625 Mm<sup>3</sup>), et en milliards de m<sup>3</sup> pour les bassins les plus favorisés : Loukkos, Tangérois, Côtiers Méditerranéens (3 600 Mm<sup>3</sup>) et Sebou (5 600 Mm<sup>3</sup>).

Ces écoulements sont généralement dus à des crues violentes et rapides. Ainsi, ils sont enregistrés généralement au cours d'une période estimée en moyenne de 20 à 30 jours pour les bassins du Sud et de deux mois à trois mois pour les bassins du Nord et de la Moulouya.

Les ressources en eau superficielles sont évaluées en année moyenne à près de 18 milliards de m<sup>3</sup> (Tableau 3 ci-après). Ces ressources en eau sont caractérisées par une forte variabilité ; les ressources assurées neuf années sur dix ou quatre années sur cinq sont largement inférieures à cette moyenne. En année sèche, les apports d'eau peuvent diminuer à moins de 30 % de la moyenne.

La gestion de la répartition inégale des ressources en eau, dans le temps et dans l'espace, s'est traduite par la construction de grands barrages réservoirs pour stocker les apports des années humides au profit de leur utilisation en années sèches et par la réalisation de transferts d'eau des régions excédentaires vers les régions déficitaires en eau dans le but de favoriser un développement économique et social équilibré sur l'ensemble du territoire du pays.

Tableau 3 - Ecoulement moyen d'eau de surface par bassin hydraulique

Bassins hydrauliques	Superficie (Km <sup>2</sup> )	Ecoulement moyen d'eau de surface (Mm <sup>3</sup> /an)
Loukkos, Tangérois et Côtiers Méditerranéens	12 800	3 600
Loukkos, Tangérois et Côtiers Méditerranéens ouest		
Nekkor		
Sebou	40 000	5 600
Moulouya, Figuig, Kert, Isly et Kiss	76 664	1 610
Bou Regreg et Chaouïa	20 470	847
Oum Er Rbia et El Jadida-Safi	48 070	3 447
Tensift et Ksob-Igouzoulen	24 800	872
Souss-Massa-Draa	126 480	1 398
Souss-Massa	27 880	626
Drâa	98 600	772
Ziz, Rhéris, Guir, Bouâanane et Maïder	58 841	626
Sahara	302 725	25
Total	710 850	18 025

## Les ressources souterraines

Les ressources en eau souterraines potentielles sont estimées à près de 4 105 Mm<sup>3</sup>/an (Rapport du débat national sur l'eau, novembre 2006) dont 1 017 Mm<sup>3</sup>/an proviennent des retours d'eau d'irrigation par les eaux de surface notamment.

Tableau 4 - Potentiel en ressources en eau souterraine par bassin en Mm<sup>3</sup>

Bassin	Ressources renouvelables totales	Ressources renouvelables naturelles
Loukkos	441.6	406.3
Sebou	423.4	267.5
Moulouya	1 663.8	1 561.8
Bou Regreg	74.1	74.1
Oum Erbia	1 012.6	619.3
Tensift	418.2	167.5
Souss-Massa	244.0	212.8
Guir-Ziz-Ghériss	336.3	287.7
Draa	312.6	312.6
Saquiât El Hamra et Oued Eddahab	2.5	2.5
Total	4 929.1	3 912.1

### 1.1.2. Les ressources en eau non conventionnelles

Les ressources en eau non conventionnelles constituent au Maroc un potentiel en eau non négligeable. Il s'agit de la réutilisation des eaux usées, de la recharge artificielle des nappes souterraines et de la production d'eau douce par dessalement d'eau de mer ou déminéralisation d'eau saumâtre. La stratégie nationale des ressources en eau estime le volume d'eau mobilisable en 2030 à partir des ressources en eau non conventionnelles à plus d'un milliard de m<sup>3</sup>.

## Potentiel en eaux usées

Globalement, le potentiel d'eau usée est évalué en 2010 à près de 485 Mm<sup>3</sup> et en 2030 à 700 Mm<sup>3</sup> dont près de 60 % sont directement rejetés en mer. Le Tableau 5 ci-après synthétise ce potentiel en eau par bassin aux horizons 2010, 2030 et 2050.

Tableau 5 - Potentiel en eaux usées par bassin

Bassin	2010	2030	2050
LTCM	60	90	90
Moulouya	30	45	50
Sebou	90	120	130
Bouregreg chaouia	150	230	250
Oum Er Bia	45	55	75
Tensift	55	50	60
Souss Massa – Draa	35	75	75
Ziz-Guir-Rhéis	10	20	20
Sahara	10	15	15
Total	485	700	765

## Le dessalement de l'eau de mer

Qu'il soit pour l'eau potable ou pour l'agriculture, pour certaines cultures rentables, le dessalement a franchi le cap technologique qui le transforme en alternative viable, économiquement compétitive et technologiquement à la portée. La technique de l'osmose inverse actuellement adoptée consiste à faire passer de l'eau salée à une pression de 70 bars au travers d'une membrane spécialisée pour produire une eau douce. Cette technique a sérieusement contribué à la réduction des coûts opérationnels si bien qu'elle a été adoptée par un grand nombre de pays comme technique de pointe.

- Le dessalement est techniquement maîtrisé. Il constitue une ressource sûre préalablement connue et permet par conséquent une meilleure planification des investissements et projection des réalisations ;
- La réalisation des projets de dessalement peut se faire en système de BOOT (*Build, Own Operate and Transfer*) ;
- La réalisation d'un projet de dessalement peut être effectuée en peu de temps (de 12 à 24 mois études comprises).

L'Espagne, par exemple, a déjà atteint le cap de 1,5 Millions de m<sup>3</sup> par jour et ses programmes sont en pleine expansion à titre privé ou public, ou en partenariat public-privé.

L'expérience marocaine en production d'eau douce par dessalement ou déminéralisation est récente. Cette production reste pour l'instant limitée à l'alimentation en eau des agglomérations urbaines des provinces sahariennes : Laâyoune, Tarfaya, Smara et Boujdour. La capacité globale de production se situe déjà à près de 16 500 m<sup>3</sup>/j.

Le dessalement de l'eau de mer peut constituer la solution la plus appropriée à la situation de beaucoup de régions du Maroc pour combler l'écart entre l'offre et la demande en eau.

La stratégie nationale estime la contribution du dessalement de mer en 2030 à près de 400 Mm<sup>3</sup>.

### **Les eaux saumâtres**

Au Maroc, près du quart des nappes d'eau souterraines renferment, totalement ou partiellement, des eaux saumâtres. Ces nappes sont situées pour la plupart dans les régions arides et semi-arides du pays.

La mise en valeur des ressources en eau saumâtre a commencé depuis les années 1970. Une dizaine de petites stations de déminéralisation de l'eau saumâtre, totalisant une capacité de production de plus de 480 m<sup>3</sup>/j, ont été ainsi installées dans le but de produire de l'eau potable. Cette capacité de production d'eau déminéralisée est portée actuellement à 4 360 m<sup>3</sup>/j avec la réalisation de stations dans les villes de Tarfaya, Smara et Tantan.

## **1.2. Utilisation actuelle des ressources en eau**

Depuis les années 60, le Maroc a adopté une politique pertinente de développement des ressources en eau, axée sur la construction des barrages qui a permis de sécuriser l'alimentation en eau potable de toutes les villes du Royaume et de développer près de 1 500 000 ha irrigués dont près de 700 000 ha intégrés dans des grands périmètres irrigués.

Cette politique de l'offre permet de disposer actuellement d'un patrimoine d'infrastructures hydrauliques constitué de 145 grands barrages (17 en cours de construction), d'une capacité de stockage de 17.5 milliards de m<sup>3</sup>, de 13 ouvrages de transfert d'eau et d'importants ouvrages d'exploitation des eaux souterraines.

Cette infrastructure hydraulique a été conçue et réalisée en vue de disposer, en année d'hydraulicité moyenne, d'un volume global de l'ordre de 13 Milliards de m<sup>3</sup>.

Les bienfaits apportés par cette infrastructure à l'économie nationale sont appréciables. Ils peuvent être appréciés à travers le rôle stratégique de la contribution des secteurs associés aux barrages à la sécurité hydrique et alimentaire du pays, à l'évolution des revenus des agriculteurs, à l'emploi, au désenclavement et à l'accès aux services publics divers (eau potable, électricité, etc.).

**Tableau 6 - Retombées économiques de la gestion des ressources en eau (Année 2008)**

Energie hydroélectrique	Puissance installée (MW)		1 729
	Production hydroélectrique moyenne (GWH/an)		1 200
Accès à l'eau potable	Milieu urbain		100
	Milieu rural		90
	Contribution des barrages à l'AEP	Part de la population totale (%)	33
		Part de la population urbaine (%)	65
Développement agricole	Superficie équipée (ha)		1 500 000
	Développement de l'agro-industrie	Capacité des sucreries (Tonnes)	600 000
		Capacités laitières (Millions de litres)	500
		Capacités de conserveries (Tonnes)	260 000
PIB Agriculture (Milliards de Dh courant)			56.7
PIB (Milliards de Dh courant)			342

Source : Documents ONEP, ONE et Ministère de l'Agriculture

### 1.2.1. Eau potable

Durant les trois dernières décennies, le gouvernement marocain a mené une politique volontariste de généralisation et de sécurisation de l'accès à l'eau potable en milieu urbain et d'atteinte d'un taux de couverture de 95% dans le milieu rural.

La capacité de production d'eau potable pour les agglomérations urbaines a été multipliée par 5 entre 1972 et 2006, atteignant 54.6 m<sup>3</sup>/s. La production totale d'eau potable produite dépasse en 2006 les 800 Mm<sup>3</sup>/an, soit près de 50 % du volume d'eau réservé au secteur d'eau potable.

L'accès à l'eau potable est totalement généralisé en milieu urbain. La population urbaine desservie dépasse 17 millions d'habitants actuellement, dont près de 92% est alimentée par des branchements individuels. Les quartiers périphériques en zone semi-urbaine sont alimentés par des bornes fontaines.

Les réalisations du programme d'alimentation groupé d'eau potable en milieu rural, lancé en 1995, ont permis d'augmenter le taux d'accès à l'eau potable, qui n'excédait pas les 14% en 1994, à 40% en 2000, 61% en 2004, 77% en 2006 et 85% à fin 2008. Le Tableau 7 ci-après récapitule les avancées accomplies dans le secteur de l'eau potable en milieu urbain.

**Tableau 7 - Indicateurs du secteur de l'eau potable en milieu urbain**

Désignation	1975	1985	1995	2000	2006
Capacité de production (m <sup>3</sup> /s)	11	35	45	50	54.6
Population desservie (Millions d'habitants)	5.3	9.4	13.7	15.1	17.5
Population desservie par branchement individuel (%)	57	69	81	86	92
Population raccordée par bornes fontaines (%)	26	28	19	14	8

Source : Note ONEP, février 2007

### 1.2.2. Assainissement et épuration des eaux usées

Le secteur de l'assainissement au Maroc a accusé jusqu'à 2005 un retard considérable qui découle d'une faible priorité accordée aux enjeux de la gestion des eaux usées et aux contraintes de ses opérateurs. Plus de 50 % de la population n'est pas raccordée à un système d'assainissement amélioré dont près de 4 millions en milieu urbain.

Dans le cadre de la réalisation de l'Objectif du Millénaire pour le Développement (OMD) relatif à l'assainissement, le Maroc a élaboré en 2005 un Programme National d'assainissement liquide et de Traitement des Eaux Usées (PNA). Ce programme a pour objet la mise à niveau du secteur de l'assainissement à l'horizon 2015, pour atteindre un taux de raccordement de 80% à l'assainissement collectif urbain et diminuer d'au moins 60% les charges polluantes urbaines rejetées dans le milieu naturel.

D'un coût global de l'ordre de 43 milliards de dirhams, ce programme concerne près de 260 villes et centres urbains abritant une population de près de 10 millions d'habitants.

Depuis son lancement, un saut quantitatif important a été réalisé en termes de nombre de projets d'assainissement – épuration des eaux usées lancés et de volume des investissements consacrés au secteur. Ainsi la volonté politique de l'Etat s'est concrétisée avec un accroissement des ressources financières allouées au PNA dans le cadre des lois de Finances, et des partenaires donateurs ont montré leur grand intérêt pour le programme et consenti des financements et des aides substantiels pour son lancement.

Les impacts de la réalisation de ce programme peuvent être résumés de la manière suivante :

- Une dépollution du littoral méditerranéen et atlantique puisque la quasi-totalité des rejets des centres et villes urbains déversés dans la mer méditerranée et atlantique seront traités ;
- La quasi-totalité des rejets des villes et centres urbains déversés dans les cours d'eau sera traitée. Le traitement de ces rejets et la prise de la dimension environnementale dans la gestion des ressources en eau permettront d'améliorer la qualité des eaux de surface ;
- Le dégagement d'un potentiel en eau qui peut être utilisé dans le développement de l'irrigation. La stratégie nationale des ressources en eau, définie en 2009, a estimé ce potentiel à près de 300 Mm<sup>3</sup>/an à réutiliser dans l'arrosage des golfs et des espaces verts ainsi que dans l'irrigation des cultures qui s'y prêtent.

### 1.2.3. Irrigation

Le potentiel des terres irrigables de façon pérenne, identifié durant les années 1960, eu égard au potentiel en eau mobilisable, est estimé à 1,26 millions d'hectares représentant près de 14% de la superficie agricole utile globale du pays, évaluée à 8,7 millions d'hectares. A cela s'ajoutent environ 300 000 ha de terres irrigables de façon saisonnière et par épandage des eaux de crues.

Actuellement, la superficie équipée par les pouvoirs publics dépasse 1 million d'hectares et se répartit de la manière suivante :

**Tableau 8 - Superficies aménagées par les pouvoirs publics en ha**

Périmètres	Potentiel irrigable	Superficie aménagée à fin 2007
Grande Hydraulique	880 010	682 600
Moulouya	77 280	77 280
Gharb	199 120	113 350
Doukkala	104 600	104 600
Haouz	159 560	142 620
Tadla	109 000	109 000
Tafilalet	27 900	27 900
Ouarzazate	37 650	37 650
Souss-Massa	39 900	39 900
Loukkos	63 000	30 300
Petite et moyenne hydraulique	478 090	334 100
Total	1 296 100	1 016 700

A ces réalisations s'ajoutent les périmètres aménagés par les promoteurs privés et dont la superficie globale aménagée est estimée par les études les plus récentes à plus de 441 450 ha.

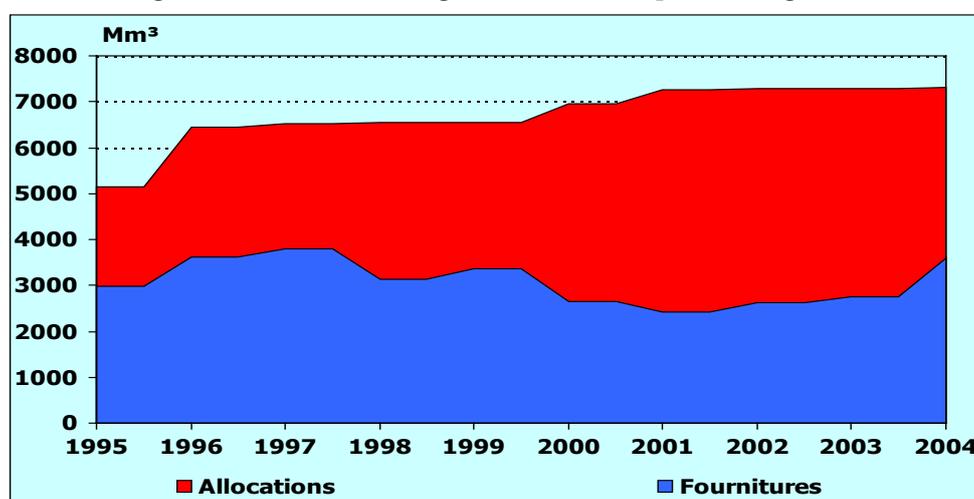
Ainsi, la superficie actuellement irriguée est évaluée à plus de 1 450 000 ha dont 81% par le gravitaire, 9% par l'aspersion et 10% en mode d'irrigation localisée.

Tableau 9 - Répartition des superficies irriguées selon le mode d'irrigation en ha

Type d'irrigation	Gravitaire	Aspersion	Localisée	Total	Pourcentage
Grande Hydraulique	533 900	113 800	34 900	682 600	47%
Petite et Moyenne Hydraulique	327 200	6 900	-	334 100	23%
Irrigation Privée	317 600	16 950	106 900	441 450	30%
Total	1 178 700	137 650	141 800	1 458 150	100%

Ces périmètres enregistrent un déficit en eau évalué en moyenne à près de 4 milliards de m<sup>3</sup> par an. En effet, les fournitures d'eau réalisées à partir de l'ensemble des barrages durant la période allant de 1980 à 2005/2006 pour l'irrigation de ces périmètres sont évaluées en moyenne à près de 2,8 milliards de m<sup>3</sup> par an. Ces fournitures ont été inférieures de plus de 50% à celles prévues par les plans de développement des ressources en eau. L'annexe 1 et la Figure 1 ci-après illustrent l'importance des déficits en eau d'irrigation observés au niveau de l'ensemble des périmètres agricoles.

Figure 1 - Déficit en eau enregistrés au niveau des périmètres agricoles



Cette baisse a été compensée par une surexploitation des nappes d'eau souterraines. La grande majorité des nappes aquifères du pays (Souss, côte atlantique, Bahira, Saïss, Haouz, oasis du sud) sont surexploitées et leurs niveaux connaissent des baisses de plusieurs mètres par an, forçant souvent les agriculteurs à abandonner leurs terres. Le volume surexploité est évalué à près de 1 092 Mm<sup>3</sup>/an.

Ce déficit alarmant, de près de 4 milliard de m<sup>3</sup> par an, dont près d'un milliard de m<sup>3</sup> provient de la surexploitation des nappes, est la conséquence directe d'un impact des changements climatiques.

Le Plan Maroc Vert vise à réduire ce déficit en portant la superficie irriguée par les techniques économes en eau à près de 700 000 hectares.

#### 1.2.4. Production hydroélectrique

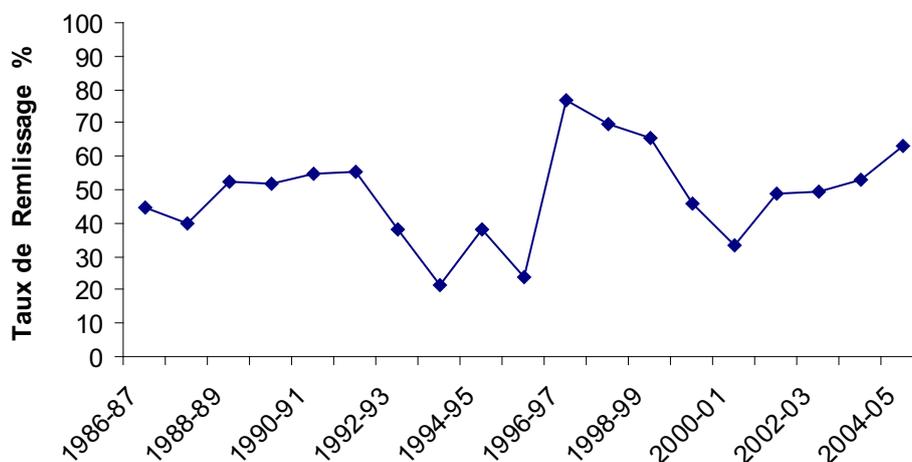
Dans le cadre de la valorisation des ressources en eau mobilisées par l'infrastructure hydraulique réalisée, près d'une vingtaine d'usines hydroélectriques ont été construites. Ces usines hydroélectriques ont été planifiées, conçues et justifiées pour assurer une production énergétique moyenne annuelle de l'ordre de 2 600 GWh/an.

La production moyenne de ces usines est évaluée à près de 1 200 GWh/an, soit un écart entre la production réelle et celle prévue dans le cadre des études des plans directeurs des ressources de l'ordre de 55%.

Ces écarts constatés en matière de fourniture d'eau d'irrigation et de production énergétique sont dus essentiellement aux impacts des changements climatiques qui se sont traduits par une réduction des hauteurs de chutes des barrages hydroélectriques. Les taux de remplissage des retenues mesurés au cours des

dernières années ont été faibles (moyenne de 50% sur 10 ans). La Figure 2 ci-après illustre le taux de remplissage des retenues de barrages observés.

Figure 2 - Taux de remplissage des bassins des retenues marocaines



### 1.3. Demande en eau future

Globalement, la demande en eau de l'ensemble des secteurs usagers est évaluée en 2030 et 2050 respectivement à près de 13,4 et 13,6 milliards de m<sup>3</sup>, répartie comme suit :

Tableau 10 - Evolution de la demande en eau future sans changements climatiques en Mm<sup>3</sup>

Secteur usager	2010	2030	2050
Eau potable (urbaine et rurale) et industrielle	1 063	1 615	1 850
Industrie et tourisme isolés	212	345	345
Eau d'irrigation	13 225	11 280	11 270
Energie hydroélectrique	-	-	-
Demande environnementale	149	149	149
Total sans industrie et tourisms isolés	14 437	13 044	13 269
Total avec industrie et tourisms isolés	14 649	13 389	13 614

#### 1.3.1. Demande en eau pour l'approvisionnement en eau potable et industrielle

Les prévisions de l'utilisation future d'eau à usage domestique reposent sur les projections de la croissance démographique, de la migration rurale urbaine et de la demande en eau par habitant.

Globalement, les prévisions de la demande en eau potable, industrielle et touristique pour l'ensemble du pays pour les horizons 2030 et 2050 sont respectivement évaluées à 1,96 milliards de m<sup>3</sup> et 2,2 milliards de m<sup>3</sup>.

La demande en eau potable et industrielle est évaluée en 2010 à près d'un milliard de m<sup>3</sup>. Cette demande atteindra 1,6 milliards de m<sup>3</sup> et 1,85 milliards de m<sup>3</sup>, respectivement en 2030 et 2050.

En milieu rural, la demande en eau potable est estimée à près de 137 millions de m<sup>3</sup>/an en 2010. Elle atteindrait près de 400 millions de m<sup>3</sup> en 2050.

L'annexe 2 synthétise la demande en eau potable des populations urbaines et rurales.

#### 1.3.2. Demande en eau d'irrigation

La demande en eau agricole correspond aux besoins potentiels en eau d'irrigation évalués sur la base des assolements préconisés et sur les besoins en eau théoriques des cultures.

Cette demande en eau a été évaluée dans les plans directeurs de développement intégré des ressources en eau à près de 14,6 milliards de m<sup>3</sup> dont près de 7,8 milliards de m<sup>3</sup> pour les périmètres de grande hydraulique (y compris les demandes en eau des périmètres non équipés), 3,3 milliards de m<sup>3</sup> pour la petite et moyenne hydraulique et près de 3,5 milliards de m<sup>3</sup> pour l'irrigation privée.

Avec le lancement du Plan Maroc Vert, cette demande serait de 5,967 milliards de m<sup>3</sup>/an pour les périmètres de grandes hydrauliques, 3,148 milliards de m<sup>3</sup>/an pour les périmètres de petites et moyennes hydrauliques et 2,154 milliards de m<sup>3</sup>/an pour l'irrigation privée (Tableau 11 ci-après).

Le Plan Maroc Vert se traduit par une réduction de la demande en eau agricole de près de 3 milliards de m<sup>3</sup>. Cette réduction provient essentiellement de l'introduction de la micro-irrigation sur une superficie de 700 000 ha et de l'abandon de l'équipement des périmètres agricoles au niveau des Doukkala et du Haouz.

**Tableau 11 - Besoins en eau d'irrigation par bassin en Mm<sup>3</sup>**

Bassin	GH	PMH	Irrigation privée	Total
Moulouya	574	230.3	144.2	948.5
Loukkos	374	188.1	74.2	636.3
Sebou	1 805	650	600	3 055
Bou regreg	-	47.7	100.0	147.7
Oum er r'bia	2 444	346	273	3 063
Tensift	70	602.8	245.7	918.5
Souss massa-draa	524	308.1	635.8	1 467.9
Sud atlasique	176	734.3	80.6	990.9
Sakia Al Hamra	-	41	-	41
Total	5 967	3 148	2 153.5	11 268

### 1.3.3. Demande environnementale

Dans le but de protéger le milieu naturel, il est prévu de veiller dans les oueds, lorsque cela est possible, au maintien d'un régime hydrologique susceptible de contribuer à la conservation et à l'amélioration du milieu naturel. Les études des plans directeurs de développement intégré des ressources en eau ont réservé une dotation de près de 200 Mm<sup>3</sup> pour l'amélioration des débits sanitaires dans les oueds du Sebou et de la Moulouya.

## 1.4. Bilan ressources-demande

### 1.4.1. Bilan actuel

Le bilan actuel de l'offre et la demande en eau est établi par bassin hydraulique. Il consiste à comparer la ressource et la demande en eau pour obtenir une image représentative de la situation hydrologique à un horizon donné. Les hypothèses prises en compte peuvent être résumées comme suit :

- La demande en eau prise en compte correspond à celle exprimée par les usagers, principalement le secteur de l'eau potable et de l'irrigation ;
- La ressource en eau prise en compte dans ce bilan correspond au volume d'eau régularisé par les barrages et aux prélèvements d'eau effectués directement à partir des oueds et des nappes souterraines, bien que ces derniers dépassent largement les volumes renouvelables.

L'analyse des bilans établis par bassin fait ressortir les constatations suivantes :

- Le bilan hydraulique du bassin du Loukkos est excédentaire. Cet excédent s'explique principalement par le retard enregistré dans l'équipement du périmètre agricole ;
- Le bilan hydraulique du bassin du Sebou est excédentaire en raison du retard enregistré dans l'équipement de la troisième tranche d'irrigation dans la plaine du Gharb et des périmètres de la petite et moyenne hydraulique dominés par les barrages réalisés et non équipés ;

- Le bilan hydraulique du bassin de l'Oum Er Rbia accuse actuellement un déficit en eau de près de 1 200 Mm<sup>3</sup> ;
- Les bilans hydrauliques des autres bassins sont actuellement déficitaires. Les déficits sont évalués à 273 Mm<sup>3</sup>/an pour la Moulouya, 100 Mm<sup>3</sup>/an pour le Tensift, 160 Mm<sup>3</sup> /an pour le Souss–Massa-Draa et 65 Mm<sup>3</sup>/an pour le Ziz-Guir-Rhéis.

#### 1.4.2. Projection relative aux eaux de surface

##### Volume d'eau régularisé par les barrages

Les études de planification réalisées prévoient la réalisation au niveau de l'ensemble des bassins hydrauliques de près d'une soixantaine de barrages pour sécuriser et satisfaire les demandes en eau des pays. Les volumes d'eau de surface mobilisés et mobilisables sont tirés du document du débat national sur l'eau (novembre 2006), de l'étude du plan national de l'eau et des études des plans directeurs intégrés des ressources en eau ainsi que des études spécifiques réalisées dans le cadre des projets de barrages.

La construction de ces barrages concerne des projets de plus en plus éloignés des lieux d'utilisation de l'eau, complexes, techniquement et économiquement plus coûteux. Elle permettra de mobiliser un volume d'eau supplémentaire de l'ordre d'un milliard de m<sup>3</sup> dont plus de 50 % dans le bassin du Loukkos, du Tangérois et des bassins côtiers méditerranéens. Ces projets, qui concernent essentiellement le renforcement de l'irrigation des périmètres existants, ne permettent pas de modifier d'une manière sensible les bilans hydrauliques. Le Tableau 12 ci-après donne le nombre de barrages programmés et le volume d'eau susceptible d'être mobilisé par leur construction.

Tableau 12 - Evolution des volumes d'eau de surface mobilisables en Mm<sup>3</sup>

Bassin	2010		2030		2050	
	Nbre barrage	Volume mobilisé	Nbre barrage	Volume mobilisé	Nbre barrage	Volume mobilisé
LTCM	10	558	16	1 213	18	1 260
Moulouya	5	718	10	800	11	900
Sebou	10	2 400	20	2 600	20	2 600
Bouregreg chaouia	4	313	7	358	7	358
Oum Er Bia	12	2 160	22	2 160	22	2 160
Tensift	3	100	8	170	8	170
Souss Massa - Draa	9	385	13	400	13	400
Ziz-Guir-Rhéis	1	139	10	774	10	774
Sahara	1	30	1	30	1	30
Total	55	6 803	109	8 505	110	8 652

La mobilisation de la ressource en eau additionnelle nécessiterait, selon la stratégie nationale de la gestion des ressources en eau, la construction de 59 barrages et d'un projet de transfert d'eau des bassins du Nord vers les bassins d'Oum Er Rbia et de Tensift.

##### Mobilisation au fil de l'eau

En plus des ressources en eau régularisées par les barrages, l'utilisation de l'eau se fait également à travers des prélèvements directs sur les cours d'eau. Ces prélèvements pratiqués depuis fort longtemps sont évalués en moyenne à près de 1 500 Mm<sup>3</sup>/an (cf. : Tableau 13 ci-après).

**Tableau 13 - Prélèvements au fil de l'eau en Mm<sup>3</sup>/an**

<b>Bassin</b>	<b>2010</b>	<b>2030</b>	<b>2050</b>
LTCM	16	16	16
Sebou	600	600	600
Moulouya	350	260	260
Bou Regreg et Chawia	10	10	10
Oum Erbia	205	205	205
Tensift	213	160	160
Souss-Massa-draa	54	54	54
Guir-Ziz-Ghériss	-	-	-
Saquiati El Hamra et Oued Eddahab	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1 448</b>	<b>1 305</b>	<b>1 305</b>

### **Projection relative aux eaux souterraines**

La projection des eaux souterraines a été établie en tenant compte de l'impact des dispositions arrêtées dans le cadre de la stratégie nationale des ressources en eau sur les entrées et les sorties. Il s'agit essentiellement de :

- La mise en œuvre du programme d'économie d'eau en irrigation, qui se traduira par une réduction substantielle des prélèvements d'eau et des retours d'irrigation ;
- Le recours aux ressources de surface en substitutions aux prélèvements d'eau souterraine. Un volume de près de 90 Mm<sup>3</sup> prélevés pour l'eau potable à partir des eaux souterraines sera substitué par les eaux de surface (90 Mm<sup>3</sup>/an à l'horizon 2020) ;
- La recharge artificielle des nappes souterraines. La stratégie nationale des ressources en eau a évalué cette recharge en 2030 à près de 280 Mm<sup>3</sup>/an dont près d'une centaine à partir des eaux usées et épurées ;
- Le renforcement du système de contrôle et sanctions en cas de surexploitation et la limitation des pompages dans les nappes (révision de la tarification, élimination de subventions incitatives à la surexploitation, mise en œuvre des dispositions relatives à la mise en place des périmètres de sauvegarde et d'interdiction, etc.).

Ces dispositions de nature à améliorer la recharge des nappes et surtout la réduction des prélèvements d'eau permettront de contenir la demande en eau qui variera très peu entre 2010 et 2030, et surtout entre 2030 et 2050. Dans ces conditions, les bilans des nappes tendront petit à petit à s'équilibrer, essentiellement par le biais de la baisse des sorties par les exutoires naturels.

La projection relative aux eaux souterraines a été réalisée en tenant compte de l'évolution des retours d'eau d'irrigation qui sera affectée par la mise en pratique du programme national d'économie d'eau, de l'évolution des sorties qui sera affectée par l'évolution des retours d'irrigation et la baisse continue des niveaux piézométrique, et de l'évolution des prélèvements d'eau qui sera affectée par le programme national d'économie d'eau et le renforcement du système de contrôle.

#### 1) Evolution des retours d'eau d'irrigation

Les retours d'eau d'irrigation évolueront suivant l'évolution des superficies irriguées et les changements des modes d'irrigation. La reconversion des superficies irriguées d'une manière traditionnelle en mode d'irrigation localisée réduira sensiblement les retours d'eau d'irrigation. L'évolution des retours d'eau d'irrigation dans un contexte de stabilité climatique est donnée dans le tableau ci-après par bassin.

**Tableau 14 - Evolution des retours d'eau d'irrigation en Mm<sup>3</sup>**

Bassin	2010	2030	2050
LTCM	35.3	32.3	32.7
Sebou	155.9	76.3	77.4
Moulouya	102.0	124.3	126.6
Bou Regreg et Chawia	0.0	0.0	0.0
Oum Erbia	393.3	221.9	223.8
Tensift	250.7	208.3	186.0
Souss-Massa	31.2	23.1	18.9
Guir-Ziz-Ghériss	48.6	0.0	0.0
Draa		44.9	44.9
Saquiati El Hamra et Oued Eddahab		0.0	0.0
Total	1 017.0	731.1	710.3

2) Evolution des sorties par les exutoires

De la même manière, les sorties par les exutoires naturels évolueront en fonction des bilans globaux et selon l'évolution des principaux termes des bilans, en particulier la recharge et les prélèvements.

Si on ne considère pas les effets des changements climatiques, et selon les hypothèses prises qui font que la variation relative des entrées et des prélèvements, surtout entre 2030 et 2050, est faible, les bilans tendront à s'équilibrer vers 2050 par le biais de la réduction des sorties par les exutoires naturels.

**Tableau 15 - Evolution des sorties par les exutoires naturels**

Bassin	2010	2030	2050
LTCM	383.05	344.7	337.9
Sebou	223.1	167.3	133.9
Moulouya	985.4	886.9	798.2
Bou Regreg et Chawia	20.42	11.2	6.7
Oum Erbia	544.8	381.4	286.0
Tensift	77.7	23.3	9.3
Souss-Massa	23	6.9	2.8
Guir-Ziz-Ghériss	127.83	51.1	25.6
Draa	138.3	96.8	77.4
Saquiati El Hamra et Oued Eddahab	0		
Total	2 523.6	1 969.7	1 677.7

3) Bilans prévisionnels

**Tableau 16 - Bilans prévisionnels des eaux souterraines sans tenir compte de l'impact éventuel des changements climatiques**

Bassin	Ressources en eau souterraine exploitables d'une manière durable <sup>1</sup>			Demande en eau souterraine			Bilan		
	2010	2030	2050	2010	2030	2050	2010	2030	2050
LTCM	58.6	93.9	101.2	63.6	96.8	103.4	-5.0	-3.0	-2.2
Sebou	200.3	230.4	264.9	255.3	264.9	273.6	-55.1	-34.5	-8.7
Moulouya	678.4	745.3	836.3	769.4	802.7	852.4	-91.0	-57.3	-16.1
Bou Regreg et Chawia	53.7	62.9	67.4	106.6	101.2	92.6	-52.9	-38.2	-25.2
Oum Erbia	467.8	459.8	557.0	582.8	541.7	563.3	-115.1	-81.9	-6.3
Tensift	340.5	352.5	344.2	552.6	506.3	393.6	-212.1	-153.8	-49.4
Souss-Massa	345.0	353.0	334.0	641.4	508.8	384.0	-296.4	-155.8	-50.0
Guir-Ziz-Ghériss	208.5	285.2	310.8	286.4	309.0	317.2	-77.9	-23.8	-6.4
Draa	174.3	215.8	235.2	220.0	232.8	239.3	-45.7	-17.0	-4.1
Saquiati El Hamra et Oued Eddahab	2.5	2.5	2.5	18.9	14.8	5.2	-16.4	-12.3	-2.7
Total	2 529.5	2 801.2	3 053.4	3 497.0	3 378.9	3 224.7	-967.6	-577.7	-171.2

<sup>1</sup> L'augmentation des ressources en eau souterraine exploitable se fera au détriment des débits des sources et des drainages par les cours d'eau.

Les bilans prévisionnels des eaux souterraines dans une hypothèse de stabilité climatique font ressortir un déficit en eau de près de 1 milliard de m<sup>3</sup>, c'est à dire un prélèvement d'eau supérieur aux ressources renouvelables comme le montre le Tableau 16.

### 1.4.3. Projection relative aux ressources non conventionnelles

Les ressources non conventionnelles sont constituées principalement de la recharge artificielle des nappes d'eau souterraines, du dessalement de l'eau de mer et des eaux usées après épuration. La stratégie nationale de développement des ressources en eau a réservé une place importante à la mobilisation des ressources en eau non conventionnelles. Cette stratégie a estimé la contribution de cette ressource à près de 910 Mm<sup>3</sup>/an, dont près de 400 Mm<sup>3</sup> à partir de dessalement de mer et près de 260 Mm<sup>3</sup> à partir des eaux usées.

En 2009, le volume des eaux usées s'élèverait à près de 500 Mm<sup>3</sup>/an et les prévisions situent les niveaux en 2030 et 2050 respectivement à près de 700 et 765 Mm<sup>3</sup>. La réutilisation de ce potentiel en eau serait envisagée pour l'arrosage des espaces verts et des terrains de sports ainsi qu'au développement de l'irrigation autour des zones urbaines. Son impact sur les bilans hydriques reste relativement faible pour les raisons suivantes :

- Les eaux usées des villes intérieures sont déjà intégrées dans les bilans hydrauliques ;
- Les eaux usées des villes côtières seront destinées à l'irrigation de nouveaux périmètres agricoles.

Le recours au dessalement de l'eau de mer serait envisagé comme suit :

- L'approvisionnement en eau des villes côtières (Dakhla, El Ayoun, Tiznit, Agadir, Essaouira, Safi, El Jadida, Al Hoceima, Nador, Saidia, etc.). Cette orientation permettra de sécuriser l'approvisionnement en eau de ces villes et de dégager un volume d'eau pour atténuer le déficit en eau d'irrigation de l'ordre de 600 Mm<sup>3</sup> ;
- L'approvisionnement en eau potable des villes de Casablanca, Rabat, Salé, Témara lorsque les ressources en eau mobilisées à partir du barrage de Sidi Mohammed Ben Abdellah seront saturées. Les ressources en eau prélevées à partir du bassin de l'oum Er Rbia seront abandonnées au profit de l'irrigation pour atténuer le déficit en eau observé au niveau de ce bassin ;
- La satisfaction des besoins en eau de l'OCP, évalués à près de 100 Mm<sup>3</sup> en 2020 ;
- Le développement de l'irrigation au niveau du périmètre de chtouka dans le bassin du Souss – Massa en 2030. En 2050, l'irrigation d'autres périmètres agricoles serait envisagée en fonction des enseignements tirés de l'expérience de chtouka.

Le tableau ci-après donne la contribution du dessalement de l'eau de mer et des eaux usées épurées envisagée. Il est à signaler que la contribution des eaux usées a été volontairement limitée aux volumes qui affecteront les bilans hydriques. Il s'agit principalement :

- Des eaux usées des villes de Marrakech et d'Agadir qui seront utilisées dans l'arrosage des golfs ;
- Des eaux usées des stations touristiques qui seront utilisées dans l'arrosage des terrains des golfs et des espaces verts.

Tableau 17 - Evolution des volumes des eaux non conventionnelles mobilisables en Mm<sup>3</sup>

Bassin	2030		2050	
	Dessalement	Eaux usées	Dessalement	Eaux usées
LTCM	5	90	5	90
Moulouya	5	45	5	50
Sebou	-	120	-	130
Bouregreg chaouia	150	230	150	250
Oum Er Bia	120	55	150	75
Tensift	30	50	35	60
Souss Massa – Draa	150	75	150	75
Ziz-Guir-Rhéris	-	20	-	20
Sahara	30	15	40	15
Total	490	700	535	765

#### 1.4.4. Bilans globaux prévisionnels

La construction des bilans hydrauliques, objet du Tableau 18, a été réalisée bassin par bassin de la manière suivante :

- Le recours à une mobilisation accrue des ressources en eau non conventionnelles, principalement par le dessalement de l'eau de mer et la réutilisation des eaux usées. Ces ressources en eau, qui nécessiteront des investissements lourds, représenteraient en 2030 près de 15% de la ressource globale du pays ;
- Une demande en eau maîtrisée grâce à la mise en œuvre du programme d'économie d'eau dans les secteurs de l'eau potable et d'irrigation ;
- Une poursuite de la mobilisation des ressources en eau conventionnelles notamment dans le bassin du Loukkos, du Tangérois et des côtiers méditerranéens, sans tenir compte de leur coût et leur impact sur l'environnement.

Il ressort des bilans hydrauliques récapitulés dans l'annexe 8 que la majorité des bassins hydrauliques sont en situation de déficit ;

- Le bilan hydraulique du bassin du Loukkos, du Tangérois et des bassins côtiers méditerranéens serait excédentaire. Le dégagement de ce volume excédentaire, évalué à près de 600 Mm<sup>3</sup>, nécessiterait des ouvrages complexes et très coûteux (une galerie sans fenêtre d'une cinquantaine de km) ;
- Le bilan hydraulique du bassin du Sebou, actuellement excédentaire, serait équilibré en 2030 après l'équipement des périmètres de grandes hydrauliques et de petites et moyennes hydrauliques ainsi qu'après la réalisation du projet de sauvegarde de la plaine de Saïss ;
- Le bilan hydraulique du bassin de l'Oum Er Rbia accuserait en 2030 un déficit en eau de près de 671 Mm<sup>3</sup> ;
- Les bilans hydrauliques des autres bassins sont et seront toujours en situation déficitaire. C'est le cas des bassins de Tensift, du Sous Massa – Draa et de Guir Ziz Rhéris.

Tableau 18 - Bilan global des eaux sans l'impact des changements climatiques en Mm<sup>3</sup>

Bassin	Ressources en eau de surface mobilisées ou mobilisables			Ressources en eau souterraine exploitables			Réutilisation			Dessalement			Demande en eau potable		Demande en eau agricole		Demande environnementale		Export/Import		Bilan	
	2010	2030	2050	2010	2030	2050	2010	2030	2050	2010	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Loukkos	558	1 213	1 260	59	94	101	1	90	90		5	5	189	217	636	636					577	603
Moulouya	718	800	900	200	230	265	9	45	50		5	5	113	130	949	949	32	32			-14	109
Sebou	2 400	2 600	2 600	678	745	836	18	120	130				298	344	3 055	3 055	63	63			49	104
BR Chawia	313	358	358	54	63	67		230	250		150	150	479	531	148	148			-120	-120	294	266
OER	2 160	2 160	2 160	468	460	557	12	55	75		120	150	180	216	3 063	3 063	54	54	280	280	-782	-671
Tensift	100	170	170	341	353	344	16	50	60		30	35	140	165	919	919			-160	-160	-296	-315
Souss - draa	385	400	400	345	353	334	2	75	75		150	150	127	148	1 468	1 468					-617	-657
Ziz-Guir-Réris	139	774	774	174	216	235		20	20				48	55	991	991					-29	-17
Saquiati El Hamra	30	30	30	3	3	3		15	15	7	30	40	37	43	51	41					-10	4
Total	6 803	8 505	8 652	2 322	2 517	2 742	58	700	765	7	490	535	1 615	1 850	11 280	11 270	149	149	0	0	-832	-575

## 2. Besoins en énergie pour l'eau

L'énergie électrique est utilisée essentiellement pour le fonctionnement de stations de pompage et de refoulement d'eau potable, industrielle et d'irrigation, de stations de traitement d'eau potable et de stations d'épuration à boue activée. Elle est utilisée également pour l'éclairage et pour le pompage dans l'émissaire en mer.

Globalement, le secteur de l'eau consomme actuellement près de 1 450 GWh. Cette consommation serait de 6 150 GWh en 2030 (de l'ordre de 0,7 à 0,8 kWh/m<sup>3</sup>), soit plus de quatre fois la consommation actuelle. Cette augmentation s'explique essentiellement par :

- Le recours à des solutions fortement consommatrices d'énergie. C'est le cas par exemple du dessalement de l'eau de mer et du projet de transfert d'eau ;
- L'exploitation des ressources conventionnelles à fortes consommations d'énergie afin de satisfaire la demande en eau. C'est le cas des adductions d'eau potable pour l'alimentation en eau potable des villes de Meknès, de Tétouan, de Fès, Oujda, Marrakech, etc. ;
- Le développement de l'activité de l'assainissement et de l'épuration des eaux usées.

Tableau 19 - Evolution de la consommation d'énergie dans le secteur de l'eau

Secteur	2010		2030	
	Eau (Mm <sup>3</sup> )	Energie (GWh)	Eau (Mm <sup>3</sup> )	Energie (GWh)
Eau potable et industrielle	850	550	1 550	2 350
Irrigation	4 400	900	6 500	3 880
Assainissement	-	-	650	215
Réutilisation des eaux usées	-	-	300	200
Total	5 250	1 450	9 000	6 145

## 2.1. Besoin actuel

Ces besoins ont été collectés auprès des usagers de l'eau. Ces besoins se situeraient à près de 1 450 GWh, soit près de 0,21 kWh/m<sup>3</sup>. Cette consommation se répartit comme suit :

- 550 GWh pour le secteur de l'eau potable et de l'assainissement, soit près de 0.65 kWh/m<sup>3</sup> d'eau produit ;
- 900 GWh pour le secteur d'irrigation, soit près de 0.15 kWh/m<sup>3</sup> :
  - 230 GWh pour les périmètres agricoles irrigués à partir d'eau de surface ;
  - 650 GWh pour les périmètres agricoles irrigués à partir des eaux souterraines. Ces besoins énergétiques ont été estimés sur la base des prélèvements d'eau, des rendements des pompes observés et des hauteurs de refoulement observées au niveau des différentes nappes souterraines.

L'annexe 6 présente la consommation énergétique du secteur de l'eau agricole ainsi que le volume d'eau pompé.

## 2.2. Besoins énergétique pour l'horizon 2030

Ces besoins énergétiques ont été évalués sur la base de la situation des besoins actuels et des dispositions arrêtées en matière de mobilisation des ressources en eau conventionnelles et non conventionnelles, des programmes d'économie d'eau, de la génération de l'eau potable, de l'assainissement et de la réutilisation des eaux usées, de l'économie d'eau et de l'extension de l'irrigation dans la plaine du Gharb.

### 2.2.1. Eau potable

Les besoins énergétiques ont été estimés sur la base des besoins actuels et des projets d'alimentation en eau potable arrêtés dans le cadre des études de planification. Ces besoins énergétiques sont estimés à près de 2 350 GWh, soit près de 1,5 kWh/m<sup>3</sup> :

- Le dessalement de l'eau de mer pour les villes de Rabat, de Casablanca, de Mohamédia, d'El Jadida, de Safi, du grand Agadir, de Tiznit, de Sidi Ifni, des villes sahariens et de l'OCP. Ces besoins sont estimés à près de 1 800 GWh, soit près de 3,7 kWh/m<sup>3</sup> ;
- Le recours aux adductions d'eau potable consommatrices d'énergie : ville de Meknès à partir du barrage Idriss Ier, ville d'Oujda à partir de Mechra Hommadi, ville de Marrakech à partir de l'Oued Oum er Rbia.

### 2.2.2. Assainissement

L'énergie électrique est utilisée essentiellement pour le fonctionnement des stations d'épuration à boue activée (dans les STEP lagunage elle est utilisée pour le pompage et éventuellement pour le traitement), pour le pompage sur réseau et pour l'éclairage. Elle est également utilisée pour le pompage dans l'émissaire en mer.

L'estimation de l'énergie électrique est fondée sur les hypothèses suivantes :

- Le procédé d'épuration par boue activée est adopté pour les STEP de plus de 100 000 habitants. La consommation électrique pour ces STEP a été calculée sur la base de 1 kWh/kg de DBO5 éliminé ;
- Le procédé d'épuration par lagunage a été adopté pour les autres villes. La consommation électrique pour ces STEP est négligeable. Le plan national d'assainissement a estimé cette consommation à près de 10% de la consommation des STEP par boue activée.

Sur cette base, le plan national de l'eau a estimé les besoins énergétiques pour l'assainissement et l'épuration des eaux usées. Ces besoins figurent dans le Tableau 20.

**Tableau 20 - Evolution des besoins énergétiques en GWh**

	2010	2030	2050
Besoins énergétiques	-	215	215

Ces données ne prennent pas en compte les besoins énergétiques nécessaires pour la réutilisation des eaux usées (supplément de traitement, pompage des eaux vers les lieux d'utilisation, etc.).

### **2.2.3. Irrigation**

Globalement, les besoins en eau du secteur agricole sont évalués à près de 3 380 GWh/an. Les hypothèses prises en compte dans l'estimation de ces besoins en eau peuvent être résumées de la manière suivante :

- Des besoins énergétiques actuels des périmètres agricoles estimés à près de 900 GWh/an ;
- Des besoins énergétiques des extensions des périmètres agricoles, prévues dans la plaine du Gharb et du bassin du Loukkos, estimés à près de 230 GWh/an ;
- L'irrigation de la plaine de Saïss à partir du Haut Sebou. Ces besoins sont estimés à près de 150 GWh/an ;
- Les besoins énergétiques du périmètre de Chtouka, dont l'irrigation sera renforcée à partir de dessalement de l'eau de mer, qui seraient de l'ordre de 300 GWh/an ;
- Les besoins énergétiques engendrés par le transfert d'eau du bassin du Sebou vers l'Oum Er Rbia estimés à près de 1 400 GWh/an; soit près de 2 kWh/m<sup>3</sup> (annexe 6).

### **2.2.4. Réutilisation des eaux usées**

Globalement, les besoins énergétiques des projets de réutilisation des eaux usées sont estimés à près de 200 GWh, soit près de 0.7 kWh/m<sup>3</sup>.

Les hypothèses prises pour estimer ces besoins sont :

- Réutilisation d'un volume d'eau usée épurée de l'ordre de 300 Mm<sup>3</sup>/an pour l'arrosage des golfs et des espaces verts ainsi que pour l'irrigation des cultures qui s'y prêtent ;
- Développement des projets de réutilisation au niveau de la zone côtière Rabat - Casablanca, Marrakech, Agadir, Meknès, Oujda et Fès.

### III. Demande en énergie et besoins en eau pour la production d'énergie

Pour faire face à la croissance démographique et au développement économique, les demandes énergétique et électrique au Maroc seraient en forte croissance à l'horizon 2030, en l'absence de politique d'efficacité énergétique rigoureuse, mais pourraient être contenues si l'ensemble des potentiels d'économies d'énergie était exploité.

Les besoins en eau pour le secteur de l'énergie sont importants pour la production d'électricité, quand il s'agit des centrales hydroélectriques, et en tant qu'appoints d'eau pour le refroidissement dans les centrales thermiques classiques, en particulier pour celles situées à l'intérieur du pays.

A ce propos, nous regarderons en détail le secteur électrique au Maroc ainsi que la stratégie marocaine de diversification des sources d'énergie. On analysera également, dans une deuxième étape, la demande d'eau du secteur de l'énergie.

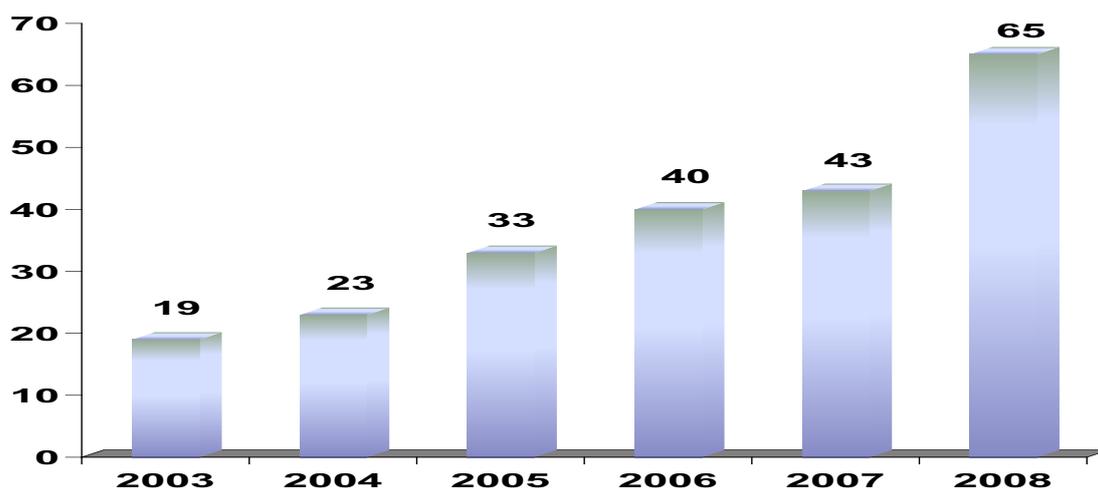
#### 1. Contexte énergétique national

Le Maroc importe actuellement plus de 97% de ses approvisionnements en énergie en raison de la modicité de ses propres ressources.

Une telle dépendance vis-à-vis de l'extérieur, combinée à la tendance à la hausse des cours des produits énergétiques, notamment du pétrole qui représente près de 60 % de la consommation énergétique totale, grève lourdement les finances du pays. La facture énergétique s'est chiffrée à près de 50 milliards DH en 2007 et à plus de 70 milliards DH en 2008 avec la flambée des prix du brut, contre seulement 21 milliards DH en 2003, la part du pétrole absorbant plus de 85% de ces montants. Pour atténuer l'impact de l'escalade des prix sur les consommateurs et les secteurs productifs, le soutien du budget de l'Etat aux produits pétroliers s'est alourdi, passant de quelque 700 millions DH en 2003 à 3,4 puis 10,7 milliards DH respectivement en 2004 et 2007, pour atteindre plus de 25 milliards DH en 2008.

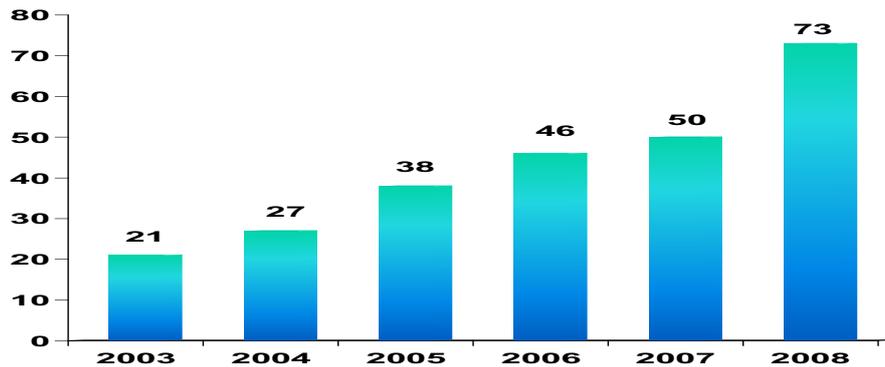
Le graphique suivant retrace l'évolution de la facture pétrolière en milliards de dirhams.

Figure 3 - Evolution de la facture pétrolière en Milliards de Dh



La facture énergétique dans son ensemble a été multipliée par 3,5 en six ans, passant de 21 milliards de dirhams en 2003 à 73 milliards de dirhams en 2008.

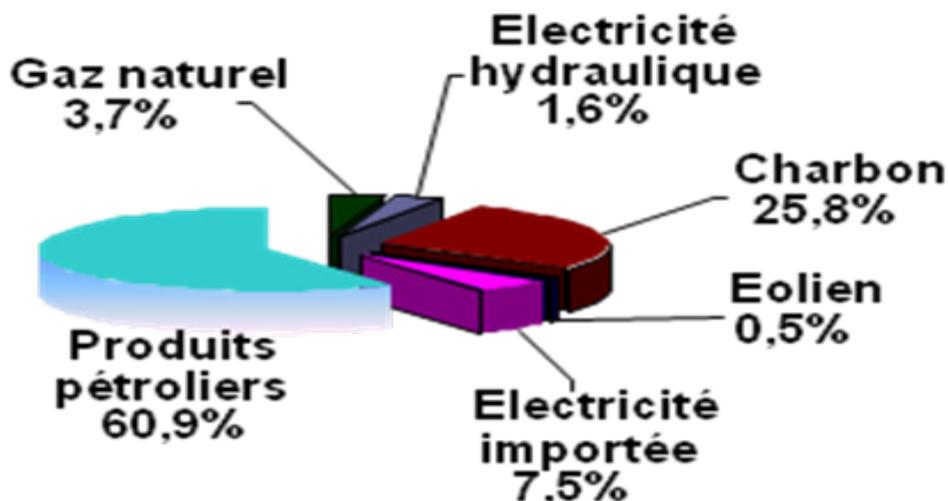
Figure 4 - Evolution de la facture énergétique en Milliards de Dh



Par ailleurs, la consommation de l'énergie primaire au Maroc s'est établie à 13,7 millions de Tonnes Equivalent Pétrole (TEP) en 2007, en croissance de 5,2% par rapport à 2006, tirée par l'augmentation de la consommation électrique de 7,1%. Durant les cinq dernières années, la demande électrique a cru de 8% par an, en raison de la quasi-généralisation de l'accès à l'électricité et de l'expansion économique, produisant une tension sur l'offre. De ce fait, la satisfaction de la demande est devenue structurellement dépendante de l'interconnexion avec l'Espagne.

La répartition de la consommation énergétique en 2008, qui s'est élevée à 14,72 Mtep, est représentée dans la Figure 5 ci-dessous en fonction des sources d'énergie :

Figure 5 - Répartition de la consommation énergétique en 2008



A l'horizon 2030, la demande en énergie primaire se situerait entre 35 et 40 millions de TEP en l'absence de politique d'efficacité énergétique rigoureuse. Elle tomberait dans une fourchette de 27 à 32 millions de TEP si toutes les mesures d'économie d'énergie sont appliquées. Parallèlement, la consommation électrique, qui était de 24 TWh en 2007, passerait, en tenant compte des impacts des actions d'efficacité énergétique, à 52 TWh pour un scénario bas, à 60 TWh pour un scénario moyen de référence ou à 70 TWh pour un scénario de haute efficacité économique.

## 2. Nouvelle stratégie énergétique

Pour relever ces multiples défis et maîtriser au mieux l'avenir énergétique afin d'assurer le développement durable du Maroc, une nouvelle stratégie énergétique a été élaborée sur la base d'options technologiques et économiques réalistes, dans le cadre d'une vision prospective claire. Elle se traduit en plans d'actions concrets et réalisables à court, moyen et long termes, accompagnés de mesures organisationnelles et réglementaires permettant de donner la visibilité nécessaire aux opérateurs.

Conformément aux Hautes Orientations Royales, le Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement a déterminé les options stratégiques en associant des experts nationaux et internationaux ainsi que l'ensemble des acteurs du secteur, dans un esprit de concertation et d'adhésion consensuelle. Dans ce cadre, le Fonds Hassan II pour le Développement Economique et Social a consacré une enveloppe budgétaire pour financer l'étude d'un programme d'appui aux réformes structurelles prioritaires.

Les objectifs stratégiques fixés visent à assurer la sécurité d'approvisionnement énergétique, à garantir la disponibilité et l'accessibilité de l'énergie au meilleur coût ainsi qu'à réduire la dépendance énergétique en diversifiant les sources d'énergie, en développant les potentialités énergétiques nationales, en promouvant l'efficacité énergétique dans toutes les activités économiques et sociales.

Le Maroc s'est ainsi fixé un potentiel d'efficacité énergétique réalisable de 12%, à atteindre en 2020, et une contribution des énergies renouvelables dans le bilan énergétique national entre 15% et 20%. A cette échéance, la part du solaire, de l'éolien et de l'hydraulique va représenter environ 42% de la puissance installée (14 580 MW) contre 26% en 2008 (5 292 MW).

Les besoins en eau pour le secteur de l'énergie sont importants pour la production d'électricité, quand il s'agit des centrales hydroélectriques et des appoints d'eau pour le refroidissement dans les centrales thermiques classiques. A ce propos, nous allons regarder plus en détail le secteur électrique au Maroc.

### 2.1. L'électricité

Au Maroc, la prévision de la demande d'électricité est établie par l'Office National de l'Electricité (ONE), établissement public à caractère industriel et commercial comptant près de 9 000 agents, dont 21% de cadres et 48 % de maîtrise.

Au siège de l'ONE, à Casablanca, une structure est entièrement dédiée à la planification. A partir de la politique énergétique du pays, l'ONE procède à l'adéquation Offre-Demande en deux étapes :

- Une première étape relative à l'étude de la demande de l'électricité,
- Une deuxième étape relative à la définition d'un programme d'équipement au moindre coût permettant la satisfaction de cette demande.

#### Etude de la demande

D'une manière générale, l'ONE procède à une analyse détaillée des tendances passées des consommations (au niveau national, par secteur, par branche, par niveau de tension, etc.) pour apporter un éclairage sur les différents facteurs déterminants de la demande et apprécier les effets sur son évolution.

##### 1) Analyse rétrospective de la demande

En premier lieu, une analyse rétrospective de la demande est élaborée. Généralement, une période de 20 ans est considérée pour l'analyse de la consommation globale d'électricité afin de dégager une tendance globale et une variation de croissance moyenne annuelle. Cette variation est comparée au niveau moyen de la croissance économique au cours de la période étudiée et à la croissance de la population.

L'analyse se fonde sur :

- ♦ Un calcul de l'élasticité de la demande en électricité au PIB ;

- ◆ Une comparaison de la tendance indiciaire de la population, du PIB et de la consommation d'électricité sur la période étudiée ;
- ◆ Une analyse de la consommation d'électricité par habitant, utilisée comme proxy de dynamique économique et sociale du pays ;
- ◆ Une analyse des caractéristiques de la demande en électricité, globale et par secteur.

Sur la dernière décennie, l'ONE constate que le secteur de l'électricité a enregistré une augmentation soutenue de la demande, due principalement à la généralisation de l'électrification du pays, aux efforts des pouvoirs publics en matière d'urbanisation, à l'amélioration des revenus des ménages et à la mise en œuvre des chantiers de grande envergure au niveau des différentes régions du pays.

Il est d'usage que les services concernés de l'ONE dissèquent finement l'évolution de la demande en heures de pointe et s'efforcent de mettre en relief les arguments essentiels à cette évolution, due en grande partie à la forte augmentation de la consommation résidentielle.

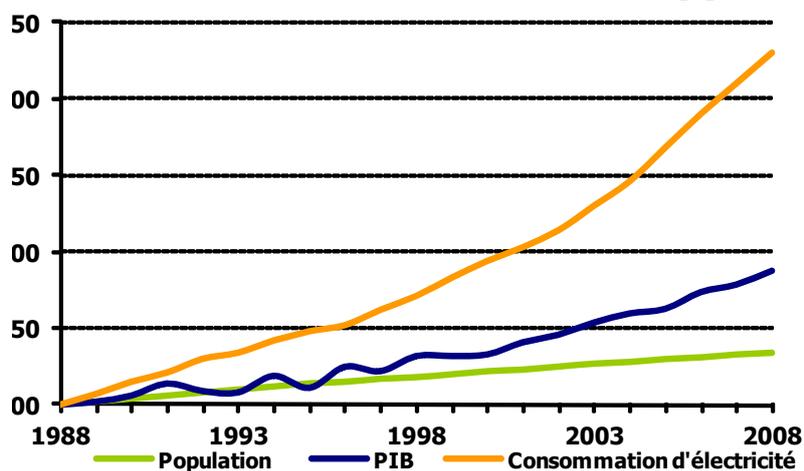
La chronique des ventes d'électricité de l'ONE est automatiquement décortiquée et une analyse de la clientèle est établie, en procédant à une différenciation entre les clients directs de l'ONE et ceux des distributeurs (régies de distribution et concessionnaires). Il est tenu compte également des effets d'impact des différentes campagnes ou actions d'économies d'énergie.

Ainsi, durant les vingt dernières années (1988-2008), la consommation globale d'électricité a plus que triplée, dépassant largement la croissance économique et la progression de la population.

L'élasticité de la demande en électricité au PIB, estimée sur cette période, se rapproche de deux unités. Sur une période de deux décennies, le taux de croissance de la consommation d'électricité a dépassé en permanence les taux de croissance du PIB et de la population, la différence d'évolution devenant plus prononcée à partir de 1998.

Pour la même période, la consommation d'électricité par habitant est passée de 275 kWh/habitant en 1988 à près de 680 kWh/habitant en 2008, réalisant ainsi une progression annuelle moyenne de 4,6%. La Figure 6 ci-dessous permet de retracer ces évolutions.

**Figure 6 - Evolution indiciaire de la consommation d'électricité, du PIB et de la population (base 100 : 1988)**



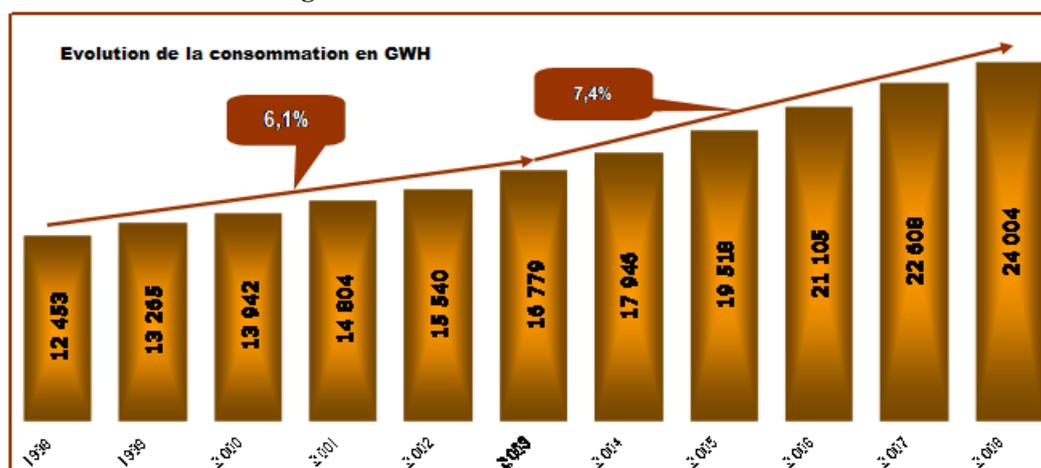
Par ailleurs, durant la période 1995-2008, la demande en énergie électrique est passée de 10 711 GWh en 1995 à 24 004 GWh en 2008, ce qui représente un taux d'accroissement moyen annuel de près 6,4%. Plus particulièrement, entre 1998 et 2008 (soit une période de 10 ans) la demande d'électricité a connu un taux de croissance moyen annuel de près de 7%, comme le montre le Tableau 21 ci-dessous.

Tableau 21 - Evolution de la production d'électricité par source en GWh

	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Charbon	5 578	5 753	6 251	7 227	6 927	8 548	11 050
Fioul	4 185	3 128	3 200	2 676	3 612	2 183	1 034
Gas-oil	26	26	29	33	38	40	57
Gaz naturel							
Hydraulique	605	1 938	2 062	1 759	817	705	862
Eolien	0	0	0	0	0	64	206
STEP							
Interconnexions	243	128	123	716	1 846	2 363	1 564
Apports des tiers	74	80	104	42	27	39	75
Pompage de la STEP							
Aux. & Compensateurs							-45
Energie nette appelée	11 711	11 053	11 769	12 453	13 266	13 942	14 804
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Charbon	11 518	11 751	12 519	12 731	12 902	12 457	11 662
Fioul	1 524	1 929	2 061	2 766	2 595	2 758	4 115
Gas-oil	25	16	4	40	45	3	4
Gaz naturel				2 003	2 512	2 823	2 867
Hydraulique	842	1 441	1 591	965	983	902	916
Eolien	194	203	199	206	183	279	298
STEP			10	447	603	416	444
Interconnexions	1 392	1 438	1 535	814	2 027	3 507	4 261
Apports des tiers	84	45	76	86	40	33	40
Pompage de la STEP			-10	-496	-728	-529	-574
Aux. & Compensateurs	-41	-43	-38	-43	-56	-40	-30
Energie nette appelée	15 540	16 779	17 946	19 518	21 105	22 608	24 004

La Figure 7 ci-dessous met en évidence deux périodes de croissance différente. La différence s'explique par les effets de l'électrification du monde rural, les progrès constatés dans l'urbanisation, l'amélioration dans l'équipement des ménages ainsi que la dynamique enclenchée par les multiples projets réalisés par le Maroc dans différents secteurs économiques.

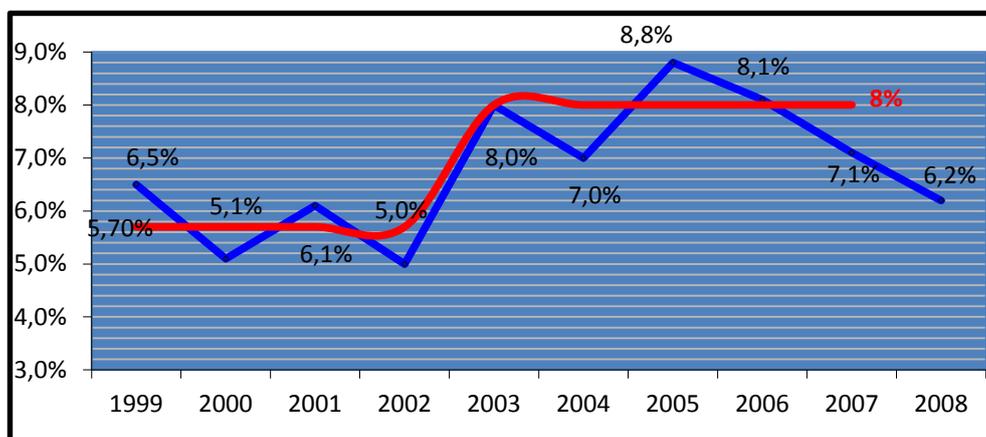
Figure 7 - Evolution de la consommation en GWh



Il y a lieu de constater que cette évolution a été toutefois contrastée, comme l'illustre la Figure 8 ci-dessous : une croissance modérée entre 1999 et 2002, suivie d'une période florissante de la demande en énergie électrique de 2003 à 2007, avec une moyenne annuelle de 8% traduisant le dynamisme qu'a connu le Maroc au niveau économique et social notamment en ce qui concerne la généralisation de l'accès aux infrastructures de base ; puis une baisse de consommation en 2008 où l'accroissement n'a atteint que 6,2 %.

Pour sa part, la puissance maximale appelée à la pointe est passée de 1 393 MW en 1988 à 2 395 MW en 1998, pour atteindre 4 180 MW en 2008. Ce qui représente un taux de croissance moyen annuel de 5,3% sur la première période de 10 ans (1988-1998) et de 6,1% pour la seconde période (1998 à 2008). En 20 ans, la puissance maximale appelée à la pointe a ainsi connu un taux de croissance moyen annuel de 5,7%.

Figure 8 - Tendence du taux de croissance de la demande d'électricité



La baisse du taux d'accroissement de la demande en 2008 est attribuable au fléchissement des activités liées aux phosphates et à la sidérurgie qui ont enregistré une baisse de leur consommation de 7,4% par rapport à 2007. Ainsi, la consommation totale des clients Grands Compte THT-HT n'a été que de 2,6% en 2008 contre 10% en moyenne durant la période 2003-2007.

En outre, il y a lieu de signaler que le déploiement des lampes à basse consommation a été à l'origine de la baisse de la consommation de la clientèle en basse tension qui a vu son niveau décroître en 2008, puisqu'il n'a été que de 9,4% contre 11,6% en moyenne sur la période 2003-2007. En effet, le nombre cumulé des LBC installées s'élève à 1.845 millions fin 2008 et 2,6 millions fin mars 2009. L'économie d'énergie escomptée à fin 2009 est estimée à 300 GWh correspondant à 1,2% de l'énergie appelée nette.

## 2) Projection de la demande d'électricité

Des projections de la demande sont établies sur de longues périodes et revues pour des périodes de court et de moyen terme.

Pour le court terme, les prévisions de la demande sont automatiquement revues pour tenir compte des besoins exprimés par les différents segments de la clientèle, que ce soit des clients directs ou ceux des distributeurs publics ou privés.

Pour le moyen et le long terme, les prévisions de l'évolution de la consommation d'électricité tiennent compte de la conjugaison de facteurs de natures diverses ayant trait notamment à l'activité économique, la démographie, le comportement des utilisateurs, le progrès technique, le développement de nouveaux usages de l'électricité, les parts de marché entre énergies et les actions de maîtrise de l'énergie.

Pour intégrer ces différents facteurs dans les prévisions à long terme, le planificateur s'appuie sur une décomposition sectorielle détaillée de la consommation d'électricité :

- ♦ Une première distinction sépare les secteurs de l'industrie, du tertiaire et du résidentiel dans la consommation totale ;
- ♦ A l'intérieur de ces secteurs, des découpages sont opérés par branche d'activités économiques (agriculture, industries manufacturières, etc.) et par usages ;
- ♦ Pour chaque branche ou usage, des grandeurs technico-économiques caractéristiques sont identifiées, permettant ainsi le calcul des consommations en énergie (taux d'équipement, consommations unitaires des appareils, nombre de ménages, milieu de résidence, etc.).

À partir de ce découpage sectoriel détaillé, les choix d'hypothèses sur l'évolution des grandeurs descriptives caractéristiques permettent de prévoir la consommation pour chaque branche ou usage. Les prévisions ainsi obtenues pour les différents segments de la consommation sont ensuite agrégées pour aboutir à des prévisions par secteur.

Afin de se prémunir contre les incertitudes croissantes sur l'évolution de l'environnement énergétique et socio-économique, trois scénarios macro-économiques sont envisagés, retenus sur la base du rapport du Haut-commissariat au Plan « Croissance économique et développement humain ; Eléments pour une planification stratégique 2007-2015 ».

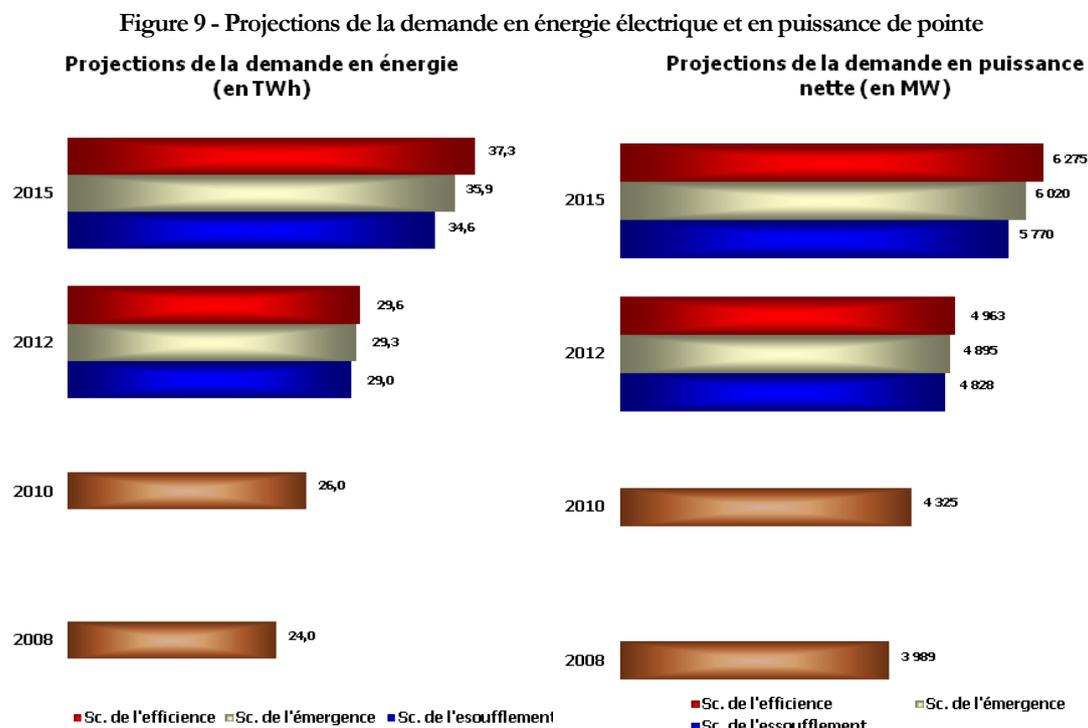
### **Pour l'horizon 2015**

Le scénario de l'émergence a été retenu comme scénario de référence pour l'élaboration du plan d'équipement. Ce scénario se traduit par une croissance de 7%, entre 2011 et 2015, ce qui conduit à une énergie nette appelée de 35,9 TWh à l'horizon 2015. Dans ce scénario, la croissance est essentiellement portée par le développement des services et du tourisme dans le secteur tertiaire, et par les BTP (Bâtiments et Travaux Publics) dans le secteur secondaire. La croissance dans le secteur résidentiel est également très dynamique sous l'effet de la démographie et de l'urbanisation, mais surtout grâce au développement de nouveaux usages spécifiques.

Le scénario de l'efficacité économique prioritaire implique un taux de croissance de l'énergie nette appelée de 8% entre 2011 et 2015, soit une énergie nette appelée de 37,3 TWh à l'horizon 2015.

Le scénario de l'essoufflement se traduit par un accroissement de l'énergie de 6% entre 2011 et 2015, limitant ainsi la consommation à 34,6 TWh en 2015.

Sur la base de ces hypothèses, les projections de la demande en énergie électrique et en puissance de pointe, telles qu'elles résultent des trois scénarios macro-économiques précités, se présentent comme suit :



### **Pour l'horizon 2020**

Une étude « sectorielle » à travers l'identification et l'examen des différents facteurs explicatifs de l'évolution de la demande d'électricité, réalisée par des consultants de Sofreco dans le cadre d'une étude intitulée « intégration progressive des marchés de l'électricité de l'Algérie, du Maroc et de la Tunisie dans le cadre du marché intérieur de l'électricité de l'Union Européenne » analyse les contextes économique et social qui ont prévalu au cours de la période passée et les évolutions futures plausibles pour le Maroc, en tenant compte ses potentialités mais aussi des opportunités et contraintes qui prévalent aux niveaux régional et international.

L'étude s'est placée dans le contexte des scénarios précités. Chacun d'eux identifie une situation plausible susceptible de cerner les évolutions possibles de la consommation future de l'électricité.

Ces trois scénarios ont été construits sur la base des facteurs déterminants jugés comme facteurs explicatifs de la consommation de l'électricité des différents secteurs.

Ainsi, le scénario de l'émergence se caractérise par une croissance annuelle de 6%, entre 2015 et 2020; le scénario de l'efficacité économique prioritaire impliquerait un taux annuel de croissance de l'énergie nette appelée de l'ordre 7,2% ; le scénario de l'essoufflement connaîtrait un accroissement moyen annuel de 5,2%.

### **Pour l'horizon 2030**

A cet horizon, il est supposé une forme de saturation au niveau d'un certain nombre de secteurs de l'activité économique, une stabilisation de la consommation du secteur résidentiel et des résultats tangibles des effets de la politique de l'efficacité énergétique au niveau de l'ensemble du pays.

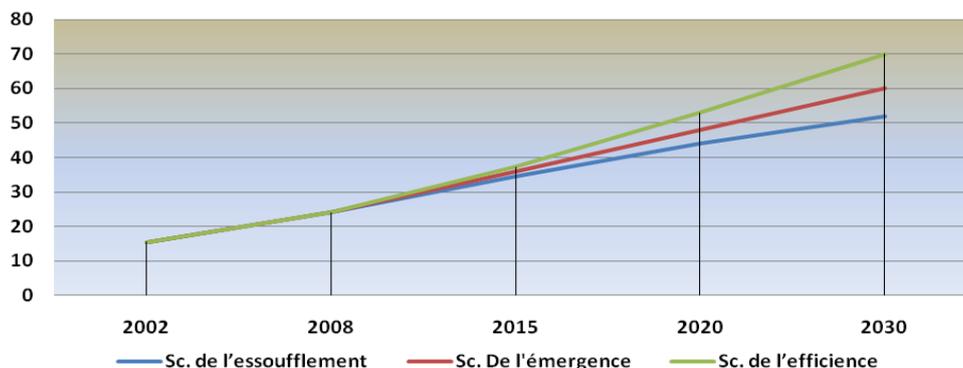
De ce fait, le scénario de l'émergence se limiterait à une croissance de 4,2%/an ; celui de l'efficacité économique prioritaire atteindrait 5,5%/an ; le scénario de l'essoufflement ne dépasserait pas un taux moyen annuel de l'ordre de 3,5%.

Compte tenu de ce qui précède, l'évolution de la consommation aux différents horizons précités se présente en TWh comme suit :

**Tableau 22 - Projection de la demande d'électricité en TWh**

Horizon	2002	2008	2015	2020	2030
Scénario de l'essoufflement	15.5	24	34.6	44	52
Scénario de l'émergence	15.5	24	35.9	48	60
Scénario de l'efficacité	15.5	24	37.3	53	70

**Figure 10 - Projection de la demande d'électricité en TWh**



## Etude de l'offre

Le but recherché est d'élaborer un programme d'équipement en moyens de production pour faire face, au moindre coût et selon des critères prédéfinis de qualité et de continuité de service, à l'évolution de la demande.

L'élaboration du programme d'équipement tient compte de :

- ◆ La poursuite de la mise en valeur des ressources nationales d'énergie primaire,
- ◆ La diversification des sources d'approvisionnement extérieur en combustibles,
- ◆ La recherche de la meilleure efficacité énergétique.

Il est déterminé par la minimisation de la somme des coûts actualisés suivants :

- ◆ Coûts d'investissement,
- ◆ Coûts d'exploitation et de maintenance,
- ◆ Coûts de combustibles,
- ◆ Coût de l'énergie non desservie.

Il tient compte des contraintes et critères ci-après, à savoir notamment :

- ◆ La satisfaction des besoins prioritaires en irrigation et en eau potable,
- ◆ La satisfaction de la demande en énergie,
- ◆ Le suivi des fluctuations de la demande en puissance (Courbe de Charge),
- ◆ les indisponibilités fortuites et programmées,
- ◆ La marge de réserve.

### 3) L'Offre d'énergie électrique

Fin 2008, la puissance totale installée du parc de production est évaluée à 5 292 MW et se compose de centrales en production concessionnelle et d'ouvrages relevant directement de l'Office National de l'Electricité. Le parc existant<sup>2</sup> à cette date est détaillé ci-après.

#### **Ouvrages en production concessionnelle**

- ◆ Centrale de Jorf Lasfar (1 320 MW) : Réalisée dans le cadre de la production concessionnelle d'électricité (IPP) avec garantie d'achat, cette centrale de quatre groupes (4x330 MW), fonctionne au charbon importé.
- ◆ Centrale à cycle combiné de Tahaddart (380 MW) : La centrale de Tahaddart constitue la première centrale au Maroc à utiliser la technologie des cycles combinés fonctionnant au gaz naturel. Cette centrale totalise une puissance nette garantie de l'ordre de 380 MW environ. Son approvisionnement en gaz naturel est assuré par le Gazoduc Maghreb Europe, moyennant une bretelle de 13 Km environ.
- ◆ Parc éolien Abdelkhalek Torrès (54 MW) : Situé dans la région comprise entre Tanger et Tétouan, ce parc a une puissance totale installée de 50 MW environ, sa productibilité moyenne se situe aux alentours de 200 GWH par an.

#### **Ouvrages ONE**

- ◆ Centrales à vapeur (1 065 MW) : Les trois centrales à vapeur totalisent une puissance installée de 1 065 MW dont 600 MW à Mohammedia (4x150 MW, dont 2 fonctionnant au fioul et 2 au charbon), 300 MW à Kenitra (4x75 MW fonctionnant au fioul) et 165 MW à Jerada (3x55 MW fonctionnant au charbon mélangé au petcoke). Ces centrales sont utilisées pour satisfaire les besoins complémentaires en énergie de base après utilisation des centrales de Jorf Lasfar et de Tahaddart.

---

<sup>2</sup> Il s'agit de l'ensemble des centrales électriques relevant de l'Office National de l'Electricité en gestion directe ou déléguée (production concessionnelle) ; les moyens de production autonome ne sont pas compris dans ce parc.

- ◆ Turbines à gaz (615 MW) : Le parc des turbines à gaz est constitué d'unités de 20 et de 33 MW réparties sur l'ensemble du territoire du Royaume, totalisant une puissance installée de 615 MW fonctionnant au fioul. Ces unités sont essentiellement utilisées pour couvrir les besoins de pointe et de secours au réseau national, en cas d'incident important sur les moyens de production.
- ◆ Groupes diesel (69 MW) : Répartis sur plusieurs régions du pays, les groupes diesel portent sur une puissance installée d'environ 69 MW.
- ◆ Parc éolien Amougdoul – Essaouira (60 MW) : Situé à Cap Sim, à 15 km à vol d'oiseau au sud de la ville d'Essaouira. Il est constitué de 71 aérogénérateurs totalisant une puissance de 60 MW.
- ◆ STEP d'Afourer (464 MW) : La Station de Transfert d'Énergie par Pompage consiste à transférer l'énergie des heures creuses, en mode pompage d'un bassin inférieur vers un bassin supérieur qui sert de réservoir pour le turbinage en heures de pointe. Cet ouvrage d'une puissance installée de 464 MW contribue à l'optimisation du coût de production et à la souplesse d'exploitation du système électrique.
- ◆ Parc hydraulique (1 265 MW) : Le parc de production hydraulique est constitué de 26 usines hydroélectriques d'une puissance installée totale de 1 265 MW, associées à des aménagements hydrauliques à buts multiples. La production électrique de ce parc est tributaire des conditions hydrologiques et des besoins en irrigation et en eau potable.

**Tableau 23 - Répartition du parc de production électrique en 2008**

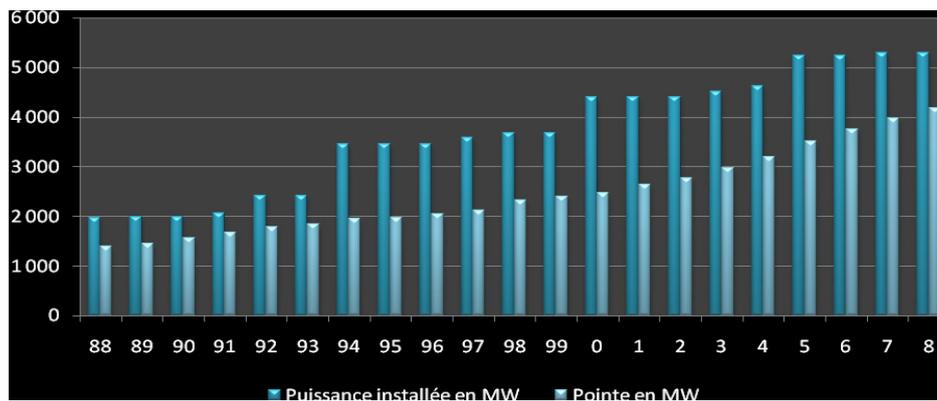
Type d'ouvrages de production	Puissance installée en MW	Part en %
Thermique vapeur charbon	1 785	33.7
Thermique vapeur fioul	600	11.3
Cycle combiné	380	7.2
TAG	615	11.6
Groupes diesel	69	1.3
Hydraulique	1 265	23.9
Eolien	114	2.2
STEP Afourer	464	8.8
Total	5 292	100

**Figure 11 - Répartition de la puissance installée en 2008 en MW**



La puissance installée est passée de 1 971 MW en 1988 à 3 683 MW en 1998, pour culminer à 5 292 MW en 2008. Ce qui s'est traduit par un apport en moyens de production d'une capacité moyenne de 190 MW par an entre 1988 et 1998, et une capacité moyenne de 180 MW par an environ, entre 1998 et 2008. Les capacités additionnelles se réalisent par pallier qu'il plus aisé de visualiser sur la Figure 12.

Figure 12 - Evolution Puissance installée et Puissance maximale appelée à la pointe



### 2.1.1. Nouvelle stratégie électrique

Le secteur électrique marocain est donc confronté à de nombreux défis liés à la sécurité des approvisionnements, à la diversification des sources d'énergie, aux aspects organisationnels et juridiques ainsi qu'à la planification stratégique.

Sur cette base et conformément aux Hautes Orientations du pays, le Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement place la problématique du secteur électrique au centre de ses préoccupations majeures qu'il importe d'aborder dans le cadre d'une vision prospective, l'objectif étant de fixer parmi les priorités l'adoption d'une politique électrique devant générer des plans d'actions articulés autour d'une vision claire de réformes. Ces plans d'actions sont déclinés en mesures concrètes et en projets réalisables. L'objectif global visé est d'assurer à tout moment une offre électrique compétitive, au service de l'économie nationale.

Le Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement a mobilisé un panel très élargi d'experts nationaux et internationaux, ainsi que l'ensemble des acteurs du secteur dans le but d'établir des perspectives documentées et largement partagées sur 4 éléments constituant les fondements de la stratégie électrique nationale :

- L'évolution de la demande nationale, et les principales discontinuités possibles ;
- Les atouts et les contraintes intrinsèques du Maroc ;
- Les caractéristiques économiques et techniques des technologies de production électrique disponibles ;
- L'évolution des coûts des différents combustibles (charbon, gaz, uranium, etc.).

#### **Principes de base pour le choix d'un bouquet électrique**

##### 1) Fondamentaux économiques du secteur électrique

- ◆ Importance fondamentale d'un accès à l'électricité à un coût raisonnable pour le développement économique et social,
- ◆ Focalisation sur les coûts complets dans une perspective nationale de planification à long terme.

##### 2) Ordre de mérite économique des technologies de production

Comparaison des structures de coûts des différentes technologies et positionnement sur l'ordre de mérite de planification long-terme (en isolant l'effet Kyoto, non applicable au Maroc).

##### 3) Approche de portefeuille pour la définition du bouquet électrique

4 critères pour la définition du bouquet :

- ◆ Critère économique : Satisfaction de la demande, y compris marge de sécurité, au coût complet le plus bas,
- ◆ Critère stratégique : Sécurité d'approvisionnement en volume et prix,

- ◆ Critère environnemental : Développement durable pérenne et engagement vis-à-vis des risques environnementaux,
- ◆ Critère politique : Choix du degré de dépendance et des pays par rapport auxquels elle est pratiquée.

### **Principaux enjeux et atouts structurels en termes d'approvisionnement électrique**

#### 1) Enjeux

- ◆ Dépendance structurelle du Maroc de l'importation des combustibles utilisés pour l'électricité (93%),
- ◆ Difficulté pour l'obtention de sites pour les centrales électriques en raison d'une compétition intense avec le secteur touristique.

#### 2) Atouts

- ◆ Non ratification par le Maroc de l'Annexe I du Protocole de Kyoto,
- ◆ Gisement important de ressources énergétiques renouvelables et présence de sources primaires exploratoires (Schistes-Uranium) pour exploitation à moyen/long-terme,
- ◆ Positionnement géographique entre 2 grands marchés respectivement électrique et gazier (Espagne et Algérie).

### **Les opportunités à saisir**

#### 1) Gisement en éolien important

- ◆ Un potentiel éolien de 6 000 MW sur les sites étudiés (1,5 fois la demande en pointe), estimé à près de 25 000 MW sur l'ensemble du territoire,
- ◆ Une distribution importante sur l'ensemble du territoire permettant d'alimenter des régions reculées non interconnectées au réseau.

#### 2) Gisement solaire considérable

- ◆ Avec plus de 3 000 h/an d'ensoleillement, soit une irradiation d'environ 5 kWh/m<sup>2</sup>/an, le Maroc jouit d'un gisement solaire considérable (moyenne équivalente à l'Europe du sud),
- ◆ Potentiel particulièrement important dans les régions mal desservies en réseau et capacités de production électriques,
- ◆ Coût particulièrement optimal (9% inférieur au coût de référence).

#### 3) Schistes bitumineux : le Maroc au 4ème rang mondial en ressource de cette matière

- ◆ Réserves avérées considérables, mais investigation encore limitée de leur potentiel comme combustibles pour la production d'électricité,
- ◆ Qualité calorifique du schiste marocain relativement moyenne (meilleure à Timahdit) en raison de sa faible concentration en huile et son humidité importante. Néanmoins affleurement à proximité des côtes d'où un coût d'extraction et de transport relativement limité.

#### 4) Positionnement géographique entre deux grands marchés : opportunité d'arbitrage intéressante pour le Maroc.

### **Développement d'un portefeuille pragmatique et viable économiquement : lignes de forces**

- ◆ Cas de base : Choix prioritaire du charbon comme technologie de base et optimisation des ressources en gaz disponibles,
- ◆ Scénarii alternatifs : Développement du gaz comme source plus importante pour la base, en cas d'accès économique et sécurisé à la molécule,
- ◆ Développement de l'éolien sur une base marché,
- ◆ Organisation des interconnexions entre l'Espagne et l'Algérie à hauteur de 20% de la capacité installée,
- ◆ Optimisation des ressources hydro-électriques,

- ◆ Programme de schistes bitumineux. Arbitrages à horizon 2013 (veille, pôle de compétence, faisabilité 2025),
- ◆ Développement d'un programme solaire ciblé,
- ◆ Investigation du potentiel des biomasses,
- ◆ Extension multi-annuelle du programme de rationalisation de la consommation électrique,
- ◆ Lancement de 3 initiatives d'efficacité énergétique au niveau national.

### **2.1.2. Satisfaction de la demande pour la période 2009-2016**

Pour satisfaire la demande en électricité, l'ONE a programmé la réalisation des ouvrages cités ci-après :

#### **Centrale thermo solaire de Aïn Beni Mathar (ABM)**

Le projet est situé à Aïn Beni Mathar, à 86 Km au sud de la ville d'Oujda, sur une superficie totale de 160 ha comprenant le champ solaire, les deux turbines à gaz, les deux chaudières de récupération, la turbine vapeur, le bassin d'évaporation des eaux de rejet, le poste 225 kV d'évacuation d'énergie, le poste 60/6.6 kV de secours et les locaux annexes.

Le champ de miroirs cylindro-paraboliques s'étale sur une surface de 183 000 m<sup>2</sup>. Le cycle combiné fonctionnera au gaz naturel, véhiculé par le Gazoduc Maghreb Europe (GME), et avec l'énergie thermique en provenance du champ solaire.

La puissance nette est de 472 MW, dont la part solaire représente 20 MW. Le productible annuel est de 3 540 GWh, dont 40 GWh d'origine solaire.

#### **Turbines à gaz de Mohammedia et groupes diesel de Tan Tan**

Il s'agit d'un parc de turbines à gaz et de groupes diesels totalisant une puissance de 416 MW (116 MW à Tan Tan en groupes diesel et 3x100 MW en TAG Mohammedia).

#### **Groupes diesel d'Agadir**

4 groupes diesel de 18 MW.

#### **Groupe diesel à Dakhla**

1 groupe diesel de 16 MW.

#### **Turbines à gaz de Kenitra**

Des turbines à gaz d'une puissance totale de 300 MW.

#### **Extension de la centrale de Jorf Lasfar**

2 unités 5 et 6 fonctionnant au charbon, d'une puissance brute de 350 MW environ chacune.

#### **Centrale au charbon à Safi**

Centrale thermique à charbon, d'une puissance totale de 1 320 MW.

#### **Complexe Hydroélectrique de Tanafnit - El Borj**

Le site de ce complexe est situé près des sources d'Oum Er Rabiû, dans la Province de Khénifra, à 40 Km au Nord-Est de cette ville. La puissance installée de ce complexe est de 40 MW avec un productible moyen annuel de 210 GWh.

### **Station de Transfert d'Énergie par Pompage de Abdelmoumen**

Le site de l'aménagement du barrage Abdelmoumen permet d'installer une centrale de pompage turbinage d'une puissance de 300 MW. Les performances attendues du projet sont les suivantes :

- ◆ Production turbinage annuelle : 560 GWh,
- ◆ Consommation pompage annuelle : 720 GWh,
- ◆ Rendement du cycle : 0,76.

### **Projet hydroélectrique de MDEZ et EL MENZEL**

La chute hydro-électrique de M'DEZ et El MENZEL constitue un des paliers de l'aménagement du Haut Sebou, qui fait lui-même partie de l'aménagement de l'ensemble Sebou-Inaouène-Ouergha, conçu pour la satisfaction des besoins de la région en eau d'irrigation, eau potable et en énergie. La puissance installée globale est évaluée à 200 MW.

### **Parc éolien de Tanger**

Ce parc éolien, d'une capacité de 140 MW, est composé d'aérogénérateurs d'une puissance nominale unitaire de 850 kW. La puissance installée du parc est répartie entre les deux sites de Dhar Saadane et Beni Mejmel, situés respectivement à 22 Km au Sud Est de Tanger et à 12 km à l'Est de Tanger, à vol d'oiseau.

### **Parc éolien de Tarfaya**

Le parc de Tarfaya est situé dans la région Addwikhia, à 2 Km au sud de la ville de Tarfaya sur la côte Atlantique longeant la route reliant Tarfaya à Laâyoune. Ce projet est constitué d'une centrale éolienne de 300 MW qui sera développée par un opérateur privé dans le cadre d'un contrat avec garantie d'achat pour une durée de vingt ans.

### **Parcs éoliens dans le cadre de l'offre de service EnergiPro**

Dans le cadre de la stratégie gouvernementale visant l'encouragement et la promotion des énergies renouvelables pour atteindre 20% du bilan électrique au stade 2012, l'ONE a lancé l'initiative, baptisée « Initiative 1 000 MW éolien », consistant à développer une capacité éolienne de 1 000 MW à l'horizon 2012, dans l'objectif de renforcer la capacité de production électrique tout en valorisant le potentiel éolien dont dispose le Maroc.

En vue de faciliter la mise en œuvre de cette initiative, tout en permettant aux clients Grands Comptes d'accéder à la production d'énergie renouvelable, l'ONE a également, mis en place une offre de service « EnergiPro » qui offre aux grandes industries de développer et de financer, pour leurs besoins de consommation, des projets de production d'électricité à base d'énergies renouvelables en auto production.

Dans le cadre de cette offre, et conformément aux dispositions réglementaires en la matière (Loi 16-08), l'ONE s'engage à assurer le transport de l'électricité produite entre le site de production et le site de consommation, moyennant le paiement d'une rémunération de transport, d'une part, et à racheter l'excédent produit et non consommé par les auto-producteurs, d'autre part.

### **Projets de réhabilitation du parc de production existant**

Pour la fiabilisation de son outil de production, l'ONE a lancé plusieurs projets de réhabilitation concernant, notamment, les tranches au charbon de Mohammedia, le parc des turbines à gaz, les unités de la centrale de Jerada ainsi que les ouvrages hydrauliques.

### **Gestion des ouvrages hydroélectriques**

L'ONE a entrepris un certain nombre d'actions, en coordination avec la Direction Générale de l'Hydraulique et les agences de bassin, pour l'équipement de nouveaux ouvrages et la gestion des ouvrages hydroélectriques existants dans le but de :



### 2.1.3. Satisfaction de la demande au-delà de 2016

Au-delà de 2016, les diverses filières de production d'électricité seront étudiées et les moyens nécessaires à mettre en œuvre seront décidés au moment opportun, qu'il s'agisse des parcs éoliens, du solaire, des centrales à charbon ou à base de gaz naturel ou lors des aménagements hydroélectriques.

Pour l'éolien, les pouvoirs publics continueront à lancer des projets de ce type de production d'énergie propre en veillant à respecter leur taux d'intégration dans le réseau électrique.

Pour le solaire, le Maroc s'engage à participer au Plan Solaire Méditerranée, dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée, avec des projets de grande envergure. Dans ce cadre, un projet intégré de production électrique à partir de l'énergie solaire, appelé " Projet Marocain de l'Energie Solaire ", a été lancé en novembre 2009 par les hautes autorités du pays. Ce projet s'inscrit dans le cadre de la stratégie énergétique qui accorde une priorité au développement des énergies renouvelables et au développement durable. Il vise la mise en place à l'horizon 2020 d'une capacité de production totale de 2 000 MW sur cinq sites : Ouarzazate, Ain Beni Mathar, Foum Al Oued, Boujdour et Sebkhatah. Cette capacité représente 38% de la puissance totale installée fin 2008 et 14% de la puissance électrique à l'horizon 2020.

C'est une initiative de très grande envergure dont le coût d'investissement est estimé à 9 milliards de dollars environ. Ce projet contribue à réduire de façon substantielle la facture et la dépendance énergétiques du pays ainsi que les émissions CO<sub>2</sub>, pour assurer un développement socio économique durable.

Concernant le gaz naturel, les pouvoirs publics marocains envisagent toutes les opportunités pour le développement de l'utilisation de ce combustible, que ce soit l'utilisation du gaz de redevance du Gazoduc Maghreb Europe, ou l'option de Terminal Gazier ou celle d'une digue à Tanger.

L'option nucléaire n'est pas quant à elle occultée et se justifierait par le fait que le Maroc importe la quasi-totalité de ses besoins en énergies primaires (charbon, pétrole et gaz naturel) et en raison également des montants, de plus en plus importants, qui sont consentis pour faire face à la facture énergétique. Ainsi, les pouvoirs publics marocains se penchent sur l'actualisation des études de faisabilité réalisées depuis plus de vingt ans, en intégrant les données économiques actuelles et l'évolution de la technologie des réacteurs nucléaires qui seraient compatibles avec la taille du réseau électrique marocain.

Par ailleurs, et compte tenu des réserves importantes dont dispose le Maroc en schistes bitumineux, ce pays envisage la réalisation d'une centrale de près de 100 MW brûlant ce type de combustible. Le site choisi pour l'implantation de la centrale, d'une superficie d'environ 12 ha, se trouve en bordure de l'océan, à environ 38 km à l'Est de la ville de Tarfaya. Cet ouvrage doit être réalisé par une société de projet, dans le cadre de la production privée d'électricité.

## 2.2. Les énergies renouvelables

D'ici 2012, la part des énergies renouvelables devrait représenter près de 10% du bilan énergétique et près de 20 % de l'énergie électrique appelée, en mettant en service de nouvelles centrales totalisant 1 440 MW en éolien et 400 MW en hydroélectricité ainsi qu'en déployant 400 000 m<sup>2</sup> de panneaux solaires nouveaux.

A l'horizon 2020-2030, tout le potentiel éolien réalisable, estimé à 7 000 MW, pourrait être exploité, en fonction de la qualification des sites et des incitations qui seraient octroyées. D'ici 2020, le solaire sera développé en généralisant les chauffe-eau solaires avec l'extension des panneaux solaires qui couvriront 1 700 000 m<sup>2</sup>, en augmentant les productions du photovoltaïque et des centrales à concentration solaire pour atteindre respectivement 1 080 MW et 400 MW. La puissance hydroélectrique installée sera portée de 1 730 MW actuellement à 2 700 MW par la construction de nouveaux barrages et de stations de transfert d'énergie par pompage.

### 2.2.1. Préambule

Le développement des énergies renouvelables est une composante majeure de la nouvelle stratégie énergétique du Maroc qui vise à sécuriser l'approvisionnement, à assurer la disponibilité et à réduire la dépendance en énergie de la nation.

Le Maroc dispose d'un potentiel important en énergies renouvelables dont l'exploitation permettra de couvrir une part substantielle de ses besoins énergétiques croissants et de contribuer à la protection de l'environnement en se substituant aux énergies fossiles.

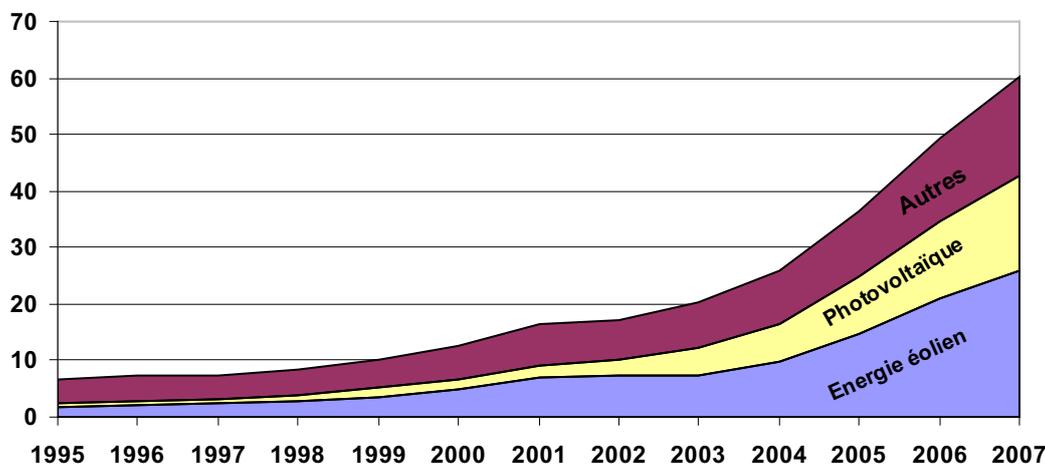
La contribution des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique sera progressive en fonction de la maturité des technologies et de la compétitivité de leur coût de production.

### 2.2.2. Tendances internationales

Un marché mondial favorable :

- Un contexte favorable au développement des énergies renouvelables :
  - Technologies en développement continu, tendant à réduire les coûts d'investissement et d'exploitation, et à produire des kWh ou des BTU compétitifs,
  - Incertitudes et forte volatilité des combustibles fossiles,
  - Sensibilité à l'environnement et lutte contre le réchauffement climatique,
- Un coût de revient par MW compétitif pour certaines filières (notamment l'éolienne) et tendance à la baisse à moyen et long terme pour d'autres,
- Un marché à fort potentiel pour : l'éolien, le solaire thermique et le photovoltaïque,
- Plus de 60 Milliards \$ US investis en 2007 dans des projets ER dans le monde<sup>3</sup>,
- Un marché des émissions CO<sub>2</sub> d'environ 233 milliards \$ à l'horizon 2050 (contre 60 en 2007),

Figure 14 - Investissement annuel dans des nouvelles capacités d'énergies renouvelables (en milliards USD, à l'exclusion des grandes centrales hydro-électriques)



- La puissance totale installée fin 2007, toutes filières confondues, est estimée à près de 240 GW, hors grande hydraulique, soit près de 6% de la capacité électrique mondiale,
- Les parcs éoliens totalisent en 2007 près de 100 GW, avec une croissance annuelle moyenne de 25%,
- 50 millions de foyers dans le monde disposent de systèmes solaires de chauffage d'eau, dont 65% en Chine, la croissance annuelle de ce marché se situant entre 15 et 20%,
- 2 millions de pompes à chaleur géothermiques sont installées,
- Le solaire PV connecté au réseau se développe de plus en plus,

<sup>3</sup> Réf REN21

- La production de biodiesel est en cours de développement.

Le flux annuel d'investissement dans les technologies « Energie Renouvelable » par période en milliards US\$<sup>4</sup> est le suivant :

**Tableau 24 - Les flux annuels d'investissement dans les technologies d'Energie Renouvelable**

	2003-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2040	2040-2050
Hydro	41.7	34.1	24.7	24.1	20.6
Éolien	19.8	79.4	84	36.7	41.6
Photovoltaïque	11	35.2	79.4	78.3	77.3
Solaire thermique	0.7	11.3	43.6	49	49.7
Océanique	1.1	2.8	2.7	3.1	2.7
Total	74.3	162.8	234.4	191.2	191.9

Mécanismes de financement et d'incitation :

- Un tarif de rachat garanti et des certificats verts,
- Un système des quotas obligatoires de production d'énergie propre,
- Un système de Net Metering (facturation nette de l'énergie) favorable : engagement de reprise du différentiel achat/excès intégré au réseau,
- Un Mécanisme de Développement Propre (MDP) permettant le financement des projets, à travers le système d'échange de crédits carbone, dans une fourchette de 5 à 15% de l'investissement,
- Des subventions et fonds de garantie : le GEEREF (fonds mondial de capital risque), doté initialement de 100 millions d'euros pour soutenir l'investissement privé dans les pays en développement ; un fonds international USA pour les énergies propres avec une mise initiale de 2 milliards \$ US ; l'initiative du Ministère Fédéral Allemand pour la protection du climat : 400 millions d'euros dont 120 millions d'euros dédiés au volet international,
- Des crédits et provisions d'impôts,
- Des dispositifs bonus/subvention – malus/taxation pour favoriser les performances énergétiques.

### **2.2.3. Contexte marocain : dynamique de valorisation**

Un gisement considérable.

#### **Eolien**

Un potentiel éolien estimé à près de 25 000 MW sur l'ensemble du territoire, dont 6 000 MW sur les sites étudiés (1.5 fois la demande en pointe),

Les vitesses du vent varient de 9,5 à 11 m/s à 40m de hauteur à Essaouira, Tanger et Tétouan, et de 7,5 à 9,5 m/s à Tarfaya, Dakhla, Taza et Laâyoune.

Une distribution importante sur l'ensemble du territoire permet d'alimenter des régions reculées non interconnectées au réseau.

<sup>4</sup> Etude Ernst&Young sur la technopole de Oujda, doc support, 5 janvier 2009.

## Solaire

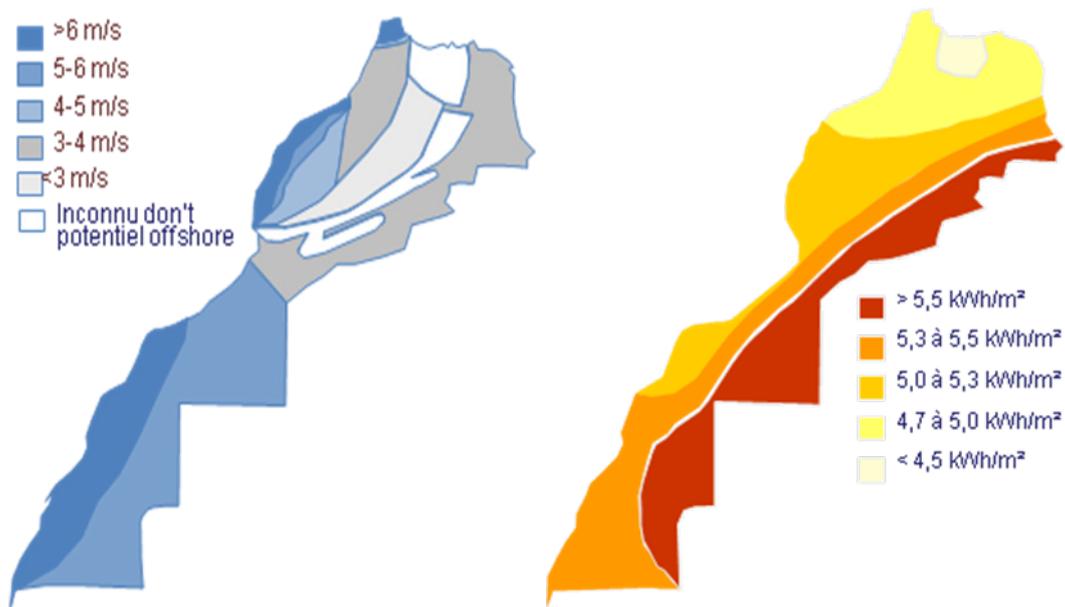
Avec plus de 3 000 h/an d'ensoleillement, soit une irradiation d'environ 5 kWh/m<sup>2</sup>/an, le Maroc jouit d'un gisement solaire considérable (moyenne équivalente à l'Europe du sud). Ce potentiel est particulièrement important dans les régions mal desservies en réseau et capacités de production électriques.

Le coût s'avère optimal (9% inférieur au coût de référence).

## Biomasse

Grand potentiel notamment au niveau des déchets ménagers et agricoles, des algues en mettant à profit les 3 500 Km de côtes du Royaume et d'autres plantes grasses.

Figure 15 – Potentiel en biomasse et potentiel éolien

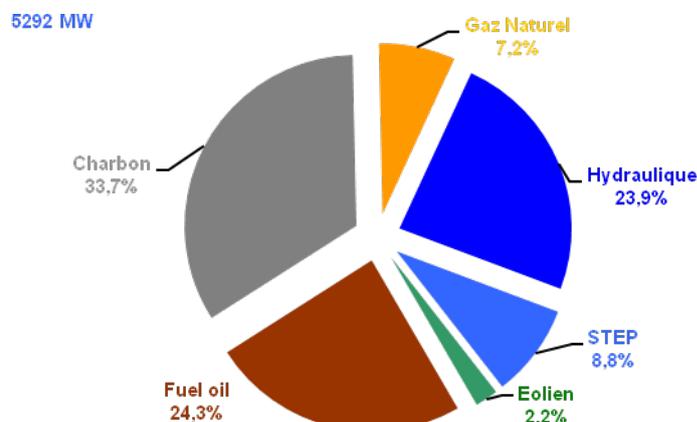


### 2.2.4. Dynamique de valorisation

#### Pour l'éolien

En 2008, la puissance installée au Maroc s'est élevée à 5 292 MW, l'éolien ne représentant que 2,2% du total. A titre d'illustration, la répartition des capacités installées en 2008 est présentée ci-dessous.

Figure 16 - Répartition des capacités installées en 2008



### Pour le solaire

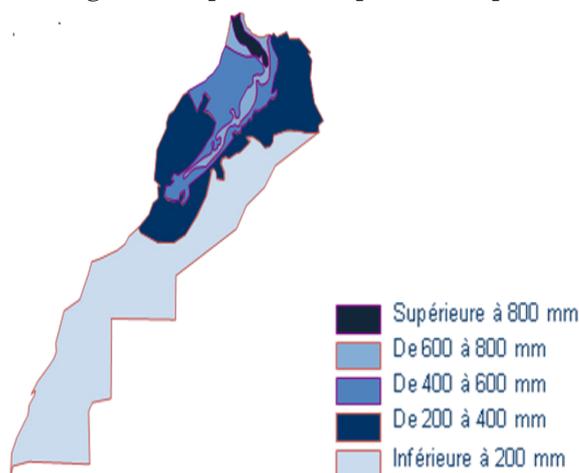
Les réalisations ont touché le solaire thermique et le solaire photovoltaïque. L'analyse de l'évolution du parc national de capteurs solaires fait ressortir une courbe de forme exponentielle : les réalisations sont passées de 4 475 en 1994 à 40 332 en 2000, pour culminer à 240 000 en 2008. Pour ce qui est du solaire photovoltaïque, le nombre de foyers bénéficiaires était de 1 500 en 1988, puis il est passé à 5 070 en 2003, pour atteindre 6 790 en 2008.

### Pour l'hydraulique

L'hydraulique est caractérisée par une pluviométrie limitée et une diminution du niveau de remplissage des barrages. 85% de la superficie du Royaume reçoit moins de 300 mm par an.

Le total des capacités des usines hydroélectriques est passé de 317 MW en 1956, à 363 MW en 1972, puis à 963 MW en 2003 et à 1 265 en 2008. La station de pompage et de turbinage présente quant à elle une puissance de 464 MW. Si la capacité hydroélectrique va en augmentant, l'évolution de la part de l'énergie électrique produite de ces usines dans la production globale d'électricité va en diminuant. Ainsi, la part de l'électricité hydraulique qui était de 80 % en 1956, est tombée à 54% en 1970, puis 28% en 2003, pour ne représenter qu'environ 7% actuellement.

Figure 17 - Répartition de la pluviométrie par zone



### 2.2.5. Portefeuille de projets

#### Eolien : projets réalisés ou planifiés

Tableau 25 : Projets réalisés ou planifiés en éolien

Date d'installation	Parc installé ou planifié	Capacité installée (MW)
2000	A.Torrès Tétouan	54
2007	Cap Sim essaouira	60
2009	Tanger tétouan	140
2010	Energipro	200
2010	Tarfaya1	200
2011	Tarfaya2	100
2011	Energipro	400
2012	Energipro	400
Total	-	1 554

## Solaire : projets réalisés ou planifiés<sup>5</sup>

Tableau 26 - Projets réalisés ou planifiés en solaire

Date d'installation	Parc installé ou planifié	Capacité installée
2008	Solaire PV	9 MW
2008	Solaire therm	200 000 m <sup>2</sup>
2009	Solaire TH Ain B.Mathar	20 MW
2012	Solaire TH CES	240 000 m <sup>2</sup>
2012	Solaire PV	10 MW <sup>6</sup>
2012	Biomasse	200 MW

## Contribution des énergies renouvelables en 2007<sup>7</sup>

Tableau 27 - Contribution des énergies renouvelables

Application	Capacité installée	Productible électrique ou équivalent (GWH)
Solaire PV	9 MW	16.3
Solaire Th	200 000 m <sup>2</sup>	85.66
Eolien	124 MW <sup>8</sup>	460
Biomasse	3 000 m <sup>3</sup>	0.26
MCH	150 KW	1.3
Total	-	563.52

La contribution de la grande hydraulique (GH) est évaluée à 902 GWh en 2007, celle des énergies renouvelables à 1 465 GWh, ce qui donne une part de 4% du bilan énergétique du Maroc.

### **2.2.6. Contraintes au développement des énergies renouvelables**

#### **Constat**

- Capacités de développement des projets des Energies Renouvelables très limitées par rapport au potentiel identifié,
- Contribution marginale de fonds étrangers,
- Incitation limitée de la part des pouvoirs publics.

#### **Contraintes**

- Absence de cadre législatif et réglementaire relatif au développement des énergies renouvelables,
- Faible considération des ER par les programmes nationaux de développement et d'infrastructure,
- Concurrence des énergies subventionnées : ex du butane et du fioul,
- Faible niveau d'information et de sensibilisation du grand public,
- Absence de la recherche et développement, base d'innovation et d'adaptation technologiques,
- Approche « projet » ne favorisant pas une bonne visibilité pour les investisseurs potentiels et le déploiement de mécanismes financiers adéquats,
- Allocations budgétaires et incitations financières ou fiscales insuffisantes pour un réel développement des valeurs ajoutées économique, sociale et environnementale des énergies renouvelables.

<sup>5</sup> ER Décentralisée + Equipement de villes nouvelles (Tamesna, Lakhyayta, etc.).

<sup>6</sup> Non tenu compte de plan solaire traité plus loin.

<sup>7</sup> Source CDER.

<sup>8</sup> Dont 10 MW au niveau de Lafarge.

### 2.2.7. Stratégie de développement des énergies renouvelables

La nouvelle vision énergétique s'articule autour des points suivants :

- Energies Renouvelables : un objectif majeur de la Nouvelle Stratégie Energétique,
- Un mix énergétique national diversifié et visant le développement des ER sur une base marché autour de 4 axes:
  - Développement progressif des contrats d'achat d'électricité (PPA),
  - Promotion et développement de projets d'envergure pour l'exportation de l'énergie verte,
  - Développement de l'autoproduction,
  - Renforcement de la capacité du réseau électrique,
- Contribution à la réduction de la dépendance énergétique,
- Expansion maîtrisée des ressources énergétiques pour soutenir le développement économique,
- Positionnement du Maroc sur les marchés régional et international des ER et EE,
- Développement d'une industrie des équipements et des installations des ER.

### 2.2.8. Les objectifs de la nouvelle stratégie

- Contribution à la diversification et à la sécurisation des approvisionnements,
- Développement humain durable : accès généralisé à l'énergie et création d'activités génératrices de revenus,
- Maîtrise des coûts de l'énergie pour la compétitivité de la production nationale,
- Optimisation de la courbe de charge électrique,
- Protection de l'environnement : maîtrise de la croissance des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES) dont 60% est d'origine énergétique,
- Préservation des ressources naturelles : eaux, couvert forestier, biodiversité, lutte contre la désertification,
- Promotion économique et investissements,
- Essor industriel d'une nouvelle filière, un positionnement régional à gagner,
- Mobilisation accrue de la coopération internationale et renforcement des partenariats régionaux (euro-méditerranéen, africain, arabe).

### 2.2.9. Vision 2020

#### **Eolien : filière compétitive**

- Vitesse moyenne du vent qui dépasse 9m/s à 40 mètres de hauteur dans plusieurs régions,
- Potentiel réalisable (2013-2020)<sup>9</sup> : 1 300 MW<sup>10</sup>,
- 9 millions tonnes/an CO2 évitées,
- 2.6 millions TEP/an économisées,
- 8 500 créations d'emplois.

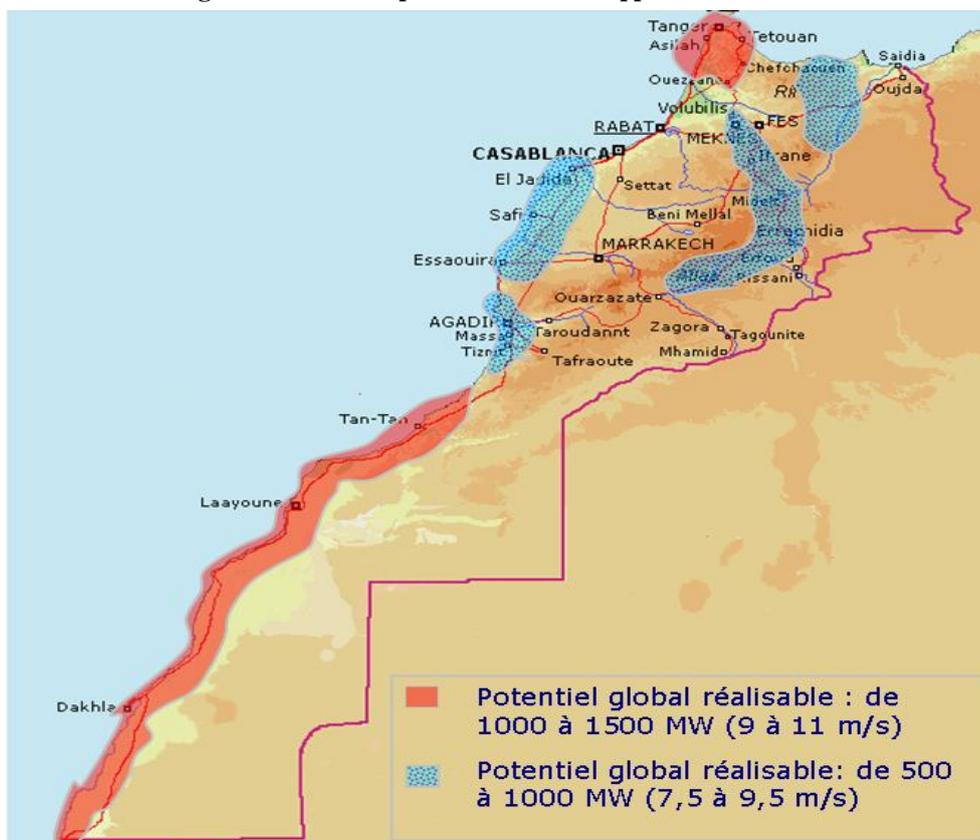
---

<sup>9</sup> Source CDER/GTZ.

<sup>10</sup> Nécessité de renforcement de la capacité du réseau électrique.

La carte suivante localise les zones potentielles de développement de cette filière énergétique.

Figure 18 - Les zones potentielles de développement de l'éolien



### Solaire : source de l'avenir

Potentiel réalisable :

- PV : 1 080 MW<sub>c</sub>,
- CES : 1 260 000 m<sup>2</sup>,
- CSP : 2 000 MW,
- 3 millions tonnes/an CO<sub>2</sub> évitées,
- 925 milles TEP/an économisées,
- 12 920 emplois créés.

Concernant particulièrement le CSP, le Maroc s'engage à participer au Plan Solaire Méditerranée, dans le cadre de l'Union pour la Méditerranée, avec des projets de grande envergure. Dans ce cadre, un projet intégré de production d'électricité à partir de l'énergie solaire, appelé "Projet Marocain de l'Energie Solaire" a été lancé en novembre 2009 par les hautes autorités du pays. Ce projet s'inscrit dans le cadre de la stratégie énergétique qui accorde une priorité au développement des énergies renouvelables et au développement durable. Il vise la mise en place à l'horizon 2020 d'une capacité de production totale de 2 000 MW. Cette capacité représente 38% de la puissance totale installée fin 2008 et 14% de la puissance électrique à l'horizon 2020.

C'est une initiative de très grande envergure dont le coût d'investissement est estimé à 9 milliards de dollars environ. C'est un projet qui contribue à réduire de façon substantielle la facture et la dépendance énergétiques du pays ainsi que les émissions CO<sub>2</sub>, pour assurer un développement socio économique durable.

Les projets de centrales solaires seront construits à Ouarzazate, Ain Béni Mathar, Foum Al Oued, Boujdour et Sebkhath Tah.

Les caractéristiques de ces projets sont récapitulées ci-après :

Tableau 28 - Caractéristiques des projets futurs d'énergie solaire

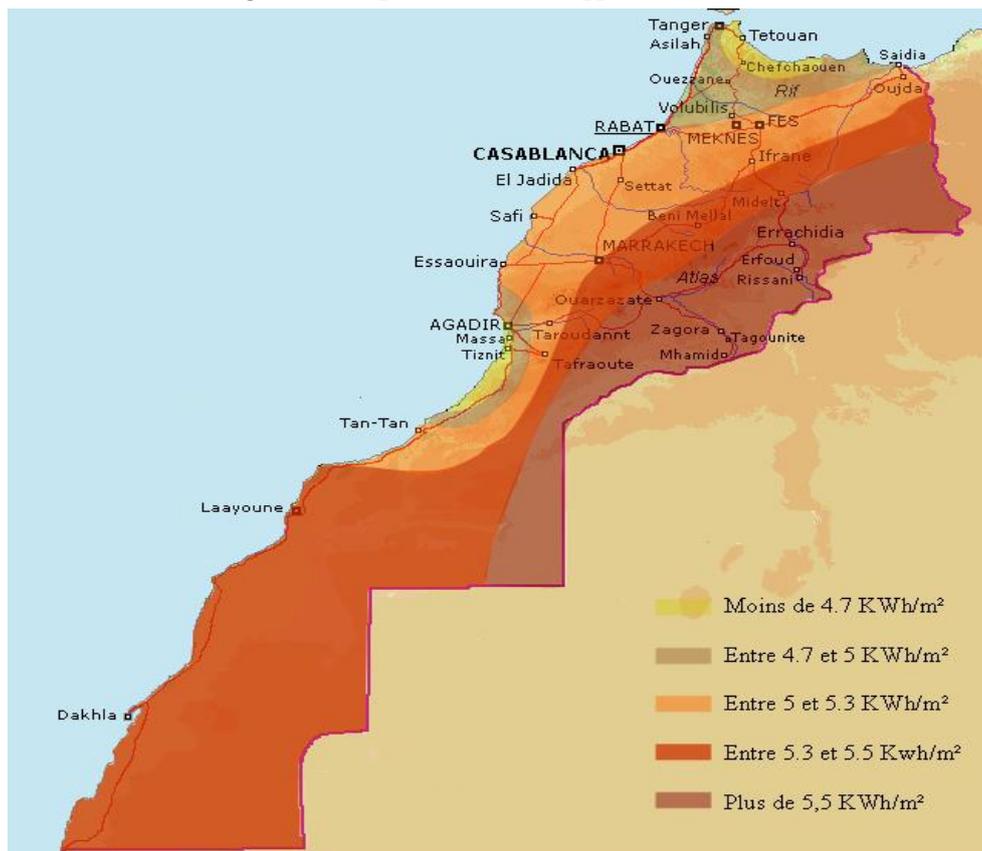
Projet	Superficie (ha)	Puissance (MW)	Production (GWh/an)	DNI (kWh/m <sup>2</sup> /an)
Ouarzazate	2 500	500	1 150	2 635
Aïn Béni Mathar	2 000	400	835	2 290
Foum Al Oued	2 500	500	1 150	2 628
Boujdour	500	100	230	2 642
Sebkhath Tah	2 500	500	1 040	2 140

Ces projets permettront de réaliser :

- 3,7 millions de tonnes/an de CO<sub>2</sub> évitées (peut-être à valoriser pour la filière et à considérer comme coût externe supplémentaire pour la filière concurrente),
- Economie annuelle de 1 million de TEP, soit près de 335 millions d'euros.

La carte ci-dessous donne le potentiel de développement de cette source énergétique exprimé en kWh/m<sup>2</sup>.

Figure 19 - Les potentiels de développement du solaire



Pour le solaire thermique à basse température, les objectifs de 2020 s'établissent comme suit :

Tableau 29 - Objectif du solaire thermique à basse température

Horizon	Objectif m <sup>2</sup>	énergie produite GWh/an	énergie équivalente tep	CO2 évité T/an	Puissance épargnée MW	Création d'emplois
2020	1 260 000	1 154	75 600	682 000	400	680

S'agissant du photovoltaïque, les objectifs affichés sont intéressants, mais il est possible qu'ils soient revus au regard des dernières décisions de développement de la production d'électricité à grande échelle (CSP : 2 000 MW à l'horizon 2020). Les objectifs initiaux sont rappelés toutefois ci-après :

Tableau 30 - Le solaire PV pour les applications décentralisées

Horizon	Puissance électrique (MW)	Energie (tep)	Investissement (M Mad)	CO2 évité (T)	Emplois créés
2020	80	35 000	9 600	90 000	5 000 emplois

Tableau 31 - Le solaire PV connecté au réseau

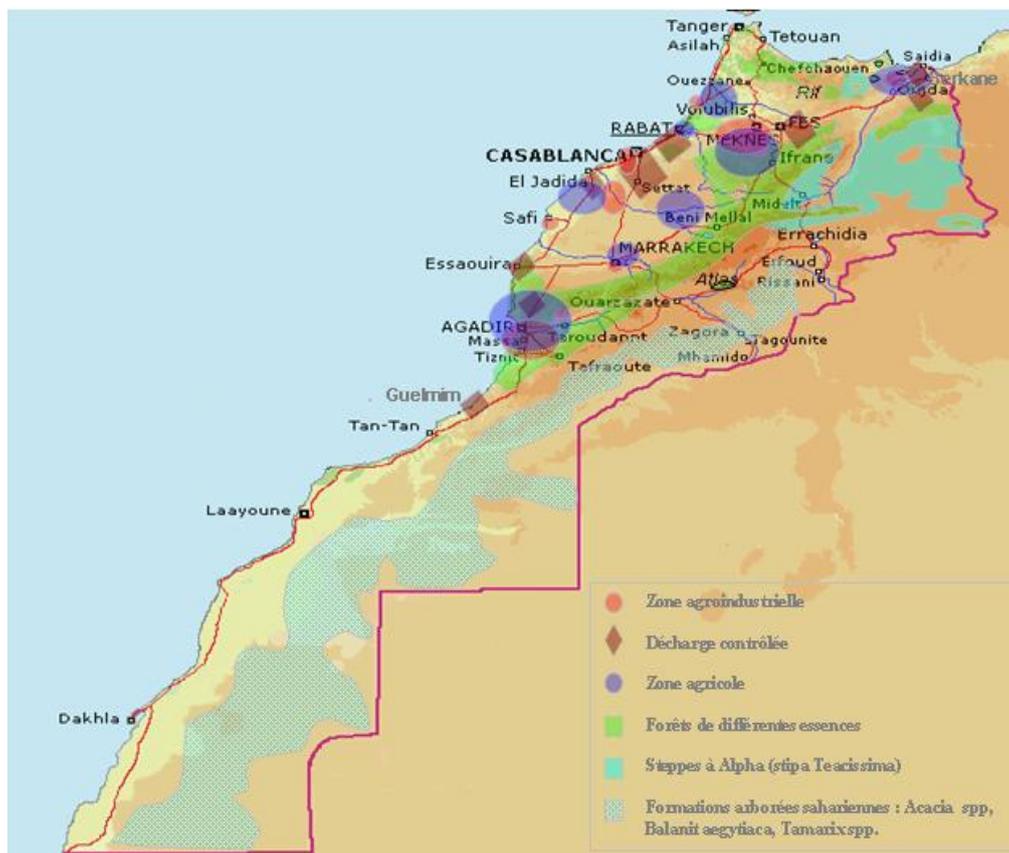
Horizon	Puissance électrique (MW)	Energie (tep)	Investissement (M Mad)	CO2 évité (T)	Emplois créés
2013- 2020	1 000	375 000	40 000	1 125 000	5 000 emplois

### Biomasse : un potentiel insoupçonné

Le potentiel réalisable est estimé à 950 MW permettant d'atteindre 4,8 millions de tonnes par an de CO2 évitées et 2,1 millions de TEP/an économisées ainsi que la création de 2 200 emplois.

Les zones à fort potentiel de développement de cette ressource sont localisées sur la carte suivante :

Figure 20 - Les zones à fort potentiel de développement de la biomasse



Les objectifs à l'horizon 2020, avec ou sans plantes à utilisation énergétique, sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau 32 - Objectifs à l'horizon 2020

Scénario	Puissance électrique (MW)	Energie économisée (Tep/an)	Mrd MAD	CO2 (MT)	Emplois créés
Sans les plantes à utilisation énergétique	500	1 130 000	10	2.5	1 100
Avec les plantes à utilisation énergétique	950	2 150 000	21	4.8	2 100

### 2.2.10. Mesures d'accompagnement

Les mesures d'accompagnement s'appuient sur trois principaux volets :

#### **Fonds de développement énergétique :**

- Création d'un Compte d'Affectation Spécial (CAS) (Loi de finances 2009).

Les ressources sont de 1 milliard USD, réparties comme suit :

- Dons : 800 millions USD,
- Fonds Hassan II: 200 millions USD.

#### **Utilisation par voie conventionnelle**

Les objectifs sont :

- Renforcement et préservation des capacités de production énergétique à partir notamment des énergies renouvelables et visant la réduction de la dépendance énergétique,
- Appui financier pour :
  - Renforcement de l'efficacité énergétique,
  - Études et assistance technique,
  - Soutien aux entreprises des services énergétiques.

#### **Nouveau cadre législatif et réglementaire**

- Nouvelle loi visant le développement des énergies renouvelables à grande échelle à travers notamment :
  - La mise en place d'un régime juridique pour les énergies renouvelables,
  - Le droit d'accès des développeurs privés au réseau de transport,
  - Le droit des développeurs à approvisionner le marché national,
  - Le droit des développeurs à exporter l'énergie électrique produite,
- Texte de loi réorganisant le CDER en Agence pour le Développement des énergies renouvelables et l'efficacité énergétique.

#### **Recherche et développement**

Levier important de développement des énergies renouvelables (ER) :

- Développer les ER au Maroc à travers la recherche scientifique pour constituer un savoir faire permettant de développer les technologies des ER,
- Utiliser la technologie propre afin de renforcer l'efficacité énergétique (EE),
- Encourager le transfert de technologie à travers les universités et les centres de recherche,
- Encourager la création de pôles de compétences en EE et ER,
- Mettre en place de plates formes technologiques régionales dédiées à l'EE et aux ER,
- Mettre en place des mécanismes de soutien à la recherche et au développement dans les ER,

- Créer un prix spécial dédié au meilleur projet de recherche en ER.

## 2.3. L'efficacité énergétique

L'efficacité énergétique constitue incontestablement une quatrième énergie après les énergies fossiles, les énergies renouvelables et l'énergie nucléaire. L'ambition du Maroc est de réaliser une économie de 12 à 15% de sa consommation énergétique à l'horizon 2030.

Toutefois, il ne s'agit nullement de consommer moins d'énergie, il s'agit de consommer mieux. En effet, ce pays connaît depuis plusieurs années un rythme de croissance soutenu grâce à la dynamique enclenchée par les nombreux grands chantiers achevés ou en cours de réalisation dans pratiquement tous les secteurs : infrastructures portuaires et aéroportuaires, autoroutes, programme émergence, programme azur, etc.

Le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement a mis en place un Plan National d'Actions Prioritaires agissant aussi bien sur l'offre que sur la demande d'énergie.

Ainsi, pour renforcer l'efficacité énergétique dans les secteurs clés de l'économie nationale, le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement a conclu des conventions de partenariats avec les Ministères de l'Habitat, du Tourisme, de l'Education Nationale et de l'Industrie. D'autres conventions seront également conclues avec d'autres acteurs majeurs sur la scène énergétique nationale. L'objectif recherché à travers ces partenariats est d'introduire de manière durable les techniques d'efficacité énergétique. Il s'agit d'encourager les entreprises industrielles à recourir à des énergies renouvelables ou à la cogénération, de généraliser les audits énergétiques au niveau des PME, d'élaborer un code d'efficacité énergétique dans le bâtiment prévoyant le développement des chauffes eau solaires, de généraliser l'usage des lampes à basse consommation et d'utiliser des équipements adaptés au niveau de l'éclairage public.

Ces actions ne peuvent être mises en œuvre sans un cadre législatif et institutionnel à la mesure des ambitions du pays. C'est la raison pour laquelle ce Département ministériel s'est attelé à la mise en place d'un cadre législatif et institutionnel approprié pour le renforcement de l'efficacité énergétique.

### 2.3.1. Tendances internationale

Un fort potentiel d'investissement et d'emploi :

- Un marché international des produits et services s'élève à 2 740 milliards USD à l'horizon 2020 (contre 1 370 actuellement), dont l'efficacité énergétique représente la moitié ;
- La consommation énergétique due aux bâtiments représente 30 à 40% de la consommation globale et des émissions de gaz à effet de serre ;
- Les coûts énergétiques des bâtiments<sup>11</sup> « nouvelle génération » représentent une économie d'énergie pouvant atteindre 80% par rapport aux constructions traditionnelles ;
- L'EE est un secteur pourvoyeur d'emplois : création de 3 à 4 fois plus d'emplois par rapport à un investissement dans de nouvelles capacités et un coût d'investissement 50% moins cher par rapport à la création de nouvelles capacités<sup>12</sup> ;
- Dans les pays en voie de développement, le potentiel d'EE est estimé entre 30 à 50% de la consommation<sup>13</sup> ;
- L'efficacité énergétique représente 65% du potentiel de réduction des émissions CO2 (AIE).

Pour le cas marocain, le potentiel d'économie et les secteurs à mobiliser se présentent comme suit :

- Possibilité d'économiser plus de 15% de l'énergie d'ici 2030 ;

<sup>11</sup> Ernest & Young

<sup>12</sup> MedEnec

<sup>13</sup> GTZ

- Secteurs économiques à mobiliser :
  - Industrie : mise à niveau des entreprises ;
  - Tertiaire et résidentiel : une exigence de confort croissant ;
  - Transport : parc vétuste et non performant, croissance de la mobilité ;
- Maîtrise de l'évolution de l'intensité énergétique : indicateur de référence.

### **2.3.2. Contexte marocain : dynamique de la croissance**

#### **Les attentes**

- Réduction de la dépendance énergétique : consommer plus mais consommer mieux ;
- Maîtrise des coûts de l'énergie pour la compétitivité de la production nationale ;
- Optimisation de la courbe de charge électrique ;
- Préservation de l'environnement : limitation des émissions de gaz à effet de serre dont 60% sont d'origine énergétique ;
- Promotion économique et investissements.

#### **Trois conditions incontournables**

- Accroître l'efficacité énergétique ;
- Economiser l'électricité pendant la période de pointe ;
- Modifier structurellement les comportements dans les transports.

#### **Trois préalables**

- Politique volontariste ;
- Mobilisation de toutes les parties concernées ;
- Sensibilisation et communication.

#### **Secteur du bâtiment**

- Le secteur du bâtiment représente environ 36% de l'énergie finale totale du pays, dont 29% réservée au résidentiel et 7% au tertiaire ;
- Insuffisance de considérations d'efficacité énergétique et ce à plusieurs niveaux :
  - Au niveau de la conception et de la construction : topographie, orientation, agencement des pièces, matériaux de construction, isolation thermique, ventilation, etc. ;
  - Au niveau des équipements énergétiques : eau chaude sanitaire, climatisation, chauffage, éclairage, ascenseurs, équipements électroménagers énergétivores, etc. ;
  - Au niveau de la gestion énergétique : diagnostic énergétique, suivi des factures, régulation, systèmes de contrôle, gestion des équipements ;
- Absence d'organe de coordination de la politique sectorielle de l'efficacité énergétique ;
- Peu d'exemples de démonstration de la rentabilité de tels projets dans le pays pouvant encourager l'implication des institutions financières ;
- Quasi-absence d'ESCOs au Maroc (Société de Services Energétiques) ;

- Absence de normes marocaines au niveau de l'efficacité énergétique des équipements, des matériaux de construction et des appareils électroménagers ;
- Sensibilisation insuffisante des professionnels du bâtiment et du grand public sur la portée et l'impact des techniques d'efficacité énergétique dans la conception, la construction et l'équipement des bâtiments.

### **Secteur industriel**

- Les importations des produits énergétiques placent le Maroc dans une position de très forte dépendance vis-à-vis de l'extérieur ;
- La volatilité et l'instabilité des cours des produits pétroliers placent résolument l'économie marocaine dans son ensemble, comme tous les secteurs potentiellement consommateurs de l'énergie, sous la pression des coûts des combustibles et de l'électricité ;
- Le secteur industriel compte environ 7 000 unités industrielles consommant environ 7 000 GWH d'énergie électrique et près de 799 000 TEP d'énergie thermique, soit plus de 30 % de l'énergie totale<sup>14</sup> ;
- Ce secteur représente une part importante du gisement global d'économie d'énergie, estimé à 15% de la consommation énergétique nationale à l'horizon 2020 ;
- A fin 2007, les consommations indicatives des combustibles liquides (fuel-oil) et gazeux (propane) dans l'industrie, au niveau national, hors consommations en combustibles de l'ONE, sont respectivement estimées à 967 000 TEP et 164 000 TEP ;
- Un parc de chaudières à vapeur de près de 2 200 appareils, souvent d'ancienne génération et à faible rendement énergétique, placé sous la pression des coûts des combustibles et d'entretien ;
- Les besoins d'accompagnement sont importants en matière d'optimisation de la consommation électrique (facteur de puissance, puissance souscrite, variateurs de vitesse, etc.) et thermique.

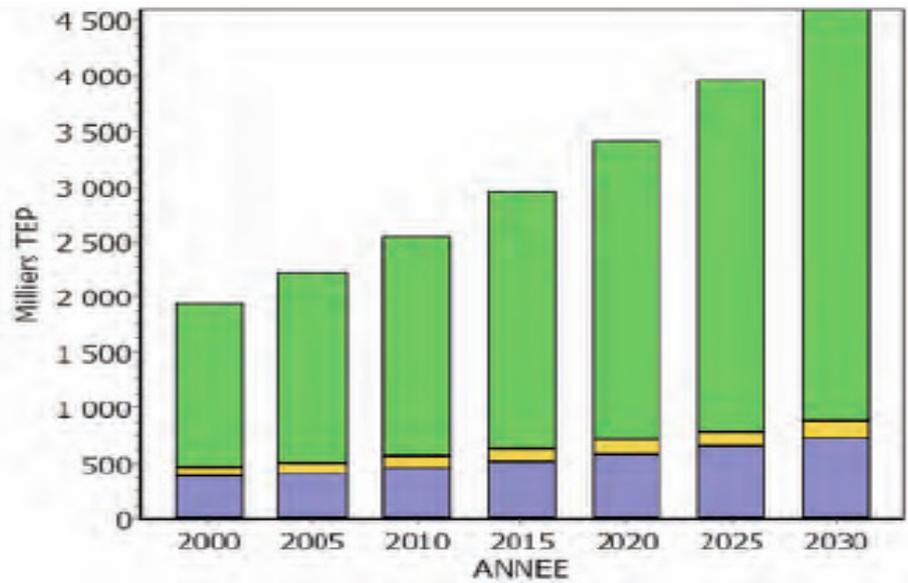
### **Secteur du transport**

- 24% de la consommation énergétique totale du pays ;
- Un parc automobile en circulation qui ne cesse d'augmenter. Il est évalué à 2 147 000 véhicules en 2006, dont 300 000 véhicules utilitaires ;
- Un secteur caractérisé en particulier par :
  - Le vieillissement des véhicules (près de 15% ont plus de 20 ans et 55% plus de 10 ans) ;
  - L'insuffisance des stratégies d'optimisation des déplacements dans la plupart des grandes villes ;
  - Un potentiel d'amélioration de l'organisation de la gestion des transports publics ;
  - Une faible coordination entre les départements et acteurs concernés ;
  - L'insuffisance du réseau de voirie et la faiblesse de la gestion de la circulation ;
  - Un secteur largement sous financé (fonctionnement et investissement) ;
  - Une diversité des activités du secteur et multiplicité des acteurs ;
  - De nombreuses dérogations pour le contrôle technique ;
- La consommation du gasoil dans le secteur du transport représente environ 50% de la consommation totale en gasoil du pays ;
- Près de 15% des émissions totales de gaz à effet de serre du pays proviennent du transport ;
- Le transport routier représente 23% de ces émissions.

---

<sup>14</sup> Source CDER

Figure 21 - Consommation du gasoil dans le secteur du transport<sup>15</sup>



### 2.3.3. Les contraintes au développement de l'efficacité énergétique

#### Constat

- Faible intégration de l'efficacité énergétique dans les secteurs clés de l'économie nationale ;
- Contribution marginale de fonds étrangers et incitation limitée de la part des pouvoirs publics ;
- Incitation limitée.

#### Contraintes

- Absence de cadre réglementaire régissant le secteur et d'une Agence à caractère opérationnel ;
- Faible considération de l'EE par les programmes nationaux de développement et d'infrastructure ;
- Insuffisance des ressources humaines à compétence appropriée ;
- Faible niveau d'information et de sensibilisation du grand public ;
- Recherche et développement, bases d'innovation et d'adaptation technologiques insuffisamment impliquées ;
- -Approche « projet » ne favorisant pas une bonne visibilité pour les investisseurs potentiels et le déploiement de mécanismes financiers adéquats.

---

<sup>15</sup> Rapport de l'étude des mesures et des programmes d'atténuation des émissions des gaz à effet de serre.

### 2.3.4. Nouvelle stratégie de renforcement de l'efficacité énergétique

Le tableau ci-après synthétise la nouvelle stratégie à long terme.

Tableau 33 - Synthèse de la nouvelle stratégie de renforcement de l'efficacité énergétique

		Levier	Stratégie de capture	Impact attendu
Perspective intégrée	Mix énergétique	Utilisation directe du combustible le plus optimal pour chaque activité – Exemple : chauffe eau, gaz, solaire ou électrique ?	Loi d'efficacité énergétique, incitations fiscales, ...	
Segments	Bâtiment	Optimisation de l'isolation thermique (chauffage-climatisation)	Nouveau code du bâtiment et de la consommation économe en énergie	
		Efficacité des équipements	Classification des équipements et incitations fiscales et douanières	
		Éclairage basse consommation	Interdiction des lampes à incandescence à court-moyen terme	
	Administrations et éclairage public	Efficiency de l'éclairage public / signalisation	Eclairage public raisonné, équipement des feux de signification en LED...	
		Efficiency de la consommation électrique des administrations	Similaire au secteur du bâtiment	
	Industriels/Transports	IDE : attraction préférentielle des industriels peu consommateurs d'électricité	Généralisation des audits énergétiques	
Rajeunissement du parc des véhicules Transports collectifs		Renforcement du système de contrôle technique		



: Impact minimum



: Impact maximum

### 2.3.5. Réformes législatives et organisationnelles

La mise en œuvre de cette nouvelle stratégie s'appuie sur la rénovation de la législation et de l'organisation du secteur énergétique. A cet effet, plusieurs lois en préparation seront promulguées pour :

- Promouvoir les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique, dont le CDER, transformé en Agence, sera la cheville ouvrière ;
- Réorganiser le secteur électrique pour mieux l'intégrer dans le marché euro-méditerranéen, favoriser la construction et le financement des capacités de production, mieux organiser ses différentes composantes et en assurer la régulation ;
- Développer le secteur du gaz naturel pour faire de ce combustible une alternative au pétrole et au charbon ;
- Dynamiser l'aval pétrolier en renforçant sa libéralisation et sa compétitivité ;
- Améliorer les règles de sécurité et de préventions des risques dans les installations énergétiques ;

- Protéger l'environnement et la santé des citoyens en imposant des normes conformes aux standards internationaux pour les émissions solides, liquides et gazeuses dans la production et l'utilisation de l'énergie.

### 2.3.6. La communication

La communication constituera un instrument privilégié pour véhiculer les objectifs arrêtés par la stratégie et obtenir l'adhésion de l'ensemble des parties prenantes.

## 3. Besoin en eau pour l'énergie

L'hydroélectricité a constitué une composante essentielle dans la conception d'infrastructures hydrauliques, particulièrement dans les bassins du Sebou et de l'Oum Er Rbia.

C'est donc à des fins de valorisation des potentialités des richesses hydriques nationales que les plans de développement des ressources en eau ont pris en considération les contraintes de la production hydroélectrique. Ces plans de développement ont à chaque fois défini et arrêté les schémas hydrauliques qui favorisent autant que possible la production énergétique, pas seulement en tant que composante complémentaire aux autres usages prioritaires (eau potable et irrigation), mais également en tant que composante structurante. Plusieurs dispositions ont été prises dans le cadre de plans de développement pour favoriser la production hydroélectrique. Parmi ces dispositions figurent :

- Le choix des schémas hydrauliques à réaliser (nombre de barrages, choix des périmètres à irriguer notamment dans le bassin de l'Oum Er Rbia) ;
- Le surdimensionnement de la taille des barrages pour maximiser la production énergétique ; c'est le cas par exemple des barrages d'Ahmed El Hansali, d'A Wahda, de la Galerie de Matmata, d'Idriss Ier, et de l'Oued El Makhazine) ;
- La réalisation des barrages de compensation pour permettre le fonctionnement des usines hydroélectriques à pleine capacité avec des débits largement supérieurs aux prélèvements d'irrigation et d'eau potable. L'objectif de ces barrages est d'assurer la compensation des volumes turbinés et des prélèvements d'eau potable et d'irrigation pour éviter les pertes d'eau. La compensation consiste à stocker temporairement l'eau qui a servi à la production électrique pour ne la restituer qu'au moment où l'irrigation en a besoin.

L'importance de la production hydroélectrique réside dans la souplesse de sa disponibilité et dans l'intérêt de son placement durant les heures de pointe alors que son coût est très faible par rapport à celui d'une production d'origine thermique équivalente. Les plans de développement des ressources en eau ont planifié la réalisation de près d'une quarantaine d'usines hydroélectriques avec une puissance installée de l'ordre de 2 000 MW. Ces usines hydroélectriques ont été planifiées, conçues et justifiées pour assurer en moyenne une production de près de 3 700 GWH par an (tableau ci-après).

La gestion d'eau adoptée dans les plans de développement des ressources en eau favorise la satisfaction des besoins en eau potable et d'irrigation. Aucune dotation en eau n'a été réservée pour la production hydroélectrique. Les usines hydroélectriques assurent uniquement le turbinage des eaux destinées à l'irrigation et à l'eau potable. Ce mode de gestion, qui ne se traduit pas par des pertes en mer, assure une valorisation maximale puisque elle permet une valorisation de l'eau à la fois dans la production énergétique et l'eau potable ou l'irrigation. De ce fait, la production hydroélectrique ne figure pas dans les bilans de l'offre et de la demande.

**Tableau 34 - Caractéristiques des usines hydroélectriques prévues par les PDAIREs**

Bassin	Usines prévues par PDAIREs	Performances	
		PI	Productible
Loukkos, Tangérois et côtiers méditerranéens	4	60	
Moulouya	2		
Sebou	15		1 377
Oum Er Rbia	19		2 059
Tensift	1	15	34
Souss – Massa- Draa	1	15	34
Guir-Ziz-Rhéris	-	-	-
Sahara	-	-	-
Total	42		3 500

### 3.1. Les réalisations en matière de production énergétique

Les usines hydroélectriques réalisées jusqu'en 2007 totalisent une puissance installée de l'ordre de 1 730 MW dont près de 460 MW au niveau de la station de turbinage et de pompage d'Afourer. Ces usines ont été planifiées, conçues et justifiées pour assurer une production énergétique moyenne de près de 2 400 GWH.

Sur les 42 usines prévues par les plans directeurs intégrés de développement des ressources en eau, 23 usines ont été réalisées. Les bassins de l'Oum Er Rbia et du Sebou concentrent l'essentiel de ces usines hydroélectriques. Ces usines ont été planifiées, conçues et justifiées pour assurer une production énergétique moyenne de l'ordre de 2 400 GWH par an. Le tableau ci-après donne par bassin les performances de ces usines hydroélectriques.

**Tableau 35 - Performances des usines hydroélectriques réalisées**

Bassin	Usines réalisées	Performances	
		PI	Productible
Loukkos, Tangérois et côtiers méditerranéens	4	60	
Moulouya	2		
Sebou	4		772
Oum Er Rbia	11		1 535
Tensift	1	15	34
Souss – Massa- Draa	1	15	34
Guir-Ziz-Rhéris	-	-	-
Sahara	-	-	-
Total	23		2 400

Le productible annuel moyen au niveau de l'ensemble des barrages réalisés est évalué à près de 1 200 GWH, soit environ la moitié des résultats escomptés. Le déficit moyen de production est estimé à près de 1 200 GWH/an (annexe 10).

La production hydroélectrique a donc nettement subi l'impact des changements climatiques, qui s'est traduit par une baisse des stocks d'eau et de la hauteur de chute au niveau de l'ensemble des barrages.

Les volumes turbinés par l'ensemble des usines hydroélectriques au cours de la dernière décennie sont estimés à près de 8 milliards de m<sup>3</sup>, soit une valorisation moyenne de près de 0.3 kWh/m<sup>3</sup>.

Les turbinages exclusifs sont opérés au niveau des barrages Al Wahda et Oued El Makhazine en raison de l'importance des ressources en eau disponibles au niveau de ces deux barrages, du fait du retard enregistré dans l'équipement des périmètres agricoles associés à ces deux barrages.

### 3.2. Les perspectives de développement de la production hydro-électrique

Les principales usines hydroélectriques programmées dans le cadre des plans directeurs de développement intégré des ressources en eau figurent dans le tableau ci-après. Ces usines hydroélectriques, qui totalisent une puissance installée de près 370 MW, sont planifiées pour assurer une production énergétique moyenne de l'ordre de 720 GWH/an.

Tableau 36 - Principales usines hydroélectriques programmées par les PDAIREs

Barrages	Puissance installée (MW)	Productible moyen (GWH/an)
Imezdillane	63	95
Taskdert	38	47
Tajmout	28	35
Mechra Sfa	29	69
Merija	31.4	74
Mechra El Hajjar	7	20
Asfalou	20	14.2
Mdez - Aïn Timedrine	150	370
Dar Khrofa		
Total	367	724

Avec la baisse significative des apports d'eau observée ces trente dernières années, cette production serait de l'ordre de 300 GWH par an.

La réalisation de ces barrages se traduirait par une augmentation des surfaces des plans d'eau de l'ordre de 5 000 hectares. Cette augmentation des plans d'eau se traduirait par une augmentation du volume évaporé de l'ordre de 100 Mm<sup>3</sup>/an, soit un manque à gagner estimé à près de 500 millions de dirhams.

En conclusion, l'impact du changement climatique s'est traduit par une perte énergétique, estimée à près de 1 500 GWH/an, dont près de 1 200 GWH/an est observée au niveau des usines hydroélectriques déjà réalisées.

Avec la baisse attendue des ressources en eau au cours des prochaines années due aux changements climatiques, cette baisse serait de l'ordre de 2 000 GWH/an.

La réalisation des barrages à but énergétique, prévue dans les bassins du Sebou et de l'Oum Er Rbia, risque de se traduire par une perte d'eau par évaporation, estimée à près de 100 Mm<sup>3</sup>/an, ce qui risque d'aggraver la situation déficitaire du Saïss et des périmètres agricoles alimentés en eau à partir de l'Oued Oum Er Rbia.

Une analyse eau - énergie est nécessaire pour apprécier l'impact de la réalisation des usines hydroélectriques programmées.

### 3.3. L'utilisation d'eau pour l'énergie

L'utilisation d'eau pour l'énergie au Maroc se fait essentiellement au niveau de la production d'électricité (refroidissement des centrales thermiques et turbinage au niveau des centrales hydroélectriques). Les prélèvements d'eau à des fins industrielles pour les autres utilisations énergétiques sont relativement faibles.

#### 3.3.1. L'eau pour le refroidissement des centrales thermiques

L'électricité au Maroc est produite pour l'instant en majorité dans des cycles à vapeur où l'eau est mise sous pression, chauffée, vaporisée puis surchauffée avant d'être détendue dans des turbines à vapeur qui entraînent les alternateurs. Ces procédés nécessitent de grandes quantités d'eau. Les turbo-alternateurs qui transforment en électricité l'énergie mécanique et thermique contenue dans la vapeur d'eau consomment peu d'eau car ils fonctionnent en circuit fermé. De grandes quantités d'eau sont, par contre, utilisées pour refroidir les condenseurs des turbo-alternateurs. Dans ces équipements, on cherche à récupérer un maximum de calories. On épuise en quelque sorte le contenu énergétique de la vapeur et, ce faisant, on augmente la quantité d'électricité qui peut être produite.

La plus grande partie de l'eau prélevée par les centrales électriques sert donc de fluide de refroidissement. Cette eau est prélevée en amont des centrales à une température donnée (la température de la mer ou de la nappe, ou encore de la rivière près de laquelle la centrale est construite), elle refroidit les turbo-alternateurs via leur condenseur et est rejetée en aval des centrales à une température plus élevée. Il convient de noter que pour la production d'électricité près de 97,5% de l'eau est restituée au milieu naturel instantanément (faible taux de consommation).

Pour le Maroc, les centrales thermiques actuelles sont implantées en bord de mer et le refroidissement se fait en recourant à l'eau de mer, sauf pour la nouvelle centrale thermo-solaire d'Ain Béni Mathar (centrale à cycles combinés et à champ solaire intégré d'une capacité de 472 MW dont 20 MW en solaire) qui puise sur la nappe de la région, la centrale à cycle combiné construite près de la rivière Tahaddart (cycle combiné d'une puissance de 385 MW) et la centrale à charbon de Jérada en cours de déclassement.

En absence de données fiables, les estimations seront établies sur une consommation moyenne de 60 litres/KWh ou 60 m<sup>3</sup>/MWh, équivalent à 0.06 Mm<sup>3</sup>/GWh. Par ailleurs, il est considéré qu'à partir de 2015 les futures capacités à développer jusqu'en 2030 se feront pour les deux tiers en bord de mer et pour un tiers à l'intérieur du pays. Il ne sera donc tenu compte dans le calcul que des centrales thermiques, installées ou susceptibles de l'être, à l'intérieur du pays. Seul le circuit tertiaire ou de refroidissement est pris en compte, la consommation en eau déminéralisée des circuits primaire et secondaire est négligée.

En se basant sur ces hypothèses, les estimations des prélèvements d'eau pour le refroidissement des centrales thermiques à l'intérieur du Royaume seraient de près 1200 Mm<sup>3</sup> en 2030 contre 172 Mm<sup>3</sup> actuellement. Ces estimations ne tiennent pas compte des consommations du nouveau programme solaire (2 000 MW à 2020).

Ainsi, le prélèvement d'eau estimé correspond à celui d'une population d'environ 3 à 4 millions en 2030. Les refroidissements en circuit fermé (équipement en tour aéro-réfrigérante) requièrent beaucoup moins d'eau, mais l'eau utilisée doit être de bonne qualité, nécessitant le plus souvent un traitement poussé.

Il y a lieu de remarquer que :

- Les prélèvements pour le refroidissement en circuit ouvert sont intégralement restitués à la ressource naturelle d'origine (la restitution est difficile lorsque l'eau est puisée à partir d'une nappe souterraine), sans dégradation autre qu'une pollution thermique. Les prélèvements sont généralement importants. Seuls les cours d'eau avec des débits importants (ou des retenues relativement grandes) peuvent assurer le refroidissement de grandes centrales.
- En exploitation, le prélèvement, et par conséquent la production d'une centrale, sont susceptibles d'être réduits en fonction de la température de l'eau, afin de respecter une température limite de rejet au milieu naturel. Ces conditions peuvent être rencontrées quelques semaines par an.
- Les prélèvements sur le littoral (eau de mer) ne sont pas comptabilisés, une implantation littorale n'étant pas contrainte en termes de ressources en eau.
- Les rendements thermodynamiques des centrales, qui vont de 33% pour certaines filières nucléaires à 38% pour des centrales thermiques conventionnelles, et jusqu'à 55% pour des centrales à cycle combiné, déterminent le besoin en puissance de refroidissement des condenseurs. Toute technologie améliorant significativement le rendement se traduit par une dépendance moindre à la ressource en eau.

### **3.3.2. L'eau pour les besoins du secteur des phosphates**

Le Groupe OCP, leader mondial dans le secteur du phosphate, a entrepris un vaste programme de développement de ses capacités minières et industrielles, qui vont porter à terme cette capacité de 23 à 50 millions de tonnes de phosphate par an. L'effort d'accroissement de la capacité de production s'accompagne naturellement de l'augmentation des besoins en eau qui vont passer de 66 Mm<sup>3</sup>/an actuellement à plus de 158 Mm<sup>3</sup>/an en 2030. La quantité d'eau prélevée par tonne de concentré de phosphate produit est comprise entre 1 et 3 m<sup>3</sup>. Cette demande en eau est prise en compte de manière responsable dans la stratégie de

développement du Groupe OCP. Pour la sauvegarde des ressources souterraines stratégiques, la croissance de l'industrie du phosphate se fera à prélèvement constant en eaux douces, en menant les actions suivantes :

- La réallocation géographique des prélèvements vers l'amont du bassin Oum Rabia,
- Le dessalement de l'eau de mer et le traitement des eaux usées pour combler les nouveaux besoins.

### **3.3.3. L'eau pour l'hydroélectricité**

D'une manière générale, l'hydroélectricité est considérée comme une activité qui n'a pas vocation à être comptabilisée dans cette évaluation du couplage eau-énergie, et ceci pour les raisons suivantes :

- Cette source d'énergie ne compte pas parmi les usages "préleveurs" ou « consommateurs » d'eau. L'eau turbinée est directement disponible pour d'autres fins à l'aval en particulier agricoles ;
- Son développement est souvent associé à la création de ressources nouvelles (retenues).

### **3.3.4. Dépendance en énergie pour l'eau**

La dépendance en énergie pour la mobilisation de l'eau est relativement importante au Maroc. Plusieurs raisons à cela :

- Le niveau des prélèvements d'eau est très important, en premier lieu pour les besoins d'irrigation, cela génère une dépendance extrêmement forte vis-à-vis de l'énergie électrique (Goossens et Bonnet, 2004),
- Cette dépendance va croissant à mesure que les besoins s'amplifient et se reportent de plus en plus sur des ressources plus coûteuses en énergie (ressources souterraines, transfert de ressources lointaines),
- Le niveau de consommation énergétique par habitant, significativement plus faible que celui des pays développés, contribue à expliquer ce poids relatif de l'approvisionnement en eau,
- Cependant, les services publics de l'eau (approvisionnement en eau potable et assainissement) sont encore insuffisamment développés dans le pays. Ces services, comptant actuellement pour une part assez faible de la dépendance énergétique, pourraient en se développant accroître significativement le besoin énergétique associé. En ce sens, les choix technologiques auront sans doute une importance primordiale : entre différentes filières de collecte et de traitement des effluents et des boues résiduelles, l'impact énergétique et environnemental peut varier significativement. Ces notions de choix technologiques sont par ailleurs tout à fait d'actualité, en France, dans les options collectives à prendre en milieu rural ou urbain (assainissement collectif ou autonome).

## IV. Analyse eau - énergie à l'horizon 2030

La gestion des barrages à buts multiples adoptée donne la priorité à la satisfaction des besoins en eau potable et d'irrigation. Aucune dotation en eau n'a été réservée pour la production hydroélectrique. Les usines hydroélectriques assurent uniquement le turbinage des eaux destinées à l'irrigation et à l'eau potable. Ce mode de gestion, qui ne se traduit pas par des pertes en mer, assure une valorisation maximale puisqu'elle permet une valorisation de l'eau à la fois dans la production énergétique et dans l'eau potable ou l'irrigation. De ce fait, la production hydroélectrique n'affecte pas les bilans de l'offre et la demande.

Le changement climatique s'est traduit par une réduction importante de la production énergétique au niveau des barrages et a réduit d'une manière considérable les performances des ouvrages hydroélectriques programmés.

Les possibilités de développement des ressources en eau reposent essentiellement sur des solutions fortement consommatrices d'énergie. C'est le cas des projets de dessalement de l'eau de mer, du projet de transfert d'eau, du développement de l'assainissement et de la réutilisation des eaux usées après épuration et du recours à l'exploitation des ressources conventionnelles à fortes consommation d'énergie afin de satisfaire la demande en eau potable et d'irrigation. On estime la consommation énergétique du secteur de l'eau en 2030 à près de 6 145 GWh/an, soit pratiquement 5 fois la production énergétique générée par le secteur de l'eau.

La réalisation des barrages prévus dans les bassins du Loukkos, du Sebou et de l'Oum Er Rbia risque de se traduire par un impact négatif sur le développement de l'irrigation dans les périmètres de Dar Khrofa dans le bassin du Loukkos, de Saïss dans le bassin du Sebou et des périmètres desservis par l'oued Oum Er Rbia.

La réalisation d'une usine hydroélectrique au niveau du barrage Dar Khrofa pour turbiner les eaux destinées à l'irrigation du périmètre Dar Krofa se traduira par un accroissement des besoins énergétiques de ce périmètre en raison de l'accroissement de la hauteur du refoulement des eaux destinées à l'irrigation.

La réalisation des barrages destinés exclusivement à la production énergétique se traduirait par une perte d'eau par évaporation, estimée à près de 100 Mm<sup>3</sup>/an, ce qui risque d'aggraver la situation déficitaire ainsi que celle des périmètres agricoles, alimentés en eau à partir de l'oued Oum Er Rbia.

La réalisation du complexe Mdez – El Menzel dans le bassin du Sebou risque de réduire la portée du projet de sauvegarde de la plaine de Saïss. L'eau turbinée au niveau de l'usine El Menzel nécessite une hauteur de refoulement additionnelle de plus de 200 m pour desservir la plaine de Saïss.

Une analyse eau - énergie est donc nécessaire pour apprécier l'impact de la réalisation des usines hydroélectriques programmées sur le développement des ressources en eau.

Le secteur de l'énergie doit donc compter sur une réduction de la production énergétique au niveau des barrages due aux problèmes de changements climatiques et faire face aux nouvelles demandes énergétiques du secteur de l'eau qui connaîtront d'ici 2030 un accroissement important du fait du développement des ressources en eau non conventionnelles.

## V. Analyse eau - énergie - changement climatique à l'horizon 2050

### 1. Les observations actuelles

#### 1.1. A l'échelle mondiale

Le rapport du GIEC, rendu public en 2007, apporte des éléments concernant l'évolution de la température, des précipitations, du niveau de mer, de la fonte des neiges et des événements extrêmes induits par le changement climatique.

##### 1.1.1. *Elévation de la température*

La température moyenne de l'air a augmenté de +0,6°C sur la période 1901-2000 (+0,74°C sur la période 1906-2005). Si l'ensemble du globe a connu une augmentation des températures, celle-ci était plus importante dans les latitudes hautes et dans l'hémisphère Nord. Sur la période 1995–2006, onze années figurent parmi les douze années les plus chaudes depuis 1850.

##### 1.1.2. *Elévation du niveau de la mer*

Le niveau moyen de la mer s'est élevé de +1,8mm par an depuis 1961. Une accélération de cette tendance est également observée (+3,1mm depuis 1993), mais la part de variabilité climatique / changement climatique est difficile à évaluer.

##### 1.1.3. *Fonte des neiges et des glaces*

L'étendue annuelle des glaces a diminué de 2,7% par décennie depuis 1978 dans l'océan arctique.

##### 1.1.4. *Précipitations*

Les observations concernant les précipitations sont plus hétérogènes. Une hausse des précipitations est observée dans l'Est de l'Amérique du Nord et du Sud, le Nord de l'Europe et le centre de l'Asie, tandis que le Sahel, les zones méditerranéennes, l'Afrique australe et l'Asie du Sud ont vu le niveau des précipitations diminuer.

##### 1.1.5. *Evénements extrêmes*

Au cours du XX<sup>e</sup> siècle, on a observé une hausse de la fréquence et de l'intensité des sécheresses et des canicules ainsi qu'une multiplication des épisodes de pluies intenses (même dans les régions qui ont vu le niveau de précipitations total diminuer). Les vagues de froid ont diminué. Si une augmentation de l'activité cyclonique intense dans l'Atlantique Nord est observée depuis 1970 environ, de manière générale aucune tendance claire ne se dégage quant au nombre de cyclones tropicaux qui se forment chaque année.

### 1.2. Au Maroc

Les études réalisées ont permis de faire ressortir des indices de changement climatique relatifs aux températures, aux précipitations et aux événements extrêmes. Des tendances significatives ont été observées ces 45 dernières années.

### 1.2.1. Les températures

- Un réchauffement moyen sur l'ensemble du territoire du Royaume durant la période 1960-2000, avec un maximum de 1,4°C au sud –est, vers la région de Midelt. Le nord semble avoir connu un réchauffement moins important. Sur les deux tiers du pays ce réchauffement dépassait toutefois 1°C.
- Une tendance à la hausse des températures minimales. Dans l'Oriental par exemple, les températures minimales comprises entre 10°C et 15°C, ont vu leur fréquence décliner tandis que celles comprises entre 15°C et 25°C ont progressé. Simultanément, les extrêmes supérieurs à 45°C ont très légèrement augmenté.

### 1.2.2. Les précipitations

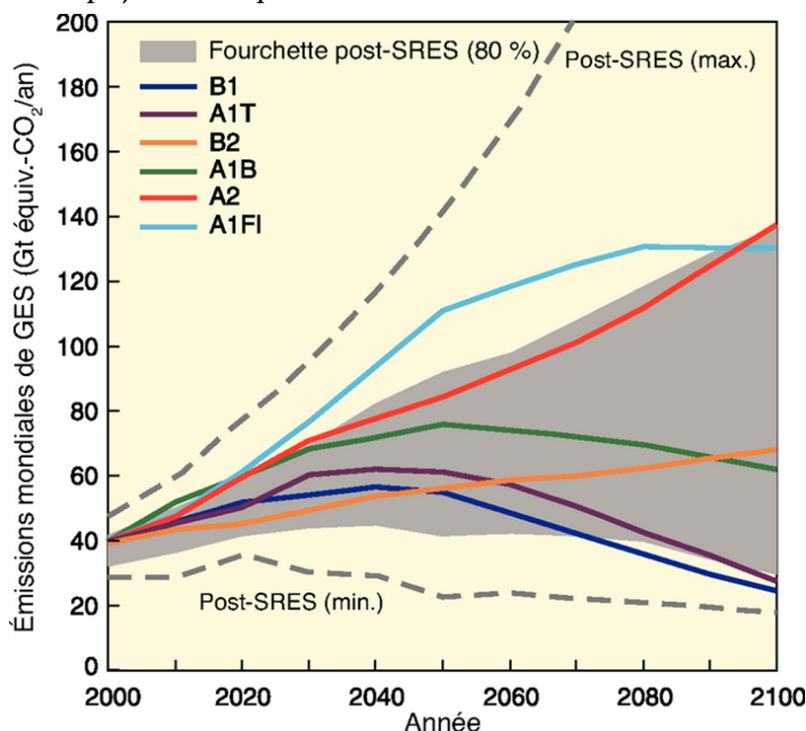
Une nette régression des quantités de pluie recueillies annuellement. La pluviométrie annuelle a globalement régressé d'une façon assez significative au niveau des hauts plateaux de l'Oriental (Oujda, Midelt et Bouarfa), du Saïs (Meknès) et du Haut Atlas (Ifrane). Ce déficit concerne en particulier les précipitations hivernales sachant que celles-ci sont déterminantes dans l'année.

## 2. Le climat futur

### 2.1. A l'échelle mondiale

Au cours du XXIème siècle, tous les scénarios prévoient une élévation de la température moyenne de l'air à l'échelle mondiale. Les estimations de l'augmentation de la température moyenne terrestre d'ici 2100 se situent entre +1,8°C (scénario B1) et +4°C (scénario A1F1). Ces « meilleures estimations » représentent des valeurs moyennes, au sein d'une fourchette plus large de +1,1 à +6,4°C.

Figure 22 - Evolution projetée des températures selon les différents scénarios socioéconomiques du GIEC



Source : GIEC, 2007

Le GIEC fait état, à l'échelle mondiale, d'une hausse très probable de la fréquence des températures extrêmement élevées, des vagues de chaleur et des épisodes de fortes précipitations ainsi que d'une baisse des débits annuels moyens des cours d'eau et de la disponibilité de la ressource en eau dans certaines régions

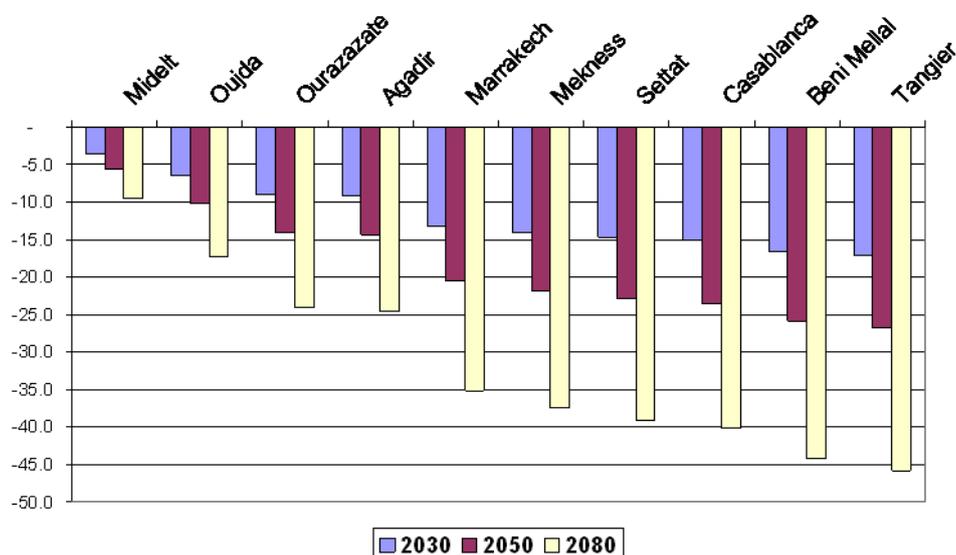
sèches des latitudes moyennes et des tropiques (hausse aux latitudes hautes), avec un degré de confiance élevé.

## 2.2. Au Maroc

Les investigations scientifiques réalisées en matière de projection climatiques tout au long du XXIème siècle ont montré que le changement climatique se traduirait par une élévation de la température et une réduction significative des précipitations :

- Une augmentation des températures d'été jusqu'à 1,8 °C à l'horizon 2020, 3,7°C à l'horizon 2030 et 6,2 °C à l'horizon 2080 ;
- Une réduction des précipitations de l'ordre de 5 % à 15% à l'horizon 2030 et de 10 à 25% à l'horizon 2050. Le graphique ci-après illustre la baisse des précipitations annuelles selon le modèle de changement climatique.

Figure 23 - Réduction de la pluviométrie annuelle HadC M<sup>3</sup>, scénario A2 (période de référence : 1961-90)



L'augmentation de la température de 3°C et la réduction des précipitations de 15% en 2030 réduiraient d'une manière substantielle le ruissellement annuel et par conséquent le volume d'eau mobilisé par les barrages existants et programmés.

L'analyse des sécheresses observées au cours des trente dernières années montre que le déficit enregistré au niveau des ruissellements est équivalent à près du double de celui enregistré au niveau des précipitations (annexe 8).

Les premiers résultats des études en cours de réalisation par les experts de la Banque Mondiale ont abouti à une corrélation où le déficit des apports d'eau est équivalent à 1,23 fois le déficit pluviométrique avec un coefficient de corrélation de 0,92.

### 2.2.1. Impact sur le volume d'eau de surface mobilisable

L'analyse des séries hydrologiques 1961-1990, 1945-2006 et 1979-2006 a permis de tirer les constatations suivantes :

- Les séries 1961-1990 et 1945-2006 sont équivalentes ;
- Les apports d'eau durant les trente dernières années (1979-2006) sont inférieurs de près de 30% à ceux de la série 1961-1990. Cette série peut donc constituer un moyen pour renseigner et apprécier l'impact des changements climatiques sur les ressources en eau en 2030.

Des simulations hydrauliques avec la série hydrologique 1961-1990, à laquelle une réduction de 30 % a été appliquée, ont été réalisées pour vérifier cette conclusion (tableau ci-après). Les résultats de ces simulations, figurant en annexe 9, sont résumés dans le tableau ci-après.

**Tableau 37 - Simulations hydrauliques avec la série 1961-1990**

	Série 1961- 1990	Série 1961-1990 Réduite de 30%	Série 1961-1990 Réduite de 45%
Barrage Al Wahda	1 733	1 323	1 135
Dar Khrofa	181	142	119
Bin Ouidane	691	542	460

L'analyse de ce tableau montre qu'une réduction des apports d'eau de 30% se traduirait par une réduction du volume régularisé de près de 22%.

L'impact de changement climatique peut être apprécié de la manière suivante :

### **Horizon 2030**

La réduction des précipitations serait de l'ordre de 15% et se traduirait par une réduction de l'ordre de 30% des apports d'eau. L'impact des changements climatiques peut être apprécié par les volumes régularisés calculés dans les simulations hydrauliques réalisées sur la base de la série observée 1939-2006, réduits de près de 22%.

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus dans les simulations sur la base d'une série de simulations 1979 – 2006.

### **Horizon 2050**

La réduction des précipitations serait de l'ordre de 20% et se traduirait par une réduction de l'ordre de 40% des apports d'eau. L'impact des changements climatiques peut être apprécié par les simulations sur la série observée 1939-2006, avec une réduction de l'ordre de 35%.

La réduction du volume régularisé en 2030 et 2050, observée malgré la réalisation de nouveaux barrages, s'explique par :

- La réduction des ressources en eau au niveau de l'ensemble des barrages réalisés et programmés ;
- L'augmentation de l'évaporation au niveau de l'ensemble des barrages réalisés et programmés.

**Tableau 38 - Volumes mobilisés prévisionnels en tenant compte des changements climatiques**

Bassin	2010		2030		2050	
	Nbre barrage	Volume mobilisé (Mm³/an)	Nbre barrage	Volume mobilisé (Mm³/an)	Nbre barrage	Volume mobilisé (Mm³/an)
LTCM	10	558	16	950	18	830
Moulouya	5	718	10	620	11	600
Sebou	10	2 400	20	1 872	20	1 600
Bouregreg chaouia	4	313	7	280	7	240
Oum Er Bia	12	2 160	22	1 680	22	1 450
Tensift	3	100	8	132	8	115
Souss Massa - Draa	9	385	13	312	13	270
Ziz-Guir-Rhéris	1	139	10	600	10	520
Sahara	1	30	1	30	1	30
Total	55	6 800	109	6 476	110	5 655

L'appréciation de l'impact des changements climatiques en 2030 peut être obtenue en comparant les résultats des simulations réalisées sur la base de la série 1939-1996 avec celles effectuées dans le cadre des plans directeurs sur la base des séries 1939-1982 (tableau ci-après).

**Tableau 39 - Comparaison des résultats des simulations hydrauliques basées sur la série 1939-1996 avec celles basées sur la série 1939-1982**

Bassins	Simulations 1939-1982	Simulations 1939-1996
Oum Er Rbia	3 950	1 680
Sebou	4 467	1 872
Loukkos – Tangérois et côtiers Med	1 077	950
Moulouya	1 042	620
Bou regreg	662	280
Tensift	725	130
Souss –Massa -draa	615	312
Sud Atlasiques	974	600
sahara	30	30
Total	13 542	6 474

### 2.2.2. Impact sur le volume d'eau souterraine

Une estimation de la réduction des volumes disponibles pour la recharge des nappes a été effectuée ci-dessous selon les hypothèses suivantes :

- Le coefficient de recharge retenu est égal à 20% ;
- Hypothèse 1: la réduction des précipitations résulterait pour 50% de la réduction du nombre de jours de pluie et pour 50% de la réduction des hauteurs des précipitations journalières ;
- Hypothèse 2: la réduction des précipitations résulterait pour 70% de la réduction du nombre de jours de pluie et pour 30% de la réduction des hauteurs des précipitations journalières.

**Tableau 40 - Coefficients de la réduction de la recharge naturelle**

Année	2030	2050
Réduction des précipitations en %	7	15
Réduction de l'écoulement souterrain en %		
Hypothèse 1	21	45
Hypothèse 2	15.4	33

Cet exercice montre qu'une réduction des précipitations de 15% pourrait induire une réduction des volumes disponibles pour la recharge de 33% à 45%. Nous retenons pour la suite une diminution de la recharge naturelle en 2050 de 45% au nord et au nord-ouest, et de 33% au sud et au sud-est.

La diminution de la recharge naturelle induira par ailleurs une diminution des sorties par les exutoires naturels qu'on suppose proportionnelle à la réduction de la recharge naturelle, hypothèse considérée acceptable pour les grands réservoirs connaissant des niveaux de prélèvements importants.

**Tableau 41 - Réduction de la recharge naturelle en Mm<sup>3</sup>**

Bassin	2030	2050
Loukkos	85.3	38.4
Sebou	56.2	25.3
Moulouya	240.5	79.4
Bou Regreg	15.6	7.0
Oum Erbia	95.4	31.5
Tensift	25.8	8.5
Souss-Massa	32.8	10.8
Guir-Ziz-Ghériss	44.3	14.6
Draa	48.1	15.9
Saquiât El Hamra et Oued Eddahab	0.4	0.1
Total	644.3	231.5

La diminution des eaux de surface aura également un impact sur les eaux souterraines. Les experts estiment que d'ici à 2050, les projections du débit moyen annuel des rivières et la disponibilité en eau enregistreront une diminution de 10 à 30% dans certaines régions sèches des latitudes moyennes et tropicales arides, dont certaines sont actuellement en manque d'eau.

Cette diminution s'ajoutera probablement à la diminution des apports d'eau déjà enregistrée au niveau de l'ensemble des barrages entre la période 1970-2000 et la période 1945-1970, et évaluée à 35%.

Le phénomène est encore aggravé par l'augmentation des besoins en eau des cultures sous l'effet de l'augmentation de la température.

Par ailleurs, la réduction des écoulements superficiels amènera les utilisateurs, en particulier les agriculteurs, à se rabattre sur les réservoirs souterrains, d'accès relativement facile, pour résorber les déficits hydriques.

En conclusion, les changements climatiques attendus induiront une pression amplifiée sur les eaux souterraines, qui ira en augmentant.

### **Evolution des retours d'eau d'irrigation**

Les retours d'eau d'irrigation évolueront suivant l'évolution des superficies irriguées et les changements des modes d'irrigation. La reconversion des superficies irriguées d'une manière traditionnelle en mode d'irrigation localisée et la réduction des superficies irriguées sous l'effet de l'indisponibilité des ressources en eau réduira sensiblement les retours d'eau d'irrigation. L'évolution des retours d'eau d'irrigation dans le contexte des changements climatiques est donnée dans le tableau ci-après par bassin.

**Tableau 42 - Retour d'eau d'irrigation dans le contexte des changements climatiques en Mm<sup>3</sup>**

<b>Bassin</b>	<b>2030</b>	<b>2050</b>
LTCM	331.5	31.5
Sebou	75.3	75.3
Moulouya	122.0	122.0
Bou Regreg et Chawia	0.0	0.0
Oum Erbia	218.1	218.1
Tensift	208.3	186.0
Souss-Massa	23.1	18.9
Guir-Ziz-Ghériss	0.0	0.0
Draa	44.7	44.5
Saquiât El Hamra et Oued Eddahab	0.0	0.0
<b>Total</b>	<b>723.0</b>	<b>696.4</b>

### **Evolution des sorties par les exutoires**

Dans le contexte des changements climatiques, les bilans n'auront pas le temps de s'équilibrer car la recharge sera en continuelle diminution. Les débits des exutoires naturels diminueront de façon continue mais ne rattraperont pas la diminution de la recharge, même avec l'hypothèse d'une réduction forcée des prélèvements sous l'effet de l'indisponibilité de la ressource. Les déficits auront donc tendance à se maintenir. L'évolution des exutoires naturels est donnée dans le Tableau 43 ci-après, par bassin.

**Tableau 43 - Sorties par les exutoires naturels dans le contexte des changements climatiques**

Bassin	2010	2030	2050
LTCM	383.05	306.4	245.2
Sebou	223.1	156.2	93.7
Moulouya	985.4	591.2	236.5
Bou Regreg et Chawia	20.42	11.2	5.6
Oum Erbia	544.8	354.1	212.5
Tensift	77.7	23.3	9.3
Souss-Massa	23	6.9	2.1
Guir-Ziz-Ghériss	127.83	51.1	15.3
Draa	138.3	83.0	41.5
Saqui�at El Hamra et Oued Eddahab	0	-	-
Total	2 523.6	1 583.5	861.7

### **Bilans prévisionnels des eaux souterraines**

Dans ce scénario, malgré l'économie de l'eau en irrigation, le recours aux ressources de substitutions et le contrôle de l'administration qui permettront de contenir voire réduire sensiblement la demande en eau, la baisse continue de la recharge naturelle sous l'effet des changements climatiques ne laissera pas le temps aux nappes de s'adapter et à leurs bilans de s'équilibrer. Les bilans resteront nettement déficitaires et les sorties par les exutoires naturels baisseront d'une manière importante.

**Tableau 44 - Bilans prévisionnels des eaux souterraines avec l'impact éventuel des changements climatiques**

Bassin	Ressources en eau souterraine exploitables d'une manière durable			Demande en eau souterraine			Bilan		
	2010	2030	2050	2010	2030	2050	2010	2030	2050
LTCM	58.6	46.1	58.6	63.6	77.8	74.8	-5.0	-31.7	-16.2
Sebou	200.3	199.3	182.5	255.3	252.4	248.7	-55.1	-53.2	-66.2
Moulouya	678.4	642.6	622.5	769.4	762.1	771.3	-91.0	-119.5	-148.8
Bou Regreg et Chawia	53.7	47.3	35.2	106.6	101.2	92.6	-52.9	-53.8	-57.4
Oum Erbia	467.8	387.9	420.6	582.8	507.2	511.5	-115.1	-119.3	-91.0
Tensift	340.5	326.7	288.9	552.6	506.3	393.6	-212.1	-179.6	-104.7
Souss-Massa	345.0	320.2	264.5	641.4	508.8	384.0	-296.4	-188.5	-119.5
Guir-Ziz-Ghériss	208.5	237.1	217.8	286.4	308.8	315.8	-77.9	-71.7	-98.0
Draa	174.3	185.3	176.2	220.0	230.1	233.9	-45.7	-44.8	-57.7
Saqui�at El Hamra et Oued Eddahab	2.5	2.1	1.7	18.9	14.8	5.2	-16.4	-12.6	-3.6
Total	2 529.5	2 394.6	2 268.5	3 497.0	3 269.4	3 031.5	-967.6	-874.9	-763.1

### **2.2.3. Impact des changements climatiques sur la demande en eau**

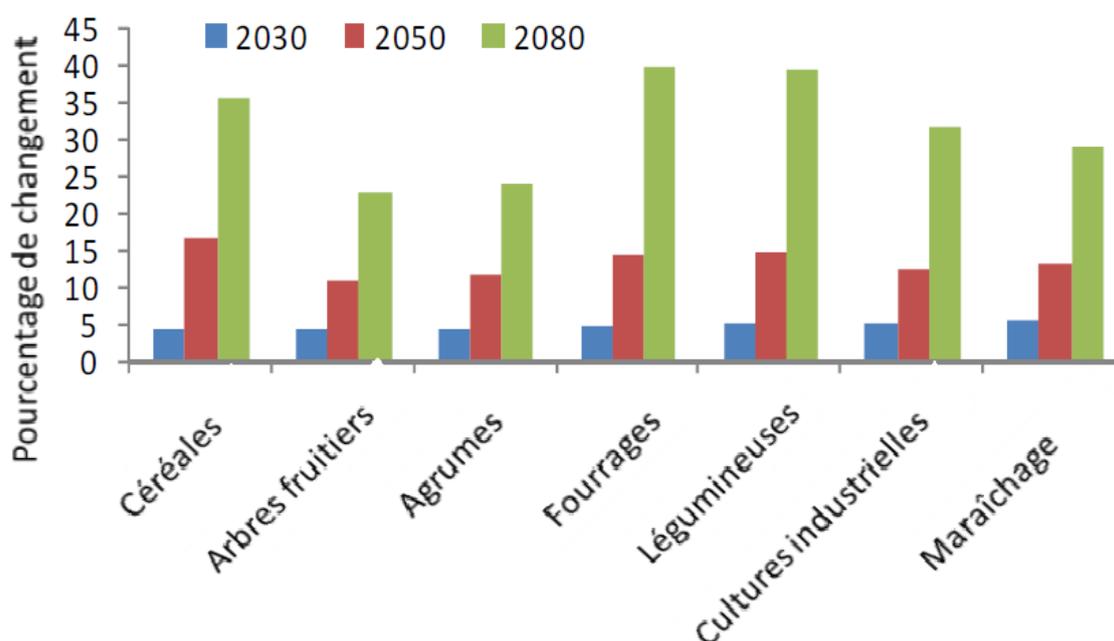
Toutes les plantes devraient voir leur demande en évapotranspiration augmenter.

Le besoin hydrique des plantes est défini comme le volume total d'eau (de pluie et/ou d'irrigation) qui doit être fourni à une plante pour qu'elle produise un rendement optimal. En raison de la hausse des températures et de l'accroissement conséquent de l'évapotranspiration, toutes les plantes verront leur besoin hydrique augmenter.

Le besoin hydrique des plantes est un indicateur important des implications du changement climatique pour les pratiques culturales. De nombreuses plantes ferment tous leurs stomates même en cas d'irrigation, car la demande atmosphérique est trop  lev e. Dès que certains seuils de température sont dépassés, il est possible que certaines plantes cultiv es actuellement ne s'adaptent pas aux futures conditions climatiques, quelle que soit la quantité d'eau d'irrigation disponible.

L'étude « changement climatique et agriculture : impact et implication climatique »  labor e par la Banque Mondiale a estimé le taux d'augmentation du besoin hydrique moyen à près de 5% en 2030, 10   15% en 2050 et de 20 à 40 % en 2080. Ces chiffres seront adoptés dans le cadre de cette étude.

Figure 24 - Taux d'augmentation du besoin hydrique moyen



#### 2.2.4. Bilans hydrauliques prévisionnels avec les changements climatiques

Il ressort des bilans hydrauliques récapitulés dans le tableau suivant que la majorité des bassins hydrauliques sont en situation de déficit. Le déficit global serait de près de 3 784 Mm<sup>3</sup> et 5 391 Mm<sup>3</sup> en 2030 et 2050:

Tableau 45 - Bilan global des eaux avec l'impact des changements climatiques en Mm<sup>3</sup>

Bassin	Ressources en eau de surface mobilisées ou mobilisable			Ressources en eau souterraine exploitable			Réutilisation			Dessalement			Demande en eau potable		Demande en eau agricole		Demande environnementale		Export/Import		Bilan	
	2010	2030	2050	2010	2030	2050	2010	2030	2050	2010	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050	2030	2050
Loukkos	558	950	830	59	46	59	1	90	90	5	5	189	217	668	700					234	67	
Moulouya	718	620	600	200	199	182	9	45	50	5	5	113	130	996	1 044	32	32			-272	-369	
Sebou	2 400	1 872	1 600	678	642	622	18	120	130			298	344	3 208	3 361	63	63			-935	-1 416	
BR Chawia	313	280	240	54	47	35		230	250	150	150	479	531	155	163			-120	-120	193	101	
OER	2 160	1 680	1 450	468	387	420	12	55	75	120	150	180	216	3 216	3 369	54	54	280	280	-1 488	-1 824	
Tensift	100	132	115	341	326	289	16	50	60	30	35	140	165	965	1 011			-160	-160	-407	-517	
Souss -draa	385	312	270	345	320	265	2	75	75	150	150	127	148	1 541	1 615					-811	-1 003	
Ziz-Guir-Réris	139	600	520	174	185	176		20	20			48	55	1 041	1 090					-284	-429	
Saquiât El Hamra	30	30	30	3	2	2		15	15	7	30	40	37	43	54	45					-14	-1
Total	6 803	6 476	5 655	2 322	2 154	2 050	58	700	765	7	490	535	1 615	1 850	11 844	12 398	149	149	0	0	-3 788	-5 392

## VI. Perspective économique

Le changement climatique est aujourd'hui une réalité au Maroc et ses conséquences sont déjà visibles sur l'environnement et les modes de vie à moyen terme. Les principaux impacts des changements climatiques sur le secteur de l'eau seraient :

- Une augmentation de la demande en eau du fait de la hausse des températures ;
- Une diminution des précipitations sur pratiquement l'ensemble du Royaume ;
- Une réduction du potentiel en eau mobilisable identifié dans le cadre des plans directeurs de développement intégré des ressources en eau, réalisés dans les années 1980. Cette baisse est le résultat conjugué de la baisse des ressources en eau et de l'augmentation de l'évaporation. Elle est estimée à près de 10 milliards de m<sup>3</sup> par an ;
- Une diminution du potentiel en production hydroélectrique au niveau des barrages programmés. Elle est estimée à près de 1 500 GWH par an ;
- Une modification de la ressource disponible : modification du débit des cours d'eau et de la recharge des aquifères, dégradation de la qualité des eaux ;
- Une augmentation de la vulnérabilité de certains écosystèmes du fait de l'augmentation des températures et des modifications de répartition spatiotemporelle des pluies ;
- Une augmentation du coût d'accès à l'eau ;
- Des conflits d'usage, etc.

Le coût de ces impacts atteindrait plusieurs milliards de dirhams. Les zones les plus touchées seraient les zones déjà concernées par des déficits structurels.

L'estimation de ces coûts a été réalisée de la manière suivante :

- Le coût des solutions alternatives pour compenser la réduction des disponibilités en eau. Ces solutions sont identifiées dans la stratégie d'adaptation ;
- Le coût des solutions alternatives pour compenser la réduction du potentiel en production énergétique ;
- Le coût du manque à gagner dans les périmètres agricoles équipés en raison de la réduction du volume d'eau mobilisable. Ces coûts sont évalués sur la base de la valorisation permise par l'utilisation en eau dans des périmètres déjà équipés ;
- Le coût des traitements complémentaires.

### 1. Coût des solutions alternatives

Les solutions alternatives pour compenser la réduction des disponibilités en eau et de la production hydroélectrique due aux changements climatiques permettent de mobiliser près de 5 Milliards de m<sup>3</sup> et une production énergétique de l'ordre de 1 500 GWH/an. Ces projets se rapportent à l'accroissement de l'offre et à la gestion de la demande ainsi qu'à la réalisation d'un parc éolien d'une capacité de près de 500 MW.

Le coût global de ces projets est estimé à près de 70 Milliards de dirhams (Tableau 46 ci- après).

Tableau 46 - Coût des solutions alternatives pour compenser les réductions dues aux changements climatiques

	Quantité (Mm <sup>3</sup> /an)	Coût (Milliards Dh)
Mobilisation de l'eau de surface	1 700	15
Dessalement de l'eau de mer	500	12
Réutilisation des eaux usées	300	3
Economie de l'eau de surface	2 500	40
Total	5 000	70

## 1.1. Ressources en eau

### 1.1.1. Accroissement de l'offre

#### Mobilisation des eaux de surface

Le Maroc a adopté dès son indépendance, une politique pertinente de maîtrise des ressources en eau par la construction d'une infrastructure hydraulique pour assurer et sécuriser les besoins en eau potable des populations urbaines et rurales, développer l'irrigation de grands périmètres agricoles et valoriser ses potentialités hydriques dans la production énergétique.

Des plans d'action ont été étudiés dans le cadre des études de planification pour réaliser une importante infrastructure hydraulique dans l'objectif de réaliser les services suivants :

- Mobiliser l'ensemble du potentiel en eau mobilisable, estimé à près de 20 milliards de m<sup>3</sup> par an, dont près de 16 milliards de m<sup>3</sup> par an à partir des eaux de surface ;
- Assurer une production hydroélectrique de l'ordre de 3 500 GWH par an.

Cette infrastructure est en grande partie réalisée. Le coût de construction d'une infrastructure hydraulique pouvant mobiliser près de 1,7 milliards de m<sup>3</sup> par an serait de l'ordre de 15 milliards de dirhams.

#### Mobilisation des eaux souterraines

Ces ressources, actuellement surexploitées, ne constituent pas une solution pour accroître l'offre.

#### Recharge artificielle des nappes souterraines

Le coût des projets de recharge identifiés par la stratégie nationale sont évalués à près de 0,5 milliards de dirhams.

#### Réutilisation des eaux usées

Elle constitue une opportunité pour mobiliser une ressource additionnelle, évaluée à 300 Mm<sup>3</sup> en 2030. Le coût de cette solution est estimé à près de 3 milliards de dirhams.

#### Dessalement de l'eau de mer

Il constitue une solution alternative qui n'a pas été développée initialement dans les plans directeurs de développement des ressources en eau. Le volume d'eau à mobiliser à partir de cette solution serait de près de 500 Mm<sup>3</sup> en 2030. Le coût des projets envisagés est évalué à près de 12 milliards de dirhams. Ce coût est évalué sur la base de 9 000 dirhams par m<sup>3</sup>/jour (environ 900 euros/ m<sup>3</sup>/jour).

### 1.1.2. Gestion de la demande

Deux grands programmes sont identifiés par le Plan Maroc Vert et la Stratégie nationale des ressources en eau pour réduire la demande en eau de l'ordre de 1,1 milliards de m<sup>3</sup> en 2030.

- Le programme d'économie d'eau potable qui vise à récupérer près de 120 Mm<sup>3</sup> en 2030. Le coût global de ce projet est évalué à près de 5 milliards de dirhams ;
- Le programme national d'économie d'eau dont l'objectif est de porter, dans les dix prochaines années, la superficie irriguée avec des techniques plus économes et plus valorisantes de l'eau, telles que l'irrigation localisée, à près de 50% de la superficie totale équipée pour l'irrigation. Des dispositions particulières ont été mises en place pour favoriser la mise en œuvre de ce programme en termes d'incitation financière et de simplification des procédures administratives relatives à l'octroi des subventions. Le coût global de ce programme se situe à près de 37 milliards de dirhams.

## 1.2. Production énergétique

La solution alternative pour compenser la réduction de la production hydroélectrique est la réalisation d'un parc éolien d'une capacité de l'ordre de 500 MW. Le coût global de ce projet est estimé à près de 5 milliards de dirhams.

## 2. Manque à gagner

La baisse des disponibilités en eau due aux changements climatiques est estimée à près de 10 milliards de m<sup>3</sup> par an. Cette baisse serait réduite à près de 5 milliards de m<sup>3</sup> avec la mise en place de solutions alternatives identifiées. L'agriculture irriguée sera touchée par cette réduction significative des ressources en eau.

Ce secteur est d'une importance vitale pour le pays. Il contribue à hauteur de 7 % au produit intérieur brut du Maroc et à 50% de la valeur ajoutée agricole (ce taux est supérieur pendant les années de sécheresse). Cette activité économique importante que représente l'agriculture irriguée est gravement menacée par la diminution croissante des eaux de surface et la surexploitation effrénée des eaux souterraines.

La productivité moyenne est actuellement de 1,6 dirhams par m<sup>3</sup>. Cette productivité serait de 5 dirhams par m<sup>3</sup> après la réalisation du Plan Maroc Vert. Le coût du manque à gagner pour les volumes d'eau perdus et non compensés par la mise en œuvre de solutions alternatives serait de 15 milliards de dirhams par an.

La stratégie d'adaptation aux changements climatiques a adopté des solutions alternatives à fortes consommations d'énergie. Cette consommation se traduirait par un coût annuel supplémentaire de près de 3,5 à 4 milliards de dirhams.

## VII. Annexes

### Annexe 1 Fournitures en eau d'irrigation à partir de l'ensemble des barrages

Année	Fournitures (Mm³)
1980-1981	3 266.2
1981-1982	2 091.7
1982-1983	2 204.3
1983-1984	1 272.5
1984-1985	1 778.0
1985-1986	2 038.6
1986-1987	2 856.9
1987-1988	2 975.1
1988-1989	3 158.0
1989-1990	3 322.8
1990-1991	3 414.6
1991-1992	3 622.8
1992-1993	2 726.6
1993-1994	2 733.4
1994-1995	2 709.4
1995-1996	2 648.7
1996-1997	3 831.4
1997-1998	3 385.1
1998-1999	3 409.2
1999-2000	3 147.7
2000-2001	2 728.2
2001-2002	2 264.6
2002-2003	2 571.1
2003-2004	2 995.9
2004-2005	3 649.8
2005-2006	2 596.8
Moyenne des fournitures	2 823.1
Dotation réservée par les plans directeurs	7 281.7
Dotation réservée par les plans directeurs ajustée pour tenir compte de l'équipement	547.7

## Annexe 2 Evolution de la demande en eau potable et industrielle en Mm<sup>3</sup>/an

Bassin Hydraulique	Milieu	2010	2020	2030	2050
Moulouya, Figuig-Kert-Isly-Kiss	Urbain	66	75	89	98
	Rural	11	15	24	33
	Total	77	90	113	130
Loukkos, Tangérois et côtiers méditerranéens	Urbain	108	133	162	179
	Rural	11	16	27	39
	Total	120	149	189	217
Sebou	Urbain	179	199	237	258
	Rural	28	38	61	85
	total	206	237	298	344
Bou Regreg et Chaouia	Urbain	322	382	451	491
	Rural	12	17	28	40
	Total	334	399	479	531
Oum Er Rbia et El Jadida-Safi	Urbain	85	98	117	128
	Rural	30	40	64	88
	Total	115	139	181	216
Tensift et Ksob-Igouzoulen	Urbain	72	87	106	117
	Rural	16	22	35	48
	Total	88	110	142	165
Souss Massa-Drâa	Urbain	58	74	96	110
	Rural	15	21	31	38
	Total	73	96	127	148
Guir-Ziz-Rhéis	Urbain	18	21	26	28
	Rural	12	16	22	27
	Total	29	37	48	55
Sakia El Hamra et Oued Eddahab	Urbain	18	26	33	37
	Rural	2	3	5	6
	Total	20	29	37	43
Total	Urbain	926	1 096	1 318	1 446
	Rural	137	189	297	404
	Total	1 063	1 285	1 615	850

### Annexe 3 - Evolution de la demande en eau des périmètres de grande hydraulique en fonction de la mise en œuvre du Programme national d'économie d'eau en irrigation

Périmètre	Demande en eau selon PDAIRE (Mm³/an)		Demande en eau selon PNEEI 2010			Demande en eau selon PNEEI 2030		
	2020	Fin 2008	Superficie convertie en irrigation localisée (ha)	Economie eau parcelle	Demande en eau (Mm³/an)	Superficie convertie en irrigation localisée (ha)	Economie eau parcelle	Demande en eau (Mm³/an)
Doukkala	1 104	853						
Bas service	550	550	10 534	26.2	827	76 599	191	662
Haut service	554	303						
Tadla Béni	1 212	1 212						
Moussa	740	740	8 000	26.7	1 185	88 742	296	916
Béni Amir	472	472						
Houz	1 370	1 043						
Tessaout	260	260	8 902	19.5	1 023	80 603	177	866
Amont	235	235						
Tessaout Aval	710	343						
Houz Central								
Gharb	2 278	1 083						
Beht	229	229						
PTI	352	352	6 279	18	1 065	65 699	188	895
STI	627	502						
TTI	1 017	-						
Zrar	54	-						
Moulouya	717	717	8 821	24.6	692	51 205	143	574
Loukkos	381	381	4 078	13.6	323	18 949	63	274
Souss -								
massa	164	164						
Souss Amont	52	52	4 585	5.7	158	9 802	12	152
Issen	37	37						
Massa et	75	75						
Tassila								
Tafilalet	180	180						
Ziz Moyen	70	70	416	0.8	179	2 000	4	176
Plaine	110	110						
Tafilalet								
Draa	376	376	200	0.6	375	1 500	4	372
Total	7 783	5 965	51 815	135	5 829	395 099	1 078	887

## Annexe 4 - Demande en eau des extensions d'irrigation

Périmètres	Superficie (ha)	Demande en eau (Mm <sup>3</sup> /an)
E3- E5-Z6	21 783	181
Z3-Z4	25 818	202
Z1-Z2-N10	3 500	343
Z5-extension beht Zrar	23 868	153
Bas loukkos	16 000	115
Dar Krofa	15 000	100
Total	137 470	094

## Annexe 5 - Comparaison des apports d'eau

Barrage	Série longue		Série courte		Série médiane	
	Définition	Apports (Mm <sup>3</sup> )	Définition	Apports (Mm <sup>3</sup> )	Définition	Apports (Mm <sup>3</sup> )
Dar Khrofa	1945-2006	201.5	1979-2006	156.0	1961-1990	217.9
Al Wahda	1939-2002	2 724.1	1979-2002	1 841.9	1961-1990	2 723.8
9 avril	1945-1999	75.9	1979-1999	50.8	1961-1990	74.8
Hassan Addakhil	1940-1999	146.8	1979-1999	94.6	1961-1990	138.7
Allal El Fassi	1939-1999	596.9	1979-1999	337.4	1961-1990	582.9
Aoulouz	1935-1999	179.7	1979-1999	150.2	1961-1990	212.0
Ibn Battouta	1945-1999	52.3	1979-1999	39.4	1961-1990	45.2
Hassan 1er	1939-1999	277.7	1979-1999	188.8	1961-1990	286.4
Idriss 1er	1939-1999	556.5	1979-1999	260.5	1961-1990	572.3
El Kansera	1939-1999	365.2	1979-1999	200.6	1961-1990	366.6
Mohammed Ben Abdelkrim Al Khattabi	1945-1999	48.2	1979-1999	19.9	1961-1990	53.9
Oued El Makhazine	1940-1999	751.3	1979-1999	484.7	1961-1990	677.9
Mansour Eddahbi	1940-1999	427.3	1979-1999	407.1	1961-1990	453.2
Mohammed V	1939-1999	837.7	1979-1999	563.7	1961-1990	817.4
Abdelmoumen	1936-1999	81.5	1979-1999	75.9	1961-1990	97.6
Moulay Youssef	1939-1999	287.3	1979-1999	232.5	1961-1990	302.7
Nakhla	1945-1999	55.1	1979-1999	47.6	1961-1990	61.9
Bin El Ouidane	1939-1999	1 049.7	1979-1999	642.4	1961-1990	1 082.9
Smir	1945-1999	27.1	1979-1999	24.0	1961-1990	27.7
Lalla Takerkoust	1935-1999	182.3	1979-1999	188.9	1961-1990	205.5
Sidi Mohammed Ben Abdellah	1939-1999	667.6	1979-1999	403.4	1961-1990	671.4
Youssef Ben Tachafine	1939-1999	134.5	1979-1999	89.9	1961-1990	137.7
Al Massira	1940-1999	1 798.3	1979-1999	1 137.6	1961-1990	019.1

## Annexe 6 : Consommation énergétique du secteur de l'eau

Evolution des volumes pompés pour les périmètres de Grande Hydraulique par ORMVA (m<sup>3</sup>)

ORMVA	2004	2005	2006	2007	2008	Moyenne 2004-08
Moulouya	46 586 040	51 737 000	48 640 272	39 725 000	50 389 297	47 415 522
Gharb	273 340 000	545 850 000	354 167 970	571 326 410	403 525 150	429 641 906
Doukkala	338 341 000	340 399 000	271 956 000	228 900 000	194 701 828	274 859 566
Tadla	7 573 000	9 068 000	6 982 000	7 800 000	7 188 066	7 722 213
Ouarzazate	2 270 000	2 483 000	2 253 000	2 500 000	2 242 296	2 349 659
Souss-Massa	88 399 667	93 258 000	94 341 500	68 750 000	44 990 000	77 947 833
Loukkos	151 805 714	171 860 675	143 350 494	108 405 195	132 931 094	141 670 634
Total	908 315 420	1 214 655 675	921 691 235	1 027 406 605	835 967 731	981 607 333

Evolution des consommations d'énergie pour les périmètres de Grande Hydraulique par ORMVA (kWh)

ORMVA	2004	2005	2006	2007	2008	Moyenne 2004-08
Moulouya	26 620 594	29 564 000	27 794 441	22 700 000	28 793 884	27 094 584
Gharb	27 334 000	54 585 000	35 416 797	57 132 641	40 352 515	42 964 191
Doukkala	54 400 000	53 135 000	41 707 000	34 200 000	28 543 108	42 397 022
Tadla	1 102 000	1 259 000	966 000	1 000 000	990 067	1 063 413
Ouarzazate	733 000	782 000	751 000	600 000	775 141	728 228
Souss-Massa	48 218 000	50 868 000	51 459 000	37 500 000	24 540 000	42 517 000
Loukkos	78 980 000	89 414 000	74 581 000	56 400 000	69 160 096	73 707 019
Total	237 387 594	279 607 000	232 675 238	209 532 641	193 154 811	230 471 457

### Estimation des besoins énergétiques d'eau d'irrigation à partir des eaux souterraines

Durant les vingt dernières années, des baisses continues des niveaux d'eau ont été observées au niveau de la quasi-totalité des aquifères du pays atteignant des valeurs alarmantes, dépassant parfois 2 mètres par an. Ces niveaux piézométriques évolueront dans le même sens que les bilans. Ils continueront à baisser. A l'horizon 2030, la baisse actuelle sera plus ou moins maintenue avec une atténuation par endroit. Entre 2030 et 2050, la baisse sera en perte de vitesse et on se rapprochera de l'équilibre vers 2050.

Le tableau ci-après récapitule les baisses retenues par bassin.

Bassin	Profondeurs moyenne retenues (m)	Baisse annuelle actuelle (m/an)	Baisse piézométrique moyenne retenue dans le contexte de la stabilité climatique	
			Entre 2010 et 2030 (m)	Entre 2010 et 2030 (m)
Loukkos	15	Stabilité	2	1
Moulouya	25	0.8	10	5
Sebou	100	0.5	10	5
Bou Regreg	15	0.7	10	5
Oum Erbia	35	0.6	8	4
Tensift	35	1.5	15	8
Souss-Massa	60	1.5	15	10
Guir-Ziz-Ghériss	15	0.2	4	2
Draa	15	0.3	5	3
Saquiât El Hamra et Oued Eddahab	60	0.1	2	1

L'énergie nécessaire au pompage des eaux souterraines a été estimée sur la base des volumes d'eau prélevés à partir des eaux souterraines, les profondeurs et leurs évolutions et en considérant un rendement de pompage de 35%, déduit de la littérature. Hammani et Yechi ont trouvé que, dans le périmètre du Tadla, le

maximum du rendement des stations de pompage de type électrique est de 0,59, tandis que le rendement global des installations alimentées par le gasoil ne dépasse pas 0,17.

La profondeur moyenne par bassin étant difficile à estimer, la travail a été conduit à partir de fourchettes, ce qui a donné des valeurs d'énergie comprises dans des fourchettes assez larges. L'énergie nécessaire au pompage des eaux souterraines ainsi calculé se situe globalement dans un contexte de stabilité climatique à près de 600 GWh/an.

Le tableau ci-après récapitule les quantités d'énergie nécessaires pour le prélèvement des eaux souterraines.

Année	Energie de pompage des eaux souterraines en Gwh par an dans un contexte de stabilité climatique
2010	550
2030	650
2050	650

### Estimation en eau des extensions d'irrigation

Les extensions d'irrigation sont évaluées selon les plans directeurs d'aménagement intégré des ressources en eau en cours de réalisation à près de 140 500 ha, dont près 106 500 ha sont situés dans le bassin du Sebou. Le tableau ci-après donne les principales caractéristiques de ces périmètres agricoles.

L'hypothèse pour le calcul des besoins énergétiques est :

$$\text{Puissance P1} = p \cdot g \cdot Q \cdot H / K1 \quad \text{avec :}$$

- p : masse volumique de l'eau prise égale à 1 Kg/l
- g : grandeur de pesanteur prise égale à 9.81/Kg
- Q : débit de l'eau en l/s
- H : hauteur nette en m
- K1 : rendement pris égal à 0.70

Périmètre	Superficie (ha)	Demande en eau (Mm <sup>3</sup> /an)	Hauteur de refoulement (m)	Besoin énergétique (GWH)
Z5, beht Est, Zrar	23 870	153	60	37
Z1, Z2, N10	35 000	343	30	40.5
Z3, Z4	25 818	202	30	23.5
E5, Z6, E3	21 783	181	30	22
Périmètre Dar Khrofa	16 000	100	90	38
Périmètre Bas Loukkos	18 000	120	140	68
Total	140 470	1 100	-	230

### Estimation des besoins énergétique pour le transfert d'eau

En vue d'atténuer le déficit alarmant observé actuellement dans le bassin de l'Oum Er Rbia et de soutenir le développement socioéconomique des bassins de Bouregreg, de l'Oum Er Rbia et du Tensift, la stratégie nationale des ressources en eau a recommandé la réalisation d'un projet de transfert d'eau à partir des bassins du Sebou, du Loukkos et de l'Oued Laou. Ce projet, qui sera réalisé en deux phases, vise le transfert d'un volume d'eau de l'ordre de 800 Mm<sup>3</sup>/an :

- Première phase : 400 Mm<sup>3</sup>/an à partir du bassin du Sebou,
- Deuxième phase : 400 Mm<sup>3</sup>/an à partir des bassins du Loukkos et de l'Oued Laou.

Plusieurs solutions, qui diffèrent principalement par le tracé et le volume d'eau transférable, ont été étudiées. Les principales caractéristiques de ce projet peuvent être résumées de la manière suivante :

Solution	Coût des ouvrages (unité)	Station de pompage		Linéaire (km)			
		HMT (m)	Nombre	Canaux	Galerie	Conduites	Total
T1	36.6	596	8	145.5	191.2	80	416.6
T1V	33.65	450	8	171.8	150	73	394
T2	32.35	592	8	197	191	78	446
T2V	32.01	450	8	250	150	73	473
T2bis	37.7	596	8	221	191	75	487
T2bisV	34.28	450	8	247	150	73	470

Les hypothèses utilisées pour le calcul de la consommation énergétique du projet de transfert d'eau peuvent être résumées de la manière suivante :

- Rendement de pompe : 0,7
- Volume transférable : 800 Mm<sup>3</sup>/an
- Hauteur de refoulement : 450 m

Avec ces hypothèses, la consommation énergétique serait de l'ordre de 1 400 GWh, soit près de 1,8 kWh/m<sup>3</sup>.

## Estimation des besoins énergétiques du secteur de l'eau potable

### ONEP

Indicateur	2005	2006	2007	2008
Volume d'eau produit (Mm <sup>3</sup> )	753	767	778	794
Consommation énergétique (GWh)	452	468	500	516
Ratio (kWh/m <sup>3</sup> )	0.6	0.61	0.64	0.65

### Société Oum Er Rbia

Indicateur	2005	2006	2007	2008
Volume d'eau produit (Mm <sup>3</sup> )	60	60	60	60
Consommation énergétique (GWh)	35	35	35	35
Ratio (kWh/m <sup>3</sup> )	0.58	0.58	0.58	0.58

### Régies en 2006

Indicateur	Volume d'eau produit (Mm <sup>3</sup> )	Consommation énergétique (GWh)	Ratio (kWh/m <sup>3</sup> )
RADEEF	17.306	8.51	0.492
RADEM	25.43	0	0
RAK	15.954	8.35	0.523
RADEEJ	2.401	2.63	1.095
RADEEL	1.124	0.85	0.75
RADES	0.693	0.477	0.685
RADEO	12.688	8.92	0.704
RADEEC	0.515	0.39	0.748
RADEET	1.409	2.20	1.568
RADEETA	7.173	3.61	0.504

Régies en 2007

Indicateur	Volume d'eau produit (Mm³)	Consommation énergétique (GWh)	Ratio (kWh/m³)
RADEEF	16.675	8.53	0.512
RADEM	20.83	0	0
RAK	14.942	8.03	0.538
RADEEJ	2.455	3.10	1.264
RADEEL	1.222	0.88	0.723
RADES	0.711	0.5	0.714
RADEO	11.255	8.30	0.7038
RADEEC	0.471	0.32	0.662
RADEET	1.587	2.15	1.357
RADEETA	5.675	3.77	0.666

Régie en 2008

Indicateur	Volume d'eau produit (Mm³)	Consommation énergétique (GWh)	Ratio (kWh/m³)
RADEEF	17.598	8.12	0.461
RADEM	15.28	0	0
RAK	13.657	7.4	0.542
RADEEJ	2.289	2.64	1.154
RADEEL	1.109	0.62	0.56
RADES	0.669	0.511	0.765
RADEO	10.783	8.21	0.762
RADEEC	0.469	0.477	1.019
RADEET	1.139	2.15	1.891
RADEETA	5.931	3.28	0.553

## Annexe 7 : Production de l'énergie hydroélectrique

Année	Puissance installée (MW)	Production énergétique (GWh)
1980	615.4	1 515
1981	615.4	1 024
1982	615.4	572
1983	615.4	481
1984	615.4	366
1985	615.4	486
1986	615.4	643
1987	615.4	825
1988	615.4	936
1989	615.4	1 157
1990	615.4	1 219
1991	615.4	1 266
1992	922.4	981
1993	922.4	454
1994	922.4	855
1995	922.4	605
1996	922.4	1 938
1997	1 167	2 062
1998	1 167	1 759
1999	1 167	817
2000	1 167	705
2001	1 167	862
2002	1 265	842
2003	1 265	1 450
2004	1 498	1 600
2005	1 729	958
2006	1 729	982
2007	1 729	902
2008	1 729	916.2

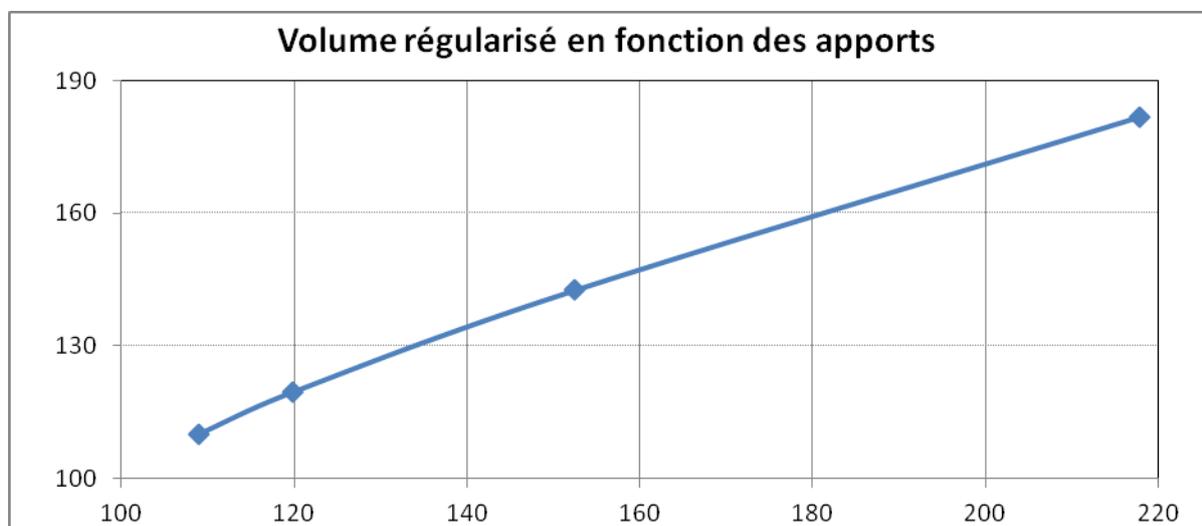
## Annexe 8 : Relations entre déficit pluviométrique et déficit écoulement

Bassin	Année	Déficit pluviométrique (%)	Déficit écoulement (%)	Rapport DéfE/déf p	Source
Haut Sebou	2006-2007	32.23	63	2	Situation hydrologique
Ouergha	2006-2007	33.41	76	2	Situation hydrologique
Beht	2006-2007	33.41	76	2	Situation hydrologique
Inaouene	2006-2007	37.5	86	2	Situation hydrologique
Massa	2006-2007	60	91	1.5	Situation hydrologique
Issen	2006-2007	55	91	2	Situation hydrologique
Issen	2007-2008	62	88	1.4	
Massa	2007-2008	40	88	2	
Maroc	1991-1992	9.6	44	4	Un siècle d'observations météorologiques Sécheresse et gestion de l'eau au Maroc
Maroc	1992-1993	38.3	75	2	Un siècle d'observations météorologiques Sécheresse et gestion de l'eau au Maroc
Maroc	1993-1994	11.8	25	2	Un siècle d'observations météorologiques Sécheresse et gestion de l'eau au Maroc
Maroc	1994-1995	36.5	73	2	Un siècle d'observations météorologiques Sécheresse et gestion de l'eau au Maroc

## Annexe 9 : Simulations des performances hydrauliques de quelques barrages

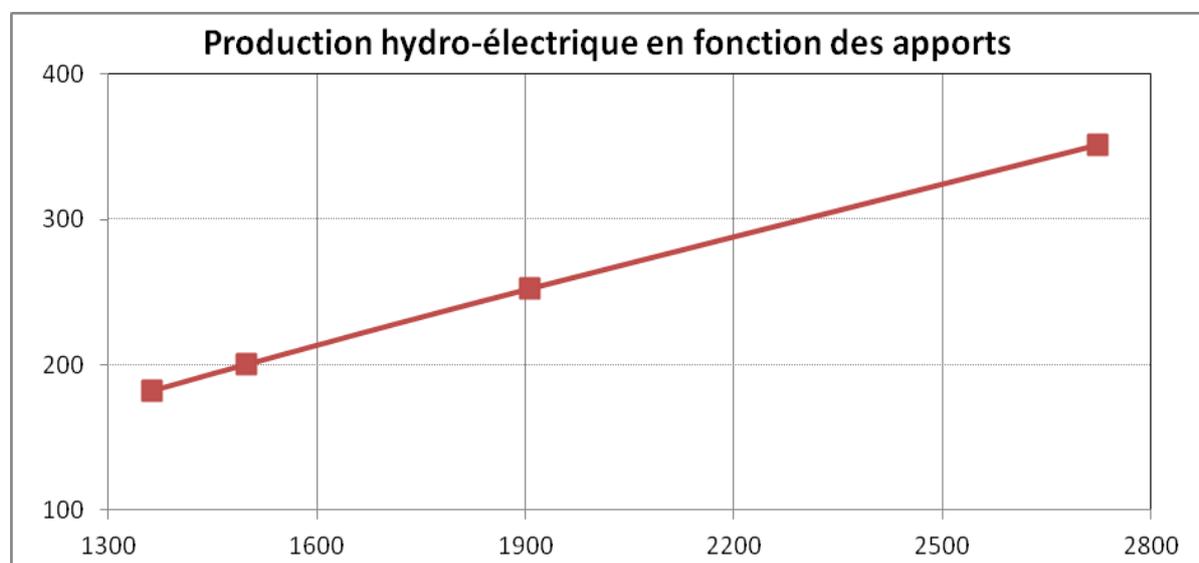
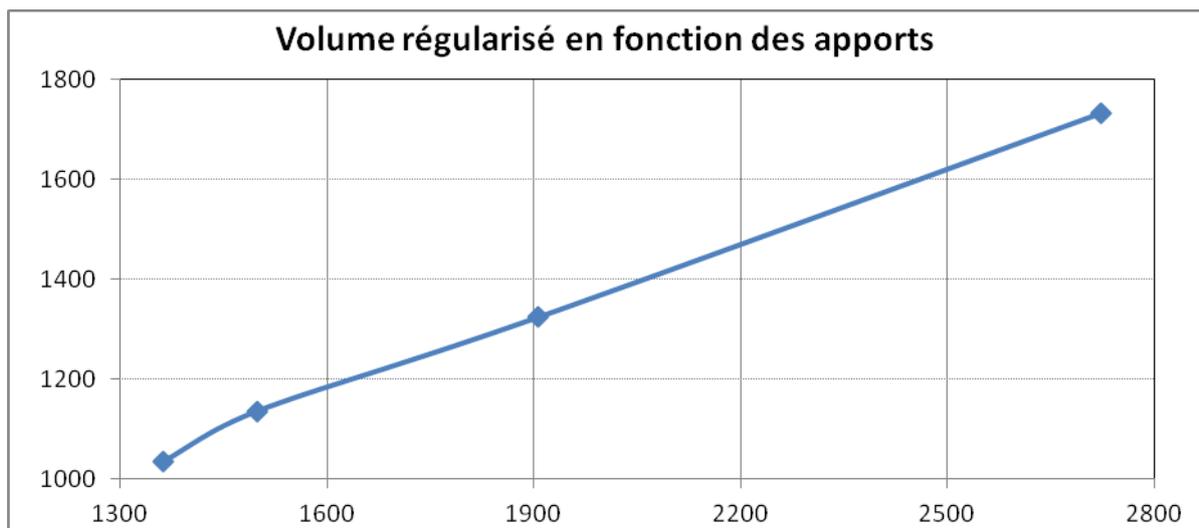
Barrage Dar Khrofa

Scénarios	Série 1961-1990	Série réduite de 30%	Série réduite de 45%	Série réduite de 50%
Apports (Mm <sup>3</sup> /an)	217.9	152.5	119.8	109.0
Volume régularisé (Mm <sup>3</sup> /an)	181.9	142.6	119.5	110.0
Déficit maximum (%)	50%	49%	49%	50%
Déficit moyen (%)	11%	10%	9%	9%
Fréquence de défaillance (%)	20%	20%	20%	20%
Production hydro-électrique (GWh)	0.0	0.0	0.0	0.0
Réduction des apports	-	30%	45%	50%
Réduction du volume régularisé	-	22%	34%	40%
Réduction de la production hydro-électrique	-	-	-	-



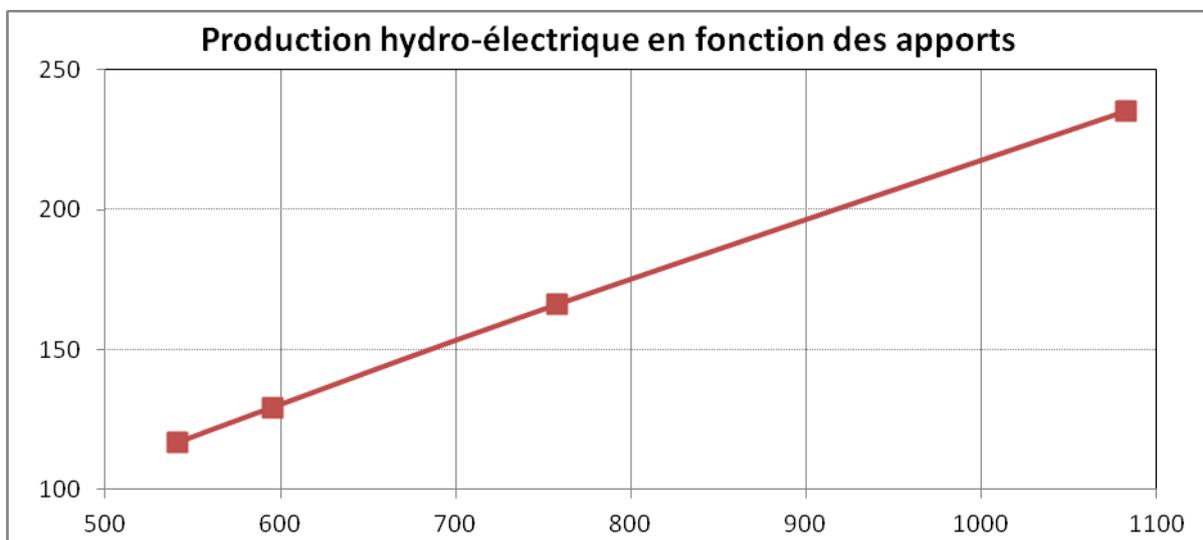
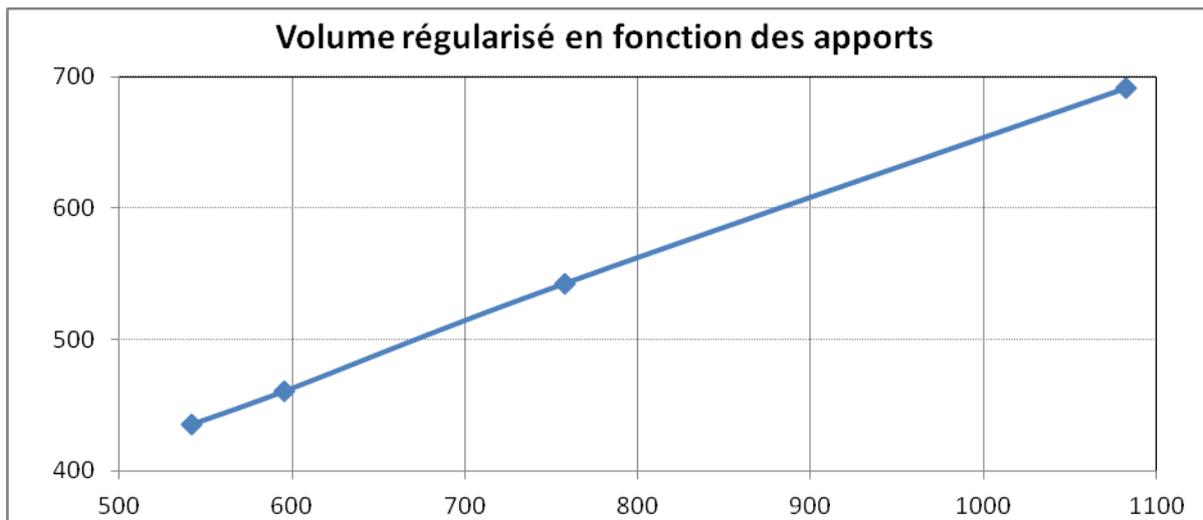
Barrage Al Wahda

Scénarios	Série 1961-1990	Série réduite de 30%	Série réduite de 45%	Série réduite de 50%
Apports (Mm <sup>3</sup> /an)	2 723.8	1 906.6	1 498.2	1 362.2
Volume régularisé (Mm <sup>3</sup> /an)	1 733.7	1 323.8	1 135.0	1 033.7
Déficit maximum (%)	50%	44%	50%	50%
Déficit moyen (%)	6%	5%	9%	9%
Fréquence de défaillance (%)	20%	20%	20%	17%
Production hydro-électrique (GWh)	351.0	252.1	200.0	181.9
Réduction des apports	-	30%	45%	50%
Réduction du volume régularisé	-	24%	35%	40%
Réduction de la production hydro-électrique	-	28%	43%	48%



**Barrage Bin El Ouidane**

Scénarios	Série 1961-1990	Série réduite de 30%	Série réduite de 45%	Série réduite de 50%
Apports (Mm³/an)	1 082.9	758.0	595.6	541.5
Volume régularisé (Mm³/an)	691.0	542.6	460.7	435.1
Déficit maximum (%)	50%	50%	50%	50%
Déficit moyen (%)	7%	10%	8%	8%
Fréquence de défaillance (%)	20%	20%	20%	20%
Production hydro-électrique (GWh)	235.2	166.0	129.2	116.7
Réduction des apports	-	30%	45%	50%
Réduction du volume régularisé	-	21%	33%	37%
Réduction de la production hydro-électrique	-	29%	45%	50%



## Annexe 10 : Production hydro-électrique réalisée par rapport à celle escomptée

<b>Année</b>	<b>Production escomptée (GWh)</b>	<b>Production réalisée (GWh)</b>
1993	1 962	454.065
1994	1 962	855.064
1995	1 962	618.123
1996	2 352	1 965.492
1997	2 352	2 091.699
1998	2 352	1 785.351
1999	2 382	833.874
2000	2 382	719.863
2001	2 582	872.839
2002	2 616	852.231
2003	2 616	454.012

## Bibliographie

Climate Change Scenarios for Morocco - Final Technical Report - 2007

Plate forme du Débat National sur l'Eau – MATEE - 2007

Stratégie Nationale des Ressources en Eau - 2009

Plan Maroc Vert – Demande en eau

Mission V du Plan National de l'Eau : Proposition pour le choix du Plan National de l'Eau

Mission III du Plan National de l'Eau : Planification des ressources en eau

Etude d'actualisation du Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau du Bassin du Sebou - 2007

Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eau des Bassins du Bou Regreg, Sebou et Oum Er Rbia –  
Rapport du CSEC

Etude du secteur de l'eau – Synthèse

Prévisions des besoins en eau potable en milieu urbain – ONEP – 2006

Projet de gestion des ressources en eau – Etude de l'irrigation privée

Etude des schémas de transfert d'eau des bassins Loukkos, Laou, Sebou vers le Sud

Conseil d'administration de l'Office National de l'Eau Potable

Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées

Revue stratégique du Programme National d'Assainissement Liquide et d'Épuration des Eaux Usées

Rapport Banque Mondiale : Chapitre 16 Comment tirer le meilleur parti des ressources en eau peu abondantes

## VIII. Table des illustrations

### Figures

Figure 1 - Déficits en eau enregistrés au niveau des périmètres agricoles.....	16
Figure 2 - Taux de remplissage des bassins des retenues marocaines.....	17
Figure 3 - Evolution de la facture pétrolière en Milliards de Dh.....	27
Figure 4 - Evolution de la facture énergétique en Milliards de Dh.....	28
Figure 5 - Répartition de la consommation énergétique en 2008.....	28
Figure 6 - Evolution indicielle de la consommation d'électricité, du PIB et de la population (base 100 : 1988).....	30
Figure 7 - Evolution de la consommation en GWh.....	31
Figure 8 - Tendances du taux de croissance de la demande d'électricité.....	32
Figure 9 - Projections de la demande en énergie électrique et en puissance de pointe.....	33
Figure 10 - Projection de la demande d'électricité en TWh.....	34
Figure 11 - Répartition de la puissance installée en 2008 en MW.....	36
Figure 12 - Evolution Puissance installée et Puissance maximale appelée à la pointe.....	37
Figure 13 - Plan d'équipement 2009-2016.....	41
Figure 14 - Investissement annuel dans des nouvelles capacités d'énergies renouvelables (en milliards USD, à l'exclusion des grandes centrales hydro-électriques).....	43
Figure 15 - Répartition géographique du potentiel en biomasse.....	45
Figure 16 - Répartition des capacités installées en 2008.....	45
Figure 17 - Répartition de la pluviométrie par zone.....	46
Figure 18 - Les zones potentielles de développement de l'éolien.....	49
Figure 19 - Les potentiels de développement du solaire.....	50
Figure 20 - Les zones à fort potentiel de développement de la biomasse.....	51
Figure 21 - Consommation du gasoil dans le secteur du transport.....	56
Figure 22 - Evolution projetée des températures selon les différents scénarios socioéconomiques du GIEC.....	65
Figure 23 - Réduction de la pluviométrie annuelle HadC M <sup>3</sup> , scénario A2 (période de référence : 1961-90).....	66
Figure 24 - Taux d'augmentation du besoin hydrique moyen.....	71

### Tableaux

Tableau 1 - Synthèse des bilans hydrauliques sans et avec changements climatiques.....	8
Tableau 2 - Consommations énergétiques en GWh.....	8
Tableau 3 - Ecoulement moyen d'eau de surface par bassin hydraulique.....	11
Tableau 4 - Potentiel en ressources en eau souterraine par bassin en Mm <sup>3</sup> .....	12
Tableau 5 - Potentiel en eaux usées par bassin.....	12
Tableau 6 - Retombées économiques de la gestion des ressources en eau (Année 2008).....	14
Tableau 7 - Indicateurs du secteur de l'eau potable en milieu urbain.....	14
Tableau 8 - Superficies aménagées par les pouvoirs publics en ha.....	15
Tableau 9 - Répartition des superficies irriguées selon le mode d'irrigation en ha.....	16
Tableau 10 - Evolution de la demande en eau future sans changements climatiques en Mm <sup>3</sup> .....	17
Tableau 11 - Besoins en eau d'irrigation par bassin en Mm <sup>3</sup> .....	18

Tableau 12 - Evolution des volumes d'eau de surface mobilisables en Mm <sup>3</sup> .....	19
Tableau 13 - Prélèvements au fil de l'eau en Mm <sup>3</sup> /an .....	20
Tableau 14 - Evolution des retours d'eau d'irrigation en Mm <sup>3</sup> .....	21
Tableau 15 - Evolution des sorties par les exutoires naturels .....	21
Tableau 16 - Bilans prévisionnels des eaux souterraines sans tenir compte de l'impact éventuel des changements climatiques .....	21
Tableau 17 - Evolution des volumes des eaux non conventionnelles mobilisables en Mm <sup>3</sup> .....	23
Tableau 18 - Bilan global des eaux sans l'impact des changements climatiques en Mm <sup>3</sup> .....	24
Tableau 19 - Evolution de la consommation d'énergie dans le secteur de l'eau .....	24
Tableau 20 - Evolution des besoins énergétiques en GWh.....	26
Tableau 21 - Evolution de la production d'électricité par source en GWh .....	31
Tableau 22 - Projection de la demande d'électricité en TWh.....	34
Tableau 23 - Répartition du parc de production électrique en 2008.....	36
Tableau 24 - Les flux annuels d'investissement dans les technologies d'Energie Renouvelable .....	44
Tableau 25 : Projets réalisés ou planifiés en éolien.....	46
Tableau 26 - Projets réalisés ou planifiés en solaire.....	47
Tableau 27 - Contribution des énergies renouvelables.....	47
Tableau 28 - Caractéristiques des projets futurs d'énergie solaire.....	50
Tableau 29 - Objectif du solaire thermique à basse température .....	51
Tableau 30 - Le solaire PV pour les applications décentralisées.....	51
Tableau 31 - Le solaire PV connecté au réseau.....	51
Tableau 32 - Objectifs à l'horizon 2020 .....	52
Tableau 33 - Synthèse de la nouvelle stratégie de renforcement de l'efficacité énergétique.....	57
Tableau 34 - Caractéristiques des usines hydroélectriques prévues par les PDAIREs.....	59
Tableau 35 - Performances des usines hydroélectriques réalisées .....	59
Tableau 36 - Principales usines hydroélectriques programmées par les PDAIREs.....	60
Tableau 37 - Simulations hydrauliques avec la série 1961-1990.....	67
Tableau 38 - Volumes mobilisés prévisionnels en tenant compte des changements climatiques.....	67
Tableau 39 - Comparaison des résultats des simulations hydrauliques basées sur la série 1939-1996 avec celles basées sur la série 1939-1982 .....	68
Tableau 40 - Coefficients de la réduction de la recharge naturelle.....	68
Tableau 41 - Réduction de la recharge naturelle en Mm <sup>3</sup> .....	68
Tableau 42 - Retour d'eau d'irrigation dans le contexte des changements climatiques en Mm <sup>3</sup> .....	69
Tableau 43 - Sorties par les exutoires naturels dans le contexte des changements climatiques .....	70
Tableau 44 - Bilans prévisionnels des eaux souterraines avec l'impact éventuel des changements climatiques .....	70
Tableau 45 - Bilan global des eaux avec l'impact des changements climatiques en Mm <sup>3</sup> .....	71
Tableau 46 - Coût des solutions alternatives pour compenser les réductions dues aux changements climatiques .....	73