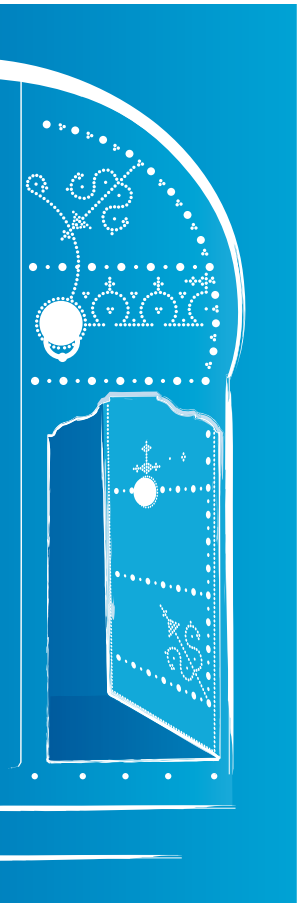
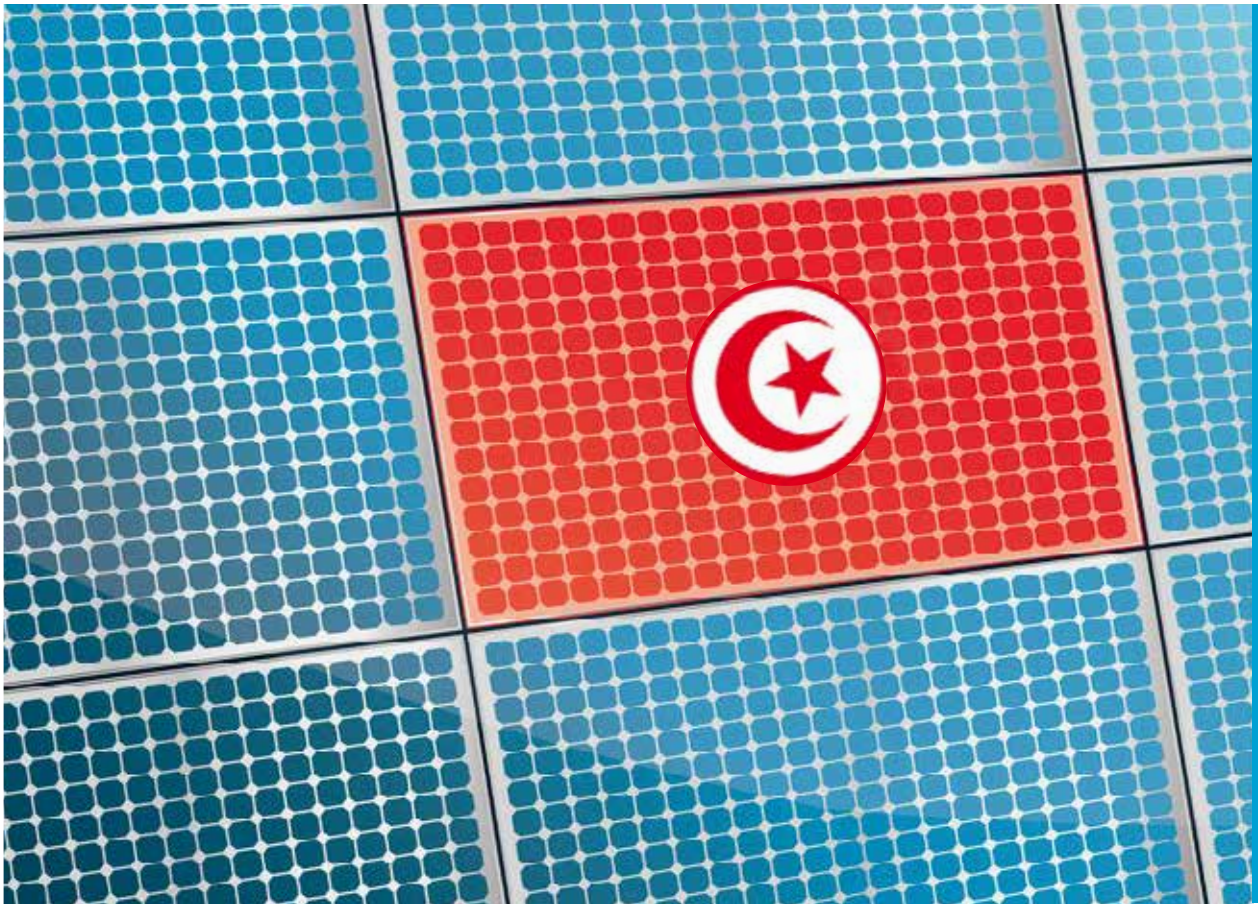




Énergie renouvelable et efficacité énergétique en Tunisie : emploi, qualification et effets économiques

Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

التعاون
الألماني
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT

ANME

MENTIONS LÉGALES

À son titre d'entreprise fédérale, la GIZ soutient le gouvernement allemand dans la realisation de ses objectifs de coopération internationale pour le développement durable.

Publié par
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sièges de la société
Bonn et Eschborn, Allemagne
T +49 228 44 60-0 (Bonn)
T +49 61 96 79-0 (Eschborn)

Friedrich-Ebert-Allee 40
53113 Bonn, Allemagne
T +49 228 44 60-0
F +49 228 44 60-17 66
E info@giz.de
I www.giz.de

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5
65760 Eschborn, Allemagne
T +49 61 96 79-0
F +49 61 96 79-11 15
E info@giz.de
I www.giz.de

Bureau de la GIZ à Tunis
Le Grand Boulevard de la Corniche
Immeuble le Grand Boulevard
Les Berges du Lac II
Tunis
Tunisie
T +216 71 967 220
F +216 71 967 227
E GIZ-Tunesien@giz.de
I www.giz.de

Responsable
Ulrich Laumanns (GIZ)
Projet « Promotion des energies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Tunisie »

Auteurs
Ulrike Lehr (GWS)
Anke Mönnig (GWS)
Rafik Missaoui (Alcor)
Sami Marrouki (Alcor)

Conception
MediaCompany GmbH

Photos
Page de garde: Fotolia.com / kotoyamagami
Autre: GIZ

Impression
Das Druckhaus GmbH
Printed on 100 % recycled paper,
certified to FSC standards

Lieu et date de publication
Tunis, décembre 2012

Énergie renouvelable et efficacité énergétique en Tunisie : emploi, qualification et effets économiques

SOMMAIRE

RÉSUMÉ EXÉCUTIF 4

INTRODUCTION 6

PARTIE I : LES EXPÉRIENCES INTERNATIONALES AVEC LA CRÉATION D'EMPLOI DANS LE DOMAINE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE 7

1 INTRODUCTION 8

2 MESURER L'EMPLOI – CONCEPTS ET DÉFINITIONS 8
- 2.1 Emploi brut, net, direct et indirect 8
- 2.2 Méthodes 9
- 2.3 Approche de l'étude 11

3 RÉSULTATS INTERNATIONAUX 12
- 3.1 Estimations mondiales 13
- 3.2 Estimations européennes 14
- 3.3 Études de pays 18
  - 3.3.1 Espagne 18
  - 3.3.2 France 19
  - 3.3.3 Italie 19
  - 3.3.4 Portugal 20
  - 3.3.5 Chine 20
  - 3.3.6 Allemagne 21
  - 3.3.7 Obstacles et motivations du secteur des énergies renouvelables 23

4 IMPACTS DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE 25
- 4.1 Expériences internationales 25
- 4.2 Expérience allemande 26

5 CONCLUSIONS 28

PARTIE II : L'EXPÉRIENCE TUNISIENNE EN MATIÈRE D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET D'ÉNERGIE RENOUVELABLE : IMPACTS SUR L'EMPLOI 29

1 INTRODUCTION 30

2 SITUATION ÉNERGÉTIQUE NATIONALE 30
- 2.1 Profil de la demande énergétique 30
- 2.2 La politique tunisienne de maîtrise de l'énergie 32

3 LES PROGRAMMES DE MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE EN TUNISIE 32
- 3.1 Le programme triennal (2005-2007) 32
- 3.2 Le programme quadriennal (2008-2011) 33
- 3.3 Perspective de la maîtrise de l'énergie : le Plan solaire tunisien 34

4 BILAN DES RÉALISATIONS 2005-2010 35
- 4.1 Réalisations dans le domaine des énergies renouvelables 35
  - 4.1.1 L'éolien 35
  - 4.1.2 Le solaire thermique 35
  - 4.1.3 Le solaire photovoltaïque 37
- 4.2 Réalisations dans le domaine de l'efficacité énergétique 37
  - 4.2.1 Les contrats-programmes 37
  - 4.2.2 La cogénération 37
  - 4.2.3 Les lampes à basse consommation 37
  - 4.2.4 L'efficacité énergétique des bâtiments 37
  - 4.2.5 Les autres domaines d'efficacité énergétique 39

5 ÉVALUATION DU MARCHÉ DES BIENS ET SERVICES RELATIFS AUX PROGRAMMES DE MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE 39
- 5.1 Le marché du solaire thermique 39
- 5.2 Le marché du photovoltaïque 40
- 5.3 Le marché de l'éolien 40
- 5.4 Le marché des audits et contrat-programmes (CP) 42
- 5.5 Le marché de la cogénération 42
- 5.6 Le marché de l'efficacité énergétique dans les bâtiments 42
- 5.7 Le marché des bancs de diagnostic moteurs 43
- 5.8 Le marché des équipements économes en énergie 44

6 ÉVALUATION DES EMPLOIS CRÉÉS 45
6.1 Approche méthodologique 45
6.2 Caractérisation des emplois directs 45
6.3 Évaluation des emplois directs dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique 45
6.3.1 La filière solaire thermique 45
6.3.2 La filière solaire photovoltaïque 47
6.3.3 La filière éolienne 49
6.3.4 Les audits énergétiques et les contrats-programmes 51
6.3.5 Les autres programmes d'efficacité énergétique 51
6.3.5.1 Le secteur du bâtiment 51
6.3.5.2 Les établissements de services énergétiques (ESE) 51
6.3.5.3 Le programme des bancs de diagnostic 51
6.3.5.4 La cogénération 52
6.3.6 Le marché des équipements électroménagers efficaces en énergie 52
6.3.6.1 Le marché des lampes à basse consommation (LBC) 52
6.3.6.2 Les appareils électroménagers 54
6.4 Synthèse de l'évaluation des emplois directs dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique 54

7 IDENTIFICATION ET ÉVALUATION DES PRINCIPAUX ACTEURS D'APPUI 55
7.1 Enseignement et formation 55
7.1.1 Formation universitaire 55
7.1.2 Formation professionnelle 56
7.1.3 Formation continue et renforcement des capacités nationales 56
7.2 Essais et Recherche & Développement 56
7.3 Promotion et encadrement 57

8 IDENTIFICATION DES ENTREPRISES OPÉRANT DANS LE DOMAINE DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE EN TUNISIE 57
8.1 Au niveau des énergies renouvelables 57
8.1.1 Le solaire thermique 57
8.1.2 Le solaire photovoltaïque 57
8.1.3 L'éolien 58
8.2 Au niveau de l'efficacité énergétique 58

9 SYNTHÈSE 59

PARTIE III : PERSPECTIVES POUR LA CRÉATION D'EMPLOI DANS LE DOMAINE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EN TUNISIE 61

1 APPROCHE GLOBALE 62
1.1 Emploi le long de la chaîne de valeur 62

2 SCENARIO POUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EN TUNISIE 63
2.1 Quantification de la capacité installée, énergie économisée et investissement 63
2.2 Exploitation et maintenance 65
2.3 Les hypothèses 65
2.3.1 Importations 65
2.3.2 Exportations 70
2.4 Présentation rapide du scénario 71

3 EFFETS SUR L'EMPLOI – LEVIERS ET DÉFIS 72

4 RÉSULTATS 73

5 ANALYSE DE SENSIBILITÉ – COMBIEN D'EMPLOIS 100 MILLIONS DINARS TUNISIENS PEUVENT-ILS CRÉER? 77
5.1.1 Emplois créés par les investissements dans l'énergie éolienne 77
5.1.2 Emplois créés par les investissements dans la production de l'électricité photovoltaïque 79
5.1.3 Emplois créés par les investissements dans la production de l'électricité à partir de l'énergie solaire à concentration 79
5.1.4 Emplois créés par les investissements dans la production de chauffe-eau solaires 82
5.1.5 Emplois créés par les investissements dans les bâtiments de basse consommation d'energie 84
5.2 Analyse de sensibilité faisant apparaître des exportations plus élevées 84

6 RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS 84
6.1 Aperçu 84
6.2 Qualification 85
6.3 Politique de soutien et financement des énergies renouvelables 86

BIBLIOGRAPHIE 87

RÉSUMÉ EXÉCUTIF

En Tunisie, le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique selon le Plan solaire tunisien actuel et au-delà (2030) pourraient générer entre **7 000 et 20 000** emplois supplémentaires. L'investissement total serait de l'ordre de **8,28 milliards TND**[1] pour les énergies renouvelables et **1,5 milliard TND** pour l'efficacité énergétique. La capacité totale installée d'énergie renouvelable pour la production d'électricité sera d'environ **4 045 MW** et la capacité additionnelle de chauffe-eau solaires d'environ **700 MW**. L'économie totale d'énergie d'ici à 2030 sera de **120 000 GWh**.

À ce jour, environ **3 390 personnes** sont employées dans des activités liées aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique. Sur ce nombre, 1 445 travaillent dans le domaine des énergies renouvelables, 930 dans celui de l'efficacité énergétique et environ 975 dans les activités transversales, à savoir la recherche et développement, la consultance et la promotion de la maîtrise de l'énergie.

Compte tenu de la structure de production actuelle en Tunisie, sur le court terme, la plupart des emplois créés concerneront les activités **d'installation, de fonctionnement et d'entretien des capacités d'énergies renouvelables** ainsi que celles qui sont liées à **l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les bâtiments**. Sur le long terme, il est envisagé **d'accélérer l'intégration** industrielle et **d'exporter** des installations photovoltaïques (PV) et des chauffe-eau solaires.

Dans le secteur des énergies renouvelables, on constate une évolution des compétences correspondant essentiellement à des spécialisations des compétences existantes : les électriciens se spécialisent dans le PV, les plombiers dans les chauffe-eau solaires, etc. L'emploi additionnel, en fonction du scénario export/import, se situera **entre 0,2 % et 0,5 %** de l'emploi actuel. C'est dans le secteur de la construction et dans celui de la production de machines et de matériel électrique qu'il progressera le plus (en pourcentage). Globalement, dans ces deux secteurs, les emplois créés **feront augmenter la force de travail d'environ 1,4 %** en 2016 comparativement à aujourd'hui.

Si on compare le nombre d'emplois créés pour 100 millions de dinars investis, c'est **l'efficacité énergétique dans les bâtiments** qui arrive au premier rang, devant la **fabrication de chauffe-eau solaires** et **les installations photovoltaïques**. Viennent ensuite l'énergie éolienne et l'énergie solaire à concentration (ESC). Bien qu'il soit facile d'importer et de mettre en œuvre des installations de production photovoltaïque dans n'importe quel pays, la mise en place de nouvelles capacités de production ne semble pas souhaitable à grande échelle dans la phase de consolidation en cours sur les marchés internationaux du PV. La Tunisie devrait bénéficier de la baisse des prix du PV et tirer profit des possibilités d'emploi dans l'installation et dans la production de composants électriques et électroniques de systèmes photovoltaïques.

L'énergie éolienne ne contribue pas à la création d'emplois autant que les trois premières technologies mais elle offre également des chances de **développement technologique** car la fabrication de composants entraîne une demande supplémentaire dans d'autres secteurs de production. En outre, l'énergie éolienne nécessite des emplois dans les services d'enseignement.

Pour réussir sur les marchés internationaux, les produits doivent être **certifiés** et doivent **respecter des normes de qualité**. Pour les procédures de certification, de nouvelles qualifications sont nécessaires dans le secteur des services, conformément à des normes internationales telles que la certification Solar Keymark. Cela ouvre de nouvelles opportunités pour la qualification dans le secteur des services.

En plus du soutien financier du FNME (Fonds national de maîtrise de l'énergie), le Plan solaire tunisien devrait être cofinancé et soutenu financièrement par les institutions financières internationales, l'Union européenne, la coopération bilatérale, les fonds liés au changement climatique, etc. Par conséquent, les effets d'éviction sur les investissements alternatifs n'ont pas été analysés dans le présent travail.

Les investissements dans la production de chauffe-eau solaires, dans les mesures d'isolation des bâtiments et dans les installations photovoltaïques pour le résidentiel peuvent s'amortir dans un délai raisonnable (5-10 ans). L'isolation des bâtiments et les installations photovoltaïques peuvent considérablement faire baisser les coûts de la climatisation en raison de la diminution du besoin de refroidissement d'une part et de l'augmentation du coût marginal d'électricité au moment des pics de la demande d'électricité. Cependant, l'intérêt pour le consommateur dépendra des prix futurs de l'électricité. Produire de l'électricité photovoltaïque aux heures de pointe vers le milieu de la journée permettra également de contribuer à équilibrer la charge sur le réseau. Cela peut, dans une certaine mesure, inciter la Société Tunisienne d'Electricité et du Gaz (STEG) à soutenir le développement du PV résidentiel. Ces trois technologies ont besoin de soutien pour l'investissement initial à des conditions raisonnables, à l'image du programme

1 Dinars tunisiens. 1 TND = 0,49 EUR (octobre 2012).

PROSOL qui existe pour les chauffe-eau solaires ou du programme PROMO-ISOL qui a été suggéré pour l'isolation des toitures.

Une politique volontariste et **continue** d'appui aux énergies renouvelables **améliore les perspectives d'emploi**. L'expérience internationale montre qu'un cadre politique stable et des mécanismes de soutien transparents sont les conditions préalables les plus importantes pour la réussite du développement des énergies renouvelables. Les grands projets d'infrastructure tels que les parcs éoliens conduisent souvent à des investissements discontinus. En termes d'emploi, les stratégies de qualification ont besoin d'un développement continu, sinon elles sont inefficaces et peuvent décevoir la force de travail qualifiée.

Le deuxième pilier du Plan solaire tunisien, **l'efficacité énergétique**, a besoin de stratégies **d'information pour les ménages, les entreprises et les services**. Les avantages à long terme des appareils économes en énergie doivent être expliqués aux consommateurs. Des conseils en énergie, l'étiquetage et les campagnes de publicité sur l'efficacité énergétique sont le minimum requis pour la réussite de cette composante. Encore une fois, les gains futurs de l'efficacité énergétique dépendent du système de tarification de l'énergie.

Globalement, le fait d'accroître l'efficacité énergétique, d'augmenter les capacités d'énergie renouvelable de sorte qu'elles représentent 30 % de la production d'électricité et de faire passer à 700 MW la puissance du parc de chauffe-eau solaires aura un impact positif sur l'économie. **Le PIB augmentera de près de 0,4 %**, l'investissement **progressera de 1,4 %** de plus que dans le cas de référence. Malgré l'augmentation des importations, les effets globaux sont positifs. **Les exportations augmenteront de 0,1 % et l'emploi de 0,2 %.**

INTRODUCTION

Les stratégies visant à augmenter la contribution des énergies renouvelables dans l'offre énergétique et à améliorer l'efficacité énergétique dans les différents secteurs économiques sont à l'ordre du jour de plusieurs pays. En plus de raisons évidentes telles que la réduction des gaz à effet de serre et la protection des ressources, ces activités sont souvent liées à une volonté de développement économique et de création d'emplois. Plusieurs études montrent que, sous réserve de l'appui politique nécessaire et d'un bouquet d'instruments appropriés, des effets positifs sur le marché du travail, la qualification et l'innovation peuvent être observés. Ces études ont été faites principalement dans le contexte de pays industrialisés pour évaluer les effets des différentes politiques de soutien des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Pour les pays en développement, les effets des applications décentralisées telles que l'énergie photovoltaïque en Inde ou l'efficacité énergétique dans les zones rurales comme, par exemple, les foyers améliorés en Afrique, ont été analysés. Ces études sont spécifiques à certains projets dans le contexte de certaines politiques de développement. Dans le contexte des marchés émergents (en Tunisie, par exemple), les effets n'ont pas été examinés en profondeur. Récemment et depuis l'intérêt porté à des projets tels que DESERTEC et le Plan solaire méditerranéen, ces activités font l'objet d'une attention accrue. Par ailleurs, les activités nationales telles que le Plan solaire tunisien (PST) offrent la possibilité de créer des emplois hautement qualifiés dans la production, l'exploitation et la maintenance, qui revêtent une grande importance, notamment dans le contexte des changements récents enregistrés dans la région.

Dans ce contexte, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), dans le cadre du projet « Promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Tunisie » qui est financé par le Ministère Fédéral Allemand de la Coopération Economique et du Développement (BMZ), a chargé le consortium composé par GWS (Osnabrück) et Alcor (Tunis) de réaliser une étude sur l'impact des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique sur l'emploi en Tunisie dans le passé, le présent et le futur. L'objectif de l'étude est par conséquent :

- au niveau de l'analyse politique, des prérequis et des cadres pour une bonne mise en œuvre du Plan solaire tunisien sont développés sur la base d'une comparaison avec les études de cas internationales (Partie I) ;
- au niveau de l'analyse du marché du travail et de la macroéconomie, les expériences précédentes avec les programmes tunisiens de maîtrise de l'énergie (Partie II) et les nouvelles opportunités offertes par le PST et d'autres mesures ont été analysées (Partie III). La méthode a été développée de telle sorte qu'elle puisse être utilisée par les autorités tunisiennes ;
- en termes de développement des compétences, l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Energie (ANME) a été formée à l'outil de simulations afin de pouvoir ajuster les estimations de nouvelles informations et données.

PARTIE I : LES EXPÉRIENCES INTERNATIONALES AVEC LA CRÉATION D'EMPLOI DANS LE DOMAINE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

1 INTRODUCTION

L'augmentation de la part des énergies renouvelables (ER) dans le bouquet énergétique mondial s'explique par plusieurs raisons et motivations. Les inquiétudes concernant les émissions de gaz à effet de serre des combustibles fossiles, la rareté des ressources et des réserves de pétrole, de gaz et même de charbon, ou les questions relatives à la sécurité énergétique en relation avec les conflits nationaux ou internationaux dans les zones du monde riches en ressources (guerres du Golfe, crise du gaz entre l'Ukraine et la Russie, crise qu'a connue la Libye au cours du printemps et de l'été 2011) sont d'importants facteurs ayant contribué à un changement d'attitude vis-à-vis de la production de chaleur et d'électricité et du transport à base de combustibles fossiles.

Les impacts économiques d'une stratégie d'énergie renouvelable viennent d'être examinés en détail pour certains pays et certaines régions. Le nombre et la qualité des « emplois verts » dans ce nouveau secteur économique suscitent un intérêt particulier auprès des pays industrialisés, des pays émergents et des pays en développement. Toutefois, les chiffres annoncés semblent suivre différents concepts de mesures et sont donc parfois contradictoires. Les estimations mondiales semblent être inférieures à la somme des estimations de l'Europe et de la Chine, par exemple. De plus, la définition du terme « emploi vert » manque souvent de cohérence.

Néanmoins, l'accroissement de l'utilisation des énergies renouvelables a, sur l'emploi, un impact auquel les pays en développement et les économies émergentes accordent de plus en plus d'intérêt. En Tunisie, le Plan solaire tunisien (PST) constitue un cadre visant à accroître l'énergie renouvelable et l'efficacité énergétique à l'horizon de 2016 et au-delà.

En se basant sur cet historique, la première partie de ce rapport présentera les résultats de l'examen des plus importants concepts utilisés dans d'autres pays en s'appuyant sur des publications ou des statistiques internationales.

La section suivante aborde les définitions de base alors que la section 3 souligne les concepts internationaux les plus importants en les illustrant d'exemples d'études de cas et de pays. La section 4 explore l'impact des mesures d'efficacité énergétique sur l'emploi alors que la section 5 est réservée à la conclusion.

2 MESURER L'EMPLOI – CONCEPTS ET DEFINITIONS

2.1 Emploi brut, net, direct et indirect

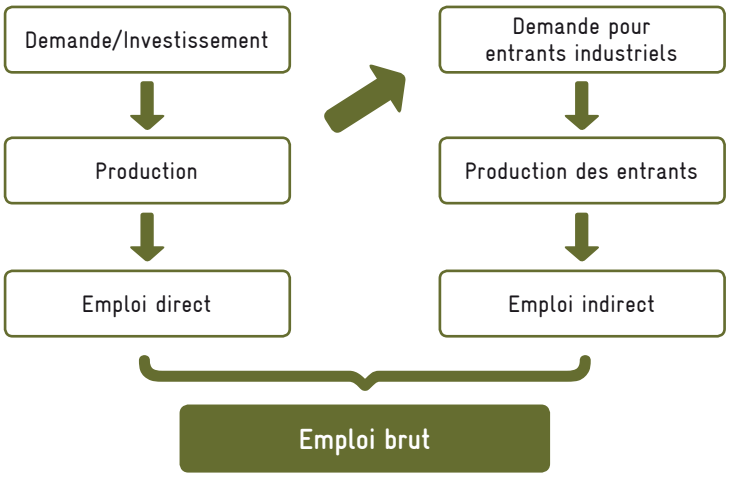
Pour mieux comprendre l'incidence des stratégies en matière d'énergies renouvelables (ER) et d'efficacité énergétique sur l'emploi il faut commencer par connaître certaines définitions. Dans les publications, nous rencontrons des termes tels qu'emploi direct et indirect (induit) ainsi qu'effet brut et net.

L'emploi direct est la notion la plus facile à mesurer et à comprendre. L'emploi direct d'un secteur économique, comme par exemple l'industrie éolienne, comprend toutes les personnes employées dans la planification, la production, l'exploitation et la maintenance des installations d'ER. Le défi principal de cette approche se situe au niveau de la définition du système à analyser, à savoir, quelles technologies inclure. Évidemment, l'énergie éolienne, la production d'électricité photovoltaïque, la production héliothermique de chaleur et d'électricité, la production de chaleur et d'électricité à partir de la biomasse moderne ainsi que l'énergie géothermique et maritime font partie des principales sources d'énergie renouvelable. L'énergie hydro-électrique à grande échelle est contestée parce que, d'un côté, elle n'est pas « nouvelle » et que, d'un autre côté, elle présente un potentiel de dégradation environnementale. L'hydrogène n'est souvent pris en considération que lorsque l'énergie nécessaire à sa production est également couverte par des sources renouvelables. L'énergie provenant de l'incinération des déchets et les gaz de décharge peut être inclus dans le calcul. Les définitions sont très différentes, ce qui rend souvent la comparabilité transnationale très difficile.

L'emploi direct repose sur les industries du pays en matière de technologie ER et leur capacité à créer des emplois au niveau de la production, et/ou sur les chiffres du pays en matière d'exploitation et de maintenance de ses installations ER. L'Allemagne possède, par exemple, l'industrie ER la plus importante d'Europe et a donc un emploi élevé au niveau de la production. En outre, elle présente des chiffres élevés en matière d'installations éoliennes et solaires et l'emploi dans le secteur de l'exploitation et de la maintenance est en augmentation.

L'emploi indirect concerne toutes les personnes qui travaillent dans les secteurs d'apport industriel pour la production, l'exploitation et la maintenance des technologies ER. Tout processus industriel nécessite des intrants de la part d'autres processus industriels ou sous forme de matières premières. Ces intrants ont également besoin d'autres intrants le long de la chaîne de valeur. L'emploi indirect comprend toutes les personnes employées dans les autres secteurs tout au long de la chaîne de valeur. L'avantage de cette approche se situe au niveau de son caractère exhaustif. Les effets de l'emploi indirect traduisent les impacts économiques de la progression des énergies renouvelables sur tous les secteurs économiques. Par exemple, en Allemagne, plus de personnes sont employées

Figure 1 : Les éléments de l'emploi brut



le long de la chaîne de valeur que dans les secteurs mêmes d'énergie renouvelable, ce qui signifie que l'emploi indirect est plus important que l'emploi direct.

Pour estimer les effets indirects, il faut avoir des connaissances sur les chaînes de valeur dans les industries ER. Fort heureusement, la structure des intrants est similaire à travers le monde puisque la plupart des technologies sont nouvelles et innovantes. Ainsi, l'information supplémentaire spécifique au pays dont on a besoin se limite à des informations sur la productivité dans différents secteurs économiques (voir figure 1).

La somme de l'emploi direct et indirect dans la production, l'exploitation et la maintenance des technologies ER ainsi que dans l'installation et la production des technologies d'efficacité énergétique est souvent appelée *emploi brut*. Cette somme est la réponse à la question suivante : dans un pays donné, combien de personnes trouvent un emploi dans le secteur des énergies renouvelables/de l'efficacité énergétique sur la base de la demande mondiale en matière de produits et de technologies ER et sur la base du besoin de main-d'œuvre pour l'installation, l'exploitation et la maintenance des systèmes basés sur les ER ?

Toujours est-il que la part grandissante des ER dans le bouquet énergétique national mène aussi vers des effets économiques négatifs causés par la perte des emplois dans les autres industries à base de combustibles fossiles et vers des manques à gagner au niveau des budgets privés (compte tenu de la hausse continue du prix de l'énergie) et du budget public (en raison, par exemple, des allègements fiscaux). Afin d'évaluer l'impact net des énergies renouvelables sur la création d'emplois, nous devons calculer les effets de deux scénarios (voir chapitre suivant). Un scénario sert de cas de référence avec un marché ordinaire ou ne bénéficiant d'aucun appui et l'augmentation de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique. Le deuxième scénario donne l'évolution future des énergies renouvelables avec une part croissante des ER dans le bouquet énergétique et une part décroissante des technologies de combustibles fossiles. Il peut même comprendre des exportations de composants ER vers d'autres pays de la région ou en Europe. La comparaison des indicateurs économiques tels que l'emploi entre les deux scénarios donne un résultat sous forme *d'impact net*. Pour ce type d'analyse, des modèles tenant compte de tous les aspects économiques doivent être appliqués.

2.2 Méthodes

Il n'existe à ce jour aucune base de données complète sur les effets socio-économiques de l'augmentation des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. L'Agence internationale de l'énergie (AIE) finance actuellement une étude dans laquelle des lignes directrices seront élaborées pour l'analyse future de l'emploi lié aux énergies renouvelables dans les pays membres de l'AIE. L'Agence internationale des énergies renouvelables (IRENA) entend conduire un projet de recherche avec des directives pour les pays en développement. Les résultats de ces deux projets seront présentés en 2012/2013 et ne comprendront pas les technologies d'efficacité énergétique. Jusque-là, l'expérience internationale doit être puisée dans les publications et les études stratégiques.

L'estimation de l'emploi dans le secteur des énergies renouvelables est particulièrement difficile parce qu'aucun système international de classification ne connaît ce secteur. Certaines parties de ce secteur sont les machines, d'autres appartiennent à l'industrie des semi-conducteurs et certaines au secteur de la construction, pour ne citer que ces exemples. Le seul moyen d'obtenir des informations sur le secteur consiste à glaner des données sur des entreprises individuelles. Ainsi, l'emploi dans l'industrie des énergies renouvelables n'est pas mentionné dans les statistiques internationales (par exemple, celles de l'Organisation internationale du travail ou d'Eurostat) ou dans une quelconque statistique nationale. En raison de la congruence des technologies ER avec la production de l'énergie à travers le monde, l'intérêt porté aux impacts économiques et à la possibilité de créer, dans le futur, des emplois nécessitant des compétences et des qualifications, a grandi. C'est pour cette raison que les estimations des emplois verts doivent choisir parmi une des méthodes suivantes suggérées dans les documents.

On peut globalement distinguer trois méthodologies principales : l'approche du facteur emploi (AFE), les analyses des intrants-résultats (AIR) et les modèles entiers.

L'approche du facteur emploi est populaire parce qu'elle semble facile à appliquer. L'idée essentielle consiste à trouver les facteurs emploi par MW de capacité installée pour pouvoir combiner les installations avec l'emploi respectif. Les facteurs emploi proviennent normalement des études et informations industrielles et des analyses documentaires. L'emploi par mégawatt installé diffère selon la technologie. Par exemple, la production d'une éolienne nécessite plus de travailleurs que la production d'un système de chauffage solaire thermique.

Figure 2 : Calcul des facteurs emploi

Methodoloy Overview								
Manufacturing (for domestic use)	=	MW installed per year	X	Manufacturing employment factor	X	Regional job multiplier	X	% of local manufacturing
Manufacturing (for export)	=	MW exported per year	X	Manufacturing employment factor	X	Regional job multiplier		
Construction	=	MW installed per year	X	Construction employment factor	X	Regional job multiplier		
Operation and maintenance	=	Cumulative capacity	X	O&M employment factor	X	Regional job multiplier		
Fuel supply (Nuclear, oil, diesel, biomass)	=	Electricity generation	X	Fuel employment factor	X	Regional job multiplier		
Fuel supply (coal)	=	Electricity generation + net coal imports	X	Regional fuel employment factor	X	Regional job multiplier		
Fuel supply (gas)	=	Electricity generation + net gas imports	X	Fuel employment factor	X	Regional job multiplier	X	% of local production
Jobs in region	=	Manufacturing	+	Construction	+	Operation and maintenance	+	fuel supply
Jobs in region 2010	=	Jobs in region						
Jobs in region 2020	=	Jobs in region X Technology decline factor_10 Number of years after 2010						
Jobs in region 2030	=	Jobs in region X Technology decline factor_20 Number of years after 2020						

Source : Rutovitz et Usher (2009).

Cette approche varie également d'un pays à l'autre (parce que certains sont plus productifs que d'autres) et dans le temps sous l'effet d'un accroissement d'efficacité de la production dû aux effets d'échelle ou à l'avancement technologique en général.

La documentation présente souvent différentes définitions pour les effets de l'emploi direct et indirect. Étant donné que l'approche du facteur emploi cible l'emploi direct, il faut faire attention à ne pas confondre les différents concepts. L'emploi direct est souvent compris comme étant l'emploi « directement lié à l'installation » (construction, planification ou développement, par exemple). D'autres définitions ciblent les industries manufacturières et considèrent la construction comme un intrant et un effet indirect.

À titre d'exemple, la figure 2 illustre la façon de calculer les facteurs emploi dans la fabrication, l'exploitation et la maintenance ainsi que l'approvisionnement en combustibles. Les auteurs ont appliqué cette approche aux scénarios d'évolution énergétique élaborés pour Greenpeace.

Étant donné qu'à ce jour la plupart des études ont été réalisées pour les pays développées, la méthode du facteur emploi a besoin d'être adaptée pour pouvoir être appliquée aux pays en développement. Les coûts de l'emploi sont souvent beaucoup plus faibles dans les pays en développement, ce qui peut donner lieu à un emploi plus important par MW ou à des bénéfices plus élevés pour les entreprises. La productivité du travail varie d'un pays à l'autre et est considérablement moindre dans les pays en développement. Rutovitz et Usher (2009) suggèrent des facteurs régionaux pour tenir compte de ces faits.

L'industrie renouvelable elle-même change rapidement au fil du temps. Les courbes d'apprentissage peuvent être utilisées pour modéliser les réductions de coût dans les technologies ER. Néanmoins, la vitesse selon laquelle les industries subissent ces courbes d'apprentissage est difficile à prédire : les coûts de l'énergie photovoltaïque ont chuté de 50 % sur les 5 dernières années.

L'analyse économique des intrants-résultats (Eurostat 2008) combine la compréhension de la théorie économique et le développement de l'emploi sectoriel avec des informations technologiques sur les systèmes d'énergie renouvelable. À partir de la théorie économique, nous savons comment la demande d'un certain produit ou d'une certaine marchandise peut être « traduite » en impact de plein emploi dans l'économie. La demande grandissante de chauffe-eau solaires est, par exemple, satisfaite par les producteurs de chauffe-eau. Ces chauffe-eau sont fabriqués avec plusieurs types d'intrants (le travail, bien évidemment, mais aussi les capitaux et les intrants industriels). Ces intrants industriels (et le capital, c'est-à-dire les machines) sont encore une fois produits grâce au travail mais également avec des capitaux et d'autres intrants industriels. L'impact de tout investissement sur l'économie est donc plus grand que le simple effet primaire de la production des biens d'investissement.

L'analyse intrants-résultats permet de tenir compte de tous les effets primaires et secondaires. Cette méthode s'appuie essentiellement sur le tableau intrants-résultats qui relie tous les secteurs industriels entre eux. Les investissements dans les technologies ER créent une demande supplémentaire de biens d'investissement, d'intrants intermédiaires et d'intrants le long

de la chaîne de valeur. Ces deux derniers sont appelés effets secondaires. La connaissance de la structure de production des 10 principales technologies ER aide à canaliser la demande supplémentaire dans les secteurs économiques adéquats. La connaissance de l'intensité en main-d'œuvre dans les 10 principaux secteurs de production de la technologie ER mène vers l'emploi direct. Les données statistiques sur les intensités de main-d'œuvre dans tous les autres secteurs déterminent les effets secondaires et l'emploi indirect.

Cette méthode a été développée et appliquée pour l'Allemagne et les tableaux intrants-résultats (I-R) pour les 10 principales technologies ER se basent sur les enquêtes menées auprès de l'industrie. Lorsque de telles données sont disponibles, il convient de procéder à une distribution des industries de technologie ER sur les secteurs économiques existants pour lesquels des données sont disponibles (pour un exemple, se reporter à EMPLOY-RES, 2009).

Lorsqu'on s'intéresse aux *effets économiques nets,* le seul moyen pratique consiste à appliquer un *modèle complet* de l'économie totale pour tenir compte de tous les effets.[2] Ce type d'analyse a surtout été mis en application pour l'Europe et pour des pays européens particuliers. Une série d'études effectuées pour le ministère allemand de l'Environnement suit cette méthode (voir l'étude de cas de l'Allemagne ci-dessous). Le projet EMPLOY-RES l'a également suivie pour tous les États membres de l'Europe. L'avantage d'un modèle complet tient au fait que l'équilibrage du changement des impacts négatifs et positifs dans les exportations, l'investissement, les prix, l'emploi, le revenu des foyers et les budgets gouvernementaux est totalement pris en considération. Les développements futurs peuvent être simulés en utilisant des scénarios. Ces scénarios sont des projections de variables avec un développement futur incertain. Les prix internationaux des combustibles fossiles constituent un bon exemple. Malgré un grand nombre de publications sur les prévisions en matière de prix du pétrole, son évolution reste incertaine. Toutefois, les prix des combustibles fossiles constituent une motivation importante pour le développement économique, les conditions de production, les structures de coût et autres variables économiques. Ainsi, un scénario définit un certain schéma d'évolution du prix des combustibles fossiles et laisse le modèle se développer autour du scénario. Pour déterminer les effets des changements de prix, les résultats sont comparés à ceux d'un deuxième scénario avec des schémas différents d'évolution des prix.

Cela s'applique également aux technologies ER : pour déterminer les effets économiques globaux d'une voie d'investissement ER, nous devons comparer les résultats du modèle *avec* et *sans* les technologies ER. Ce type d'analyse est approprié si différentes voies de soutien ER et/ou de progression technologique ont trait au niveau décisionnel, à l'instar de l'institution politique. Le développement d'un modèle approprié nécessite souvent beaucoup de temps et beaucoup d'argent de la part de l'organe administratif.

2 Wei et al. 2010 ont suggéré un algorithme d'effets nets basé sur le facteur emploi mais qui ne peut saisir tous les effets économiques.

2.3 Approche de l'étude

À ce jour, les publications n'ont jamais mentionné d'étude des effets de l'augmentation des ER et de l'amélioration de l'efficacité énergétique sur l'emploi dans un pays en développement/une économie émergente. L'emploi est notifié pour de grandes unités (par exemple, certaines régions du monde telles que l'Afrique, le Moyen-Orient, l'Amérique latine et l'Asie) ou pour des unités plus petites avec l'analyse de projets individuels. C'est le cas des projets d'électrification rurale, mais les résultats de tels projets ne sont pas utiles pour notre cas.

Dans ce cas particulier, nous appliquerons une analyse intrants-résultats adaptée qui sera contenue dans un petit modèle de la Tunisie. Notre approche associe des tableaux I-R spécifiques à la technologie, l'intensité de la production en main-d'œuvre, des tableaux I-R et des données statistiques spécifiques au pays. À partir des tableaux spécifiques à la technologie, nous allons extraire des informations relatives à la structure coût de 10 technologies ER différentes et à l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments et des principaux secteurs industriels. Selon la part des marchandises et services importés et la production locale, nous pouvons obtenir l'emploi national en combinant ces tableaux avec la structure nationale des intrants-résultats. La même chose sera appliquée à l'installation des systèmes. À partir des tableaux internationaux, nous connaissons les secteurs qui contribuent à l'installation, à l'exploitation et à la maintenance. Les résultats de ces étapes permettent de définir l'emploi indirect (largement prédominant en Tunisie) au début de la période couverte par l'analyse. En ce qui concerne les technologies produites au niveau national qui seront installées localement ou exportées, l'emploi direct doit être ajouté. L'emploi direct peut être dérivé des intensités en main-d'œuvre au niveau international parce que l'industrie tunisienne sera aussi innovante et aussi productive que ses concurrents internationaux.

Nous suggérons cette procédure à deux étapes afin de combiner autant de connaissances que possible. La demande d'installations ER en Tunisie sera modélisée selon le Plan solaire tunisien jusqu'en 2016. Pour le développement au-delà de 2016, nous utiliserons des scénarios élaborés dans le contexte de la coopération tuniso-allemande par l'Institut Wuppertal. Les paramètres les plus importants des scénarios seront la capacité installée, les coûts de l'installation ER et la part de production intérieure pour l'installation locale et internationale, car la production intérieure crée une demande intérieure pour davantage d'intrants selon la structure de production locale donnée dans les tableaux tunisiens d'intrant-résultats.

Étant donné que l'investissement dans les technologies ER est partout croissant, nous n'avons pas besoin de prendre en considération les effets d'éviction et les stratégies d'investissements alternatives. Et compte tenu de l'abondance de la main-d'œuvre qualifiée et de la croissance démographique prévue, il n'est pas envisagé de manquer de main-d'œuvre. Par ailleurs, l'expansion des ER est additionnelle et ne sera pas financée par les consommateurs (par le biais des factures d'électricité). Par conséquent, nous n'aurons pas besoin d'analyser les effets négatifs.

3 RÉSULTATS INTERNATIONAUX

Dans tous les pays, la croissance des installations ER et le développement de l'industrie concernée sont le résultat d'un appui politique. Il existe un lien direct entre la stratégie de soutien et la réussite des énergies renouvelables en termes d'emploi et de capacité installée. Mais ce n'est pas uniquement le choix de l'instrument de soutien politique en lui-même qui affecte la réussite des ER. L'expérience internationale montre que la façon dont un instrument est mis en œuvre, la fiabilité et la stabilité de l'industrie concernée, et la continuité et la transparence de l'appui sont presque aussi importantes que le niveau de soutien et l'instrument politique lui-même.

Trois situations peuvent favoriser l'emploi : une fabrication intérieure élevée de technologies ER et des intrants industriels pour cette production, un nombre important d'installations locales et de personnes qualifiées pour ce type de travail et une grande mobilisation des intrants matériels (biomasse et biocarburants). L'Allemagne présente ces trois situations alors que la Chine a commencé par la fabrication (énergie éolienne et énergie photovoltaïque) et l'installation a suivi. Quant au Brésil, la situation est caractérisée par l'approvisionnement et la production de biocarburants.

Chacun de ces éléments dépend du cadre politique pertinent. Puisque les technologies ER sont souvent encore plus chères que les technologies basées sur les combustibles fossiles, les installations doivent être soutenues par des subventions, fonds, tarifs douaniers ou autres types de règlements tels que les quotas.

Le tableau 1 donne un aperçu des plus importantes catégories de plans de soutien. Étant donné que l'UE a joué un rôle actif dans la discussion sur l'utilisation des énergies renouvelables, leurs coûts et leurs avantages ainsi que leurs implications politiques, la plupart des publications sur les plans de soutien appropriés mettent l'accent sur l'Europe. Au début des années 2000, on cherchait à harmoniser les plans de soutien dans l'ensemble de l'Europe. Parallèlement, il existe un consensus à propos des réglementations individuelles dans les États membres (COM 2011).

Les énergies renouvelables ont des effets externes positifs mais actuellement elles ne sont pas concurrentielles par rapport aux prix du marché. Ainsi, les gouvernements ont deux options : réglementer la quantité, c'est-à-dire définir la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique,

Tableau 1 : Plans de soutien pour l'accroissement des ER

Plan de soutien	Explication	Pays	Réussite
Accès prioritaire au réseau	L'électricité produite à partir d'ER garantit l'accès et doit être achetée auprès des opérateurs du réseau.		Élément très important de la réussite d'un plan de soutien.
Tarif de rachat	Tarif garanti pour l'électricité produite à partir d'ER.	Les 27 États membres de l'UE à l'exception de la Finlande, des Pays-Bas, de la Pologne, la Roumanie et la Suède.	Dépend des tarifs, de la différenciation, de la durée et du mécanisme de paiement.
Certificats verts	Normes de portefeuille renouvelable, obligation imposée aux fournisseurs d'électricité d'avoir des parts fixes, négociables.	Royaume-Uni, Belgique, Pologne, Roumanie, Suède.	Le RU a enregistré une réussite limitée ; le retrait est possible à un coût faible.
Avantages fiscaux	Exonérations fiscales (exemple : taxe sur le CO2), allègement fiscal pour les investissements en matière d'ER.	La plupart des pays ont un certain type d'allègement fiscal.	Dépend du cadre fiscal général. La Finlande a bien réussi en matière de biomasse.
Appels d'offres	Le gouvernement lance un appel d'offres pour les grands projets et accorde les marchés au soumissionnaire le plus efficace.	Pays-Bas, Danemark, Royaume-Uni et Espagne.	Succès moyen, très centralisé.
Subventions, fonds	Subventions et/ou taux d'intérêt subventionné pour les crédits accordés aux investisseurs.	La plupart des pays utilisent les subventions pour développer les systèmes renouvelables de chauffage.	Réussi lorsque le soutien est régulier et transparent ; sinon cycles de prospérité-récession.

Tableau 2 : Emplois dans le secteur des énergies renouvelables, 2006 et 2010, dans le monde et dans certains pays

Industrie	Dans le monde 2010	Dans le monde 2006	Certaines estimations nationales 2010	Certaines estimations nationales 2006
Biocarburants	> 1 500 000		Brésil : 730 000 pour la production de la canne à sucre et l'éthanol	
Énergie éolienne	~ 630 000	300 000	Chine : 150 000 Allemagne : 100 000 USA 85 000 / Espagne : 40 000 Italie : 28 000 Danemark : 24 000 Brésil : 14 000 / Inde : 10 000	Allemagne : 82 100 / USA : 36 800 Espagne : 35 000 / Chine : 22 200 Danemark : 21 000 / Inde : 10 000
Eau chaude solaire	~ 300 000	> 624 000	Chine : 250 000 / Espagne : 7 000	Chine : 600 000 / Allemagne : 13 300 Espagne : 9 142 / USA : 1 900
Énergie photo-voltaïque solaire	~ 350 000	170 000	Chine : 120 000 / Allemagne : 120 000 / Japon : 26 000 / USA : 17 000 Espagne : 14 000	Chine : 55 000 / Allemagne : 35 000 Espagne : 26 449 / USA : 15 700
Biomasse		1 174 000 (biomasse totale y compris le carburant et le gaz)	Allemagne : 120 000 USA : 66 000 Espagne : 5 000	(biomasse totale y compris le carburant et le gaz) Brésil : 500 000 / USA : 312 200 Chine : 266 000 / Allemagne : 95 400 Espagne : 10 349
Hydroélectricité		> 39 000	Europe : 20 000 / USA : 8 000 Espagne : 7 000	Europe : 20 000 USA : 19 000
Énergie géothermique		25 000	Allemagne : 13 000 USA : 9 000	Allemagne : 4 200 USA : 21 000
Biogaz			Allemagne : 20 000	
Énergie thermo-solaire	~ 15 000		Espagne : 1 000 USA : 1 000	
Estimation totale	> 3 500 000	> 2 332 000		

Source : REN21 (2011), Les énergies renouvelables 2011, Rapport sur la situation mondiale, PNUE 2009.

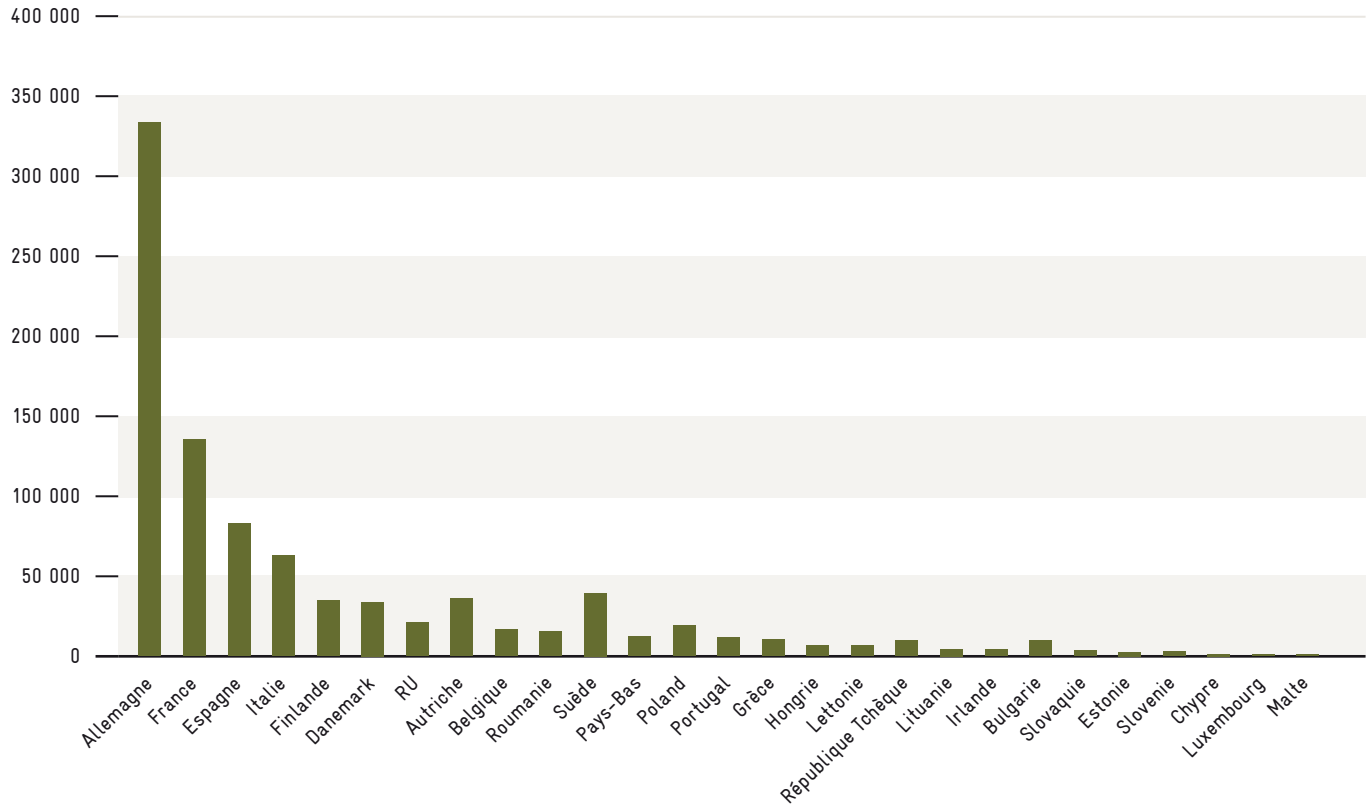
ou réglementer le prix, c'est-à-dire rémunérer l'électricité produite à partir de sources renouvelables selon son coût. La première solution mène vers les systèmes de certificat basés sur la quantité tels que la norme de portefeuille renouvelable (NPR). Le Royaume Uni, la Suède, la Pologne ou certains états des États-Unis d'Amérique en sont des exemples. La deuxième solution est le tarif de rachat. La majorité des États européens ont mis en application des tarifs de rachat parce que les rapports annuels de suivi de la situation des énergies renouvelables au sein de l'UE montrent que les instruments basés sur le prix réussissent mieux. La sécurité des investissements d'un système basé sur les prix tel que le tarif de rachat est plus grande et plus attrayante pour les investisseurs. En matière de déréglementation des marchés de l'énergie, l'histoire européenne est relativement courte et, en Espagne, on a pu constater que les systèmes liés au prix du marché tels que le tarif de rachat/les systèmes de primes présentent des difficultés car ce pays a, en même temps, garanti aux ménages des prix fixes (voir l'exemple espagnol ci-dessous). Avec l'augmentation des prix sur le marché, la subvention accordée aux ER a augmenté et l'écart par rapport au tarif garanti a pris de l'ampleur, ce qui a considérablement contribué au déficit budgétaire de l'Espagne.

Pour chaque pays, l'UE a défini des objectifs ER à atteindre d'ici à 2020 (globalement, de l'ordre de 20 % de la demande brute finale d'énergie). La réussite est soumise à un suivi régulier et à partir de 2020, les pays doivent fournir des plans nationaux d'action en matière d'ER qui montrent comment atteindre les objectifs définis. Les pays ayant des tarifs d'achat ont mieux réussi à atteindre lesdits objectifs.

3.1 Estimations mondiales

Depuis le début de ce siècle, les énergies renouvelables connaissent des taux de croissance constants. Alors qu'au début les publications étaient très fragmentées et éparpillées, certaines sont devenues des références pour la plupart des recherches entreprises. Des cadres communs ont été développés et sont améliorés et mis à jour chaque année. Pour les

Figure 3 : Emploi dans le secteur ER pour l'année 2009 dans les 27 pays de l'UE (EurObserv'ER 2010)



unités physiques (capacité installée ou énergie produite), ces statistiques peuvent être jugées très fiables. Au niveau européen, les rapports de l'EurObserv'ER fournissent un aperçu sérieux de la situation dans les États membres en termes de capacités installées et fournissent une base d'évaluation future pour les plans d'action nationaux en matière d'ER de tous les États membres. Des aperçus similaires sont donnés au niveau international par le réseau REN21 (REN21 2011).

Mais il faut encore développer des indicateurs socio-économiques d'une façon cohérente. Malgré l'intérêt grandissant accordé aux impacts des activités ER sur l'emploi, la base de données sur les emplois, sur le chiffre d'affaires ou sur les bénéfices est encore trop pauvre. Les publications susmentionnées glanent les estimations de l'emploi au niveau mondial auprès de différentes sources telles que les associations industrielles, les études de pays, etc. Le tableau 2 donne un aperçu des résultats mondiaux. Malheureusement, la teneur des chiffres relatifs à l'emploi n'est pas toujours claire. Les chiffres de l'Allemagne concernent l'emploi brut, c'est-à-dire qu'ils incluent les effets directs et indirects. Ils proviennent d'une étude que nous aborderons en détail dans le chapitre 3.3.6. Les estimations relatives au biocarburant utilisent l'approche du facteur emploi susmentionnée et n'incluent pas les emplois indirects. Greenpeace (2010) a suggéré des estimations plus élevées à partir des scénarios de la révolution de l'énergie en se basant sur l'approche du facteur emploi de Rutovitz et Usher (2009). En 2010, ils estiment à plus de 4 millions les emplois dans le monde entier.

3.2 Estimations européennes

Les pays européens surveillent la croissance des ER en termes de capacité installée et d'énergie produite car l'Europe a défini des objectifs à atteindre d'ici à 2020 et l'avancement doit être mentionné dans les plans d'action nationaux pour les énergies renouvelables. Il n'y a pas de suivi de l'emploi si bien que ce dernier ne fait pas l'objet de rapports. L'Espagne et l'Allemagne sont les seuls pays du monde qui établissent régulièrement des rapports sur l'emploi dans le secteur des ER. La figure 3 donne un aperçu de l'emploi dans le secteur des ER dans les 27 pays de l'UE pour l'année 2009, tel qu'exposé dans la publication annuelle « La situation des énergies renouvelables en Europe ». Cette publication est revue annuellement et les données disponibles sont analysées : si aucune donnée n'est disponible, l'emploi est estimé. L'Allemagne enregistre trois fois plus d'emplois dans le secteur des ER que le pays suivant dans le classement (France) ou autant de personnes employées dans l'industrie que les 5 pays réunis qui suivent dans le classement. L'Allemagne enregistre le plus d'emplois parmi les 27 pays de l'UE dans toutes les technologies à l'exception de l'énergie

Tableau 3a : Impacts de l'installation et de la maintenance du chauffage thermo-solaire sur l'emploi, UE 27, 2009

Pays	Capacité installée (MW)	Emploi	Emploi/ MW capacité installée (emplois/MW)	Augmentation de la capacité en 2009 (MW)	Emploi dans l'installation/MW nouvelle capacité (emplois/MW)	Emploi dans l'E&M/MW capacité installée (emplois/MW)
Allemagne	9 029,9	15 900	14,0	1133,9	n.a.	0,6
Espagne	1 305,5	3 500	12,4	281,4	3,7	0,3
Danemark	338,9	500	13,1	38,2	7,9	n.a.
Italie	1 410,4	5 000	17,9	280,0	12,5	n.a.
France	1 369,3	6 250	28,2	221,9	7,0	0,5
RU	333,4	900	14,4	62,4	9,4	n.a.
Irlande	84,7	400	13,4	29,8	n.a.	4,7
Pologne	356,9	2 000	19,8	101,0	8,9	1,4
Portugal	311,5	1 250	12,8	98,0	n.a.	n.a.
Suède	295,4	300	9,3	32,4	7,4	n.a.
Belgique	234,5	500	13,0	38,5	10,4	0,2
Autriche	3031	6 200	24,3	255,5	7,3	0,6
Finlande	19,9	50	23,8	2,1	n.a.	n.a.
Grèce	2 853,3	3 000	20,8	144,2	n.a.	n.a.
Bulgarie	25,6	400	114,3	3,5	45,7	1,6
Estonie	1,5	50	250,0	0,2	n.a.	n.a.
République Tchèque	359,6	350	5,6	63,0	n.a.	n.a.
Pays Bas	542	970	19,6	49,5	12,7	n.a.
Lituanie	3,4	50	100,0	0,5	n.a.	n.a.
Hongrie	46,7	250	35,7	7,0	23,9	0,9
Roumanie	80	200	14,3	14,0	n.a.	n.a.
Lettonie	5,8	50	45,5	1,1	n.a.	n.a.
Luxembourg	14,1	50	21,7	2,3	n.a.	3,5
Slovénie	110,5	250	15,0	16,7	n.a.	n.a.
Médiane					**9,1**	**0,8**
Moyenne					**13,1**	**1,4**

géothermique et des petites centrales hydrauliques pour lesquelles la France la devance de 20 %.

Si on analyse la part des différentes technologies, on constate que le secteur de la biomasse est le plus important en termes d'emploi. En 2009, sur les 912 220 personnes employées par les industries ER dans les 27 pays de l'UE, 283 750 (30 %) travaillent dans le secteur de la biomasse. Ce chiffre est le moins fiable car certains pays signalent l'emploi dans le secteur de la biomasse, dont l'approvisionnement en biomasse, dans le secteur agricole, alors que d'autres, l'Allemagne par exemple, donnent ces chiffres séparément. Pour les trois technologies suivantes les plus importantes en termes d'impact sur les emplois en Europe, c'est-à-dire l'énergie éolienne, l'énergie photovoltaïque et la chaleur solaire, les données sont plus détaillées. Les tableaux 3 a-c donnent la capacité installée pour chaque technologie, la croissance de la capacité en 2009 et le facteur emploi pour l'installation et la maintenance lorsque ces données sont disponibles.

Pour plusieurs pays, il n'existe pas de données détaillées sur l'exploitation et la maintenance ou l'installation. Le tableau montre les impacts sur l'emploi pour les grands systèmes solaires thermiques. La valeur médiane et la moyenne sont

Tableau 3b : Impacts de l'installation et de la maintenance des unités photovoltaïques sur l'emploi, EU27, 2009

Pays	Capacité installée (MW)	Emploi	Emploi/ MW capacité installée (emplois/MW)	Augmentation de la capacité en 2009 (MW)	Emploi dans l'installation/MW nouvelle capacité (emplois/MW)	Emploi dans l'E&M/MW capacité installée (emplois/MW)
Allemagne	9 830,3	64 700	17,0	3 811,0	6,79	0,7
Espagne	3 520,1	14 000	141,4	99,0	113,1	n.a.
Danemark	4,6	350	269,2	1,3	26,9	7,6
Italie	1 181,7	9 000	12,4	723,1	6,8	1,1
France	33,1	13 200	60,8	217,0	51,7	n.a.
RU	32,6	6 800	673,3	10,1	n.a.	n.a.
Irlande	0,4	50	0,0	0	n.a.	n.a.
Pologne	1	100	0,0	0	0,0	25,0
Portugal	102,2	1 500	43,8	34,2	n.a.	n.a.
Suède	8,8	650	764,7	0,8	n.a.	3,7
Belgique	363	7 000	24,0	292,1	n.a.	n.a.
Autriche	52,6	2 500	123,7	20,2	n.a.	26,1
Finlande	7,6	100	50,0	2	2,5	n.a.
Grèce	55	1 300	35,6	36,5	n.a.	n.a.
Bulgarie	5,7	200	46,6	4,3	9,3	28,1
Estonie	0,1	50	1 000,0	0,05	n.a.	n.a.
République Tchèque	465,9	2 100	5,1	411,2	1,3	3,4
Pays Bas	67,5	600	56,2	10,6	n.a.	4,4
Lituanie	0,1	50	0,0	0	n.a.	n.a.
Hongrie	0,7	350	1 750,0	0,2	787,5	275,0
Roumanie	0,6	100	526,3	0,2	184,2	108,3
Lettonie	0	350	0,0	0	n.a.	n.a.
Luxembourg	26,3	50	28,4	1,8	n.a.	n.a.
Slovénie	8,4	250	29,8	6,4	n.a.	n.a.
Médiane					**9,3**	**7,6**
Moyenne					**108,2**	**44,0**

citées dans le tableau parce que certains pays enregistrent des valeurs plutôt extrêmes. L'éventuelle explication de certaines valeurs très élevées dans des pays où les installations sont plutôt faibles tels que la Bulgarie ou la Hongrie est qu'il ne s'agit pas d'emplois à plein temps en personnes/an mais de valeurs tenant compte de toutes les personnes ayant passé une partie de leur journée de travail dans l'installation de chauffages solaires. Dans certains pays, les activités de vente sont incluses dans l'installation, ce qui augmente le facteur emploi. Des variations similaires peuvent être observées dans le tableau qui suit relatif à l'emploi dans le secteur photovoltaïque.

Pour l'industrie éolienne, les valeurs sont plus proches entre elles. Cela est dû au fait que l'installation d'un parc éolien se fait par des spécialistes qui travaillent à plein temps pour le projet. Lorsque les services de planification sont inclus, le nombre d'emplois augmente parce que les bureaux de planification offrent également des services pour les parcs éoliens, etc.

Tableau 3c : Impacts de l'installation et de la maintenance de l'énergie éolienne sur l'emploi, EU27, 2009

Pays	Capacité installée (MW)	Emploi	Emploi/MW capacité installée (emplois/MW)	Augmentation de la capacité en 2009 (MW)	Emploi dans l'installation/MW nouvelle capacité (emplois/MW)	Emploi dans l'exploitation et la maintenance/MW capacité installée (emplois/MW)
Allemagne	25 777	102 100	54,3	1 880	n.a.	0,6
Espagne	19 148	45 000	18,3	2 459	7,3	0,7
Danemark	3 482	24 000	75,9	316	n.a.	1,0
Italie	4 850	20 000	18,0	1 114	9,0	1,2
France	4 626	19 700	18,0	1 094	7,2	0,4
RU	4 424	6 800	6,7	1 018	2,7	0,6
Irlande	1 260	3 000	12,9	233	n.a.	n.a.
Pologne	705	3 000	11,8	254	1,2	0,6
Portugal	3 326	3 000	6,4	469	n.a.	n.a.
Suède	1 560	3 000	5,6	539	n.a.	n.a.
Belgique	606	2 800	13,1	214	n.a.	n.a.
Autriche	994	2 500	0,0	0	n.a.	0,3
Finlande	147	2 000	500,0	4	25,0	n.a.
Grèce	1 087	2 000	19,6	102	n.a.	n.a.
Bulgarie	177	1 000	17,5	57	12,3	1,7
Estonie	149	1 000	15,6	64	7,0	3,7
République Tchèque	193	700	16,3	43	n.a.	n.a.
Pays Bas	2 222	700	9,6	73	n.a.	n.a.
Lituanie	98	600	13,6	44	n.a.	n.a.
Hongrie	201	500	6,8	74	3,0	1,4
Roumanie	14	100	25,0	4	8,8	4,6
Lettonie	28	50	0,0	0	n.a.	n.a.
Luxembourg	43	50	0,0	0	n.a.	n.a.
Slovénie	0		0,0	0	n.a.	n.a.
Médiane					**7,3**	**0,9**
Moyenne					**8,3**	**1,4**

Le tableau contient également une colonne avec des chiffres sur l'emploi par capacité installée au niveau intérieur. Les pays exportateurs enregistrent des valeurs plutôt élevées dans cette colonne. L'Allemagne et le Danemark sont deux exemples qui illustrent cette situation. La Finlande avait, en 2009, des installations très faibles, ce qui biaise les résultats.

Aucune donnée n'est disponible sur la production et le chiffre d'affaires des entreprises ER. Par conséquent, il n'est pas possible de faire un calcul similaire pour la production. L'installation peut concerner l'installation intérieure ou celle effectuée à l'exportation et les MW produits ne peuvent être vérifiés qu'au niveau de chaque entreprise. La plupart des références utilisées pour ce rapport ne contenaient pas de telles

données. La seule exception est l'étude de cas de l'Allemagne dont les données emploi se basent sur une enquête représentative de l'industrie ER.

L'hétérogénéité des données ci-dessus est due en partie aux méthodes qui sous-tendent chaque étude prise en considération. Certaines valeurs sont plus élevées et leur explication ne dépasse pas le stade de la spéculation, mais au-delà de leurs points faibles et limitations, les tableaux arrivent à illustrer des faits intéressants :

- les pays ayant des structures similaires d'installation, de production et d'exportation ont des facteurs emploi similaires ;
- les pays ayant des installations de très petite taille ont des programmes d'installation, d'exploitation et de maintenance moins efficaces ;
- les trois technologies prises en considération ont des impacts similaires sur l'emploi au niveau de l'installation, mais au niveau de l'exploitation et de la maintenance, les impacts sont très différents. L'exploitation et la maintenance enregistrent les taux les plus élevés pour le chauffage solaire thermique. Un problème apparaît au niveau des données parce que certains pays mentionnent les activités de maintenance et de vente dans cette catégorie.

Malgré la réussite fulgurante des ER dans les 27 pays de l'UE, mais également aux États-Unis et en Chine (voir tableau 4), cela n'explique pas pour autant les motivations sous-jacentes et les influences qui ont conditionné la réussite en termes d'emploi dans certains pays mais pas dans d'autres.

Afin de collecter plus d'informations sur ces facteurs, il est nécessaire de se pencher davantage sur différents exemples au niveau de chaque pays. Les études de cas suivantes illustrent les raisons qui ont conditionné la réussite de chaque pays dans l'atteinte des objectifs en termes d'installation et dans la création d'un impact positif et durable sur le marché du travail.

3.3 Études de pays

Notre aperçu est plus ou moins biaisé car la qualité des données diffère d'une technologie à une autre. L'industrie de l'énergie éolienne publie des statistiques annuelles sur les variables technologiques et économiques (GWEC, différentes années) par pays et/ou par région. L'énergie solaire n'est pas aussi bien couverte et les informations sur la biomasse sont plutôt dispersées. Pour l'Europe, la production de l'électricité est mieux documentée que les applications thermiques et les publications sur l'application de l'efficacité énergétique sont rares.

3.3.1 Espagne

L'Espagne a un potentiel considérable quant à l'utilisation des sources d'énergie renouvelables (vent et soleil, notamment). Gamesa est le troisième producteur mondial des éoliennes. Gamesa et Iberdrola Renovables (compagnie espagnole d'électricité) sont le plus grand propriétaire de parcs éoliens au monde. Le système d'appui espagnol offre deux options pour la rémunération de l'électricité photovoltaïque, solaire ou éolienne : un tarif de rachat et un système de bonification, à payer en plus du prix du marché. Le système de bonification favorise les grands fournisseurs qui ont de l'expérience en matière d'accès au marché de l'électricité et peuvent gérer les ventes de l'électricité produite à partir de l'énergie éolienne et de grandes installations photovoltaïques. Le tarif de rachat pour les panneaux solaires a connu plusieurs politiques et décisions d'arrêt et de reprise et le marché espagnol est actuellement considéré comme un marché mort. En 2006, après l'instauration d'un lien entre tarif de rachat et prix du marché, le système a causé de grands trous dans le budget public. Les prix de l'électricité à la consommation étaient garantis et les prix du marché ont grimpé en flèche en 2007, causant une situation dans laquelle la prime des ER dépasse les prix du marché. Le gouvernement a dû couvrir la différence entre le tarif garanti et les prix réels.

Le passage du système à un tarif de rachat fixe a imposé un plafond pour l'installation photovoltaïque. Cela a dynamisé le marché jusqu'à ce que le plafond ait été atteint mais ensuite le marché s'est figé. Le dernier coup encaissé par l'industrie photovoltaïque en Espagne et dans toute l'Europe a été la diminution ex post du nombre d'heures rémunérées. Actuellement, certains fournisseurs d'électricité envisagent de poursuivre le gouvernement espagnol en justice parce que les investissements engagés avant le changement des conditions ont échoué.

Depuis 1998, l'énergie éolienne a beaucoup évolué et la puissance installée est passée de 723 à 20 676 MW. Le marché intérieur est solide et a fait le choix de grands parcs éoliens exploités par de grandes entreprises de services publics permettant de développer une industrie forte avec une clientèle dans le monde entier. Depuis 2003/04, l'Espagne a commencé à construire des centrales solaires à concentration d'abord en tant que projets pilotes et ensuite pour un usage commercial. La production massive d'énergie solaire photovoltaïque a suivi sans qu'aucune de ces technologies ne conduise, en Espagne, à une grande industrie. Par contre, elle s'est développée plus vite dans les pays ayant une expérience considérable dans le domaine des semi-conducteurs et de l'électronique. Encore est-il que 14 000 personnes travaillent dans le secteur de l'énergie solaire/photovoltaïque mais essentiellement dans l'installation, l'exploitation et la maintenance. C'est, en importance, le deuxième secteur ER en Espagne. En troisième position, nous

Tableau 4 : Aperçu de l'emploi-ER, UE 27 et certains pays, 2009, sauf indication contraire

Pays	Emploi	Pays	Emploi
Allemagne	333 400	Hongrie	6 850
France	135 270	Lettonie	6 600
Espagne	82 845	République Tchèque	9 800
Italie	63 200	Lituanie	4 700
Finlande	34 820	Irlande	4 250
Danemark	33 900	Bulgarie	9 885
RU	21 400	Slovaquie	3 650
Autriche	35 950	Estonie	2 850
Belgique	16 650	Slovénie	2 715
Roumanie	15 150	Chypre	700
Suède	39 400	Luxembourg	270
Pays Bas	12 400	Malte	100
Pologne	19 115	UE 27	918 220
Portugal	11 950	Chine (2007)	943 200
Grèce	10 400	USA (2006)	427 000

trouvons le secteur de la biomasse solide malgré le fait que son développement ait commencé très tard. Avec 8 000 emplois, c'est également un petit créneau par rapport à d'autres pays de l'UE. L'Espagne compte un total de 82 845 personnes employées par l'industrie des ER et se classe 3ème parmi les 27 pays de l'UE. La principale motivation a été le soutien accordé à la production éolienne à grande échelle et les difficultés les plus importantes ont été constatées récemment lorsque le tarif d'achat a été réduit et que l'industrie a perdu jusqu'à 30 % de son chiffre d'affaires et jusqu'à 50 % de ses emplois.

3.3.2 France

La France produit plus de 70 % de son électricité à partir de l'énergie nucléaire. L'énergie nucléaire retarde généralement le développement de la production d'électricité à partir des ER car il est difficile de la combiner avec une production fluctuante dans la mesure où elle fait baisser la pression sur les prix du système d'échange de droits d'émission de CO_2. Actuellement, en France, les grandes centrales hydrauliques représentent la principale source d'énergie renouvelable.

La production d'énergie nucléaire emploie directement 125 000 personnes. L'industrie cite un total de 410 000 emplois, emplois indirects y compris. L'ER crée en France environ 135 000 emplois directs et indirects. La plus grande part de ces emplois se trouve dans le secteur agricole qui produit des intrants de biomasse solide, liquide et gazeuse. L'électricité à base d'ER est soutenue par un tarif de rachat (énergie éolienne, photovoltaïque, biogazière, hydraulique et géothermique). Les frais sont réglés sur 15 ans à partir de l'installation et sont comparables aux prix pratiqués par les autres pays européens.

La France n'a pas une grande industrie ER. Il y a eu quelques tentatives dans la filière du bâtiment à système photovoltaïque intégré et les premières réussites viennent d'être enregistrées. Dans ce secteur, la France pourrait devenir un exemple de bonne pratique : les potentiels naturels sont favorables au bâtiment à système photovoltaïque intégré et la politique de soutien est spécialement conçue pour transformer cette niche technologique en industrie appelée à se développer.

En France, la plupart des emplois ER se situent au niveau de l'installation des parcs éoliens, des panneaux solaires et surtout de la biomasse (presque 50 %). La France est la plus grande économie agricole d'Europe et les chaudières fonctionnant à la biomasse solide sont largement subventionnées. 60 000 personnes travaillent dans ce secteur. Avec ses 135 270 emplois ER, la France se classe deuxième au sein de l'UE (voir figure 3) derrière l'Allemagne en termes d'emplois dans les secteurs des ER.

Ce qui explique le plus l'expansion des ER, c'est le caractère agricole de l'économie française et les potentiels naturels favorables au bâtiment à système photovoltaïque intégré, ainsi que le facteur vent, notamment dans les territoires d'outre-mer. La prédominance de l'énergie nucléaire sur le territoire métropolitain est le principal obstacle à l'expansion des énergies renouvelables.

3.3.3 Italie

L'Italie a différentes approches de soutien des énergies renouvelables. L'énergie verte est favorisée par un système de quotas et de certificats verts, et le photovoltaïque et d'autres petits systèmes bénéficient d'un tarif de rachat, de réductions fiscales et d'une facturation nette. À ce jour, la chaleur provenant des énergies renouvelables est soutenue uniquement dans quelques villes ou régions mais pas au niveau national.

L'énergie éolienne a pris de l'ampleur pendant ces dernières années. Ayant démarré tard, cette filière a vu, en 2009, l'ajout de plus de 1/5 de sa capacité installée en l'espace d'une année. Le total est actuellement de l'ordre de 4 850 MW. L'Italie a dépassé le Danemark et se classe troisième pays européen en termes de capacité installée. Toutefois, l'emploi se situe principalement au niveau de l'exploitation et de la maintenance avec seulement 20 % dans la fabrication. 20 000 personnes sont directement et indirectement employées par l'industrie éolienne. Si on considère l'installation en termes d'emplois indirects, une grande majorité des 20 000 emplois se situe dans la catégorie des emplois indirects. L'Italie dépasse

les USA en termes d'installation de panneaux solaires. Les wafers, les cellules et les modules sont produits dans le pays, bien que l'industrie ne compte aucune entreprise classée parmi les 10 premières du monde. Les chiffres relatifs à l'emploi diffèrent considérablement. EurObserv'ER cite des chiffres variant de 9 000 à 22 000 personnes travaillant dans le secteur solaire photovoltaïque. Malgré l'absence de plans de soutien public continus et consacrés à l'installation de pompes à chaleur, cette filière se propage rapidement en Italie. Cela est traduit par un nombre relativement élevé des emplois crées dans le secteur géothermique. Sur les 10 000 personnes répertoriées, 9 000 travaillent dans l'installation, l'exploitation et la maintenance des pompes à chaleur. Avec un total de 63 200 emplois dans les ER, l'Italie se classe 4ème en termes de taux d'emploi global dans le secteur des ER après l'Allemagne, la France et l'Espagne.

Malgré le grand potentiel éolien et solaire de l'Italie, son secteur électrique souffre d'une infrastructure de réseau inadéquate (GWEC 2011). La production massive de l'électricité à partir d'énergies renouvelables commence à souffrir de ce goulot d'étranglement. Selon l'association mondiale de l'énergie éolienne, certains parcs éoliens ont fonctionné en 2009 à seulement 30 % de leur capacité (moyenne sur l'année). Les contraintes du réseau ont même causé la fermeture de certains parcs éoliens. L'intégration devient plus difficile lorsque l'infrastructure est ancienne et vétuste. Étant donné le potentiel naturel dans le sud de l'Italie, des équipements solaires et des pompes à chaleur ont pu être installés sans recourir à un appui majeur.

3.3.4 Portugal

Le Portugal a récemment enregistré d'énormes taux de croissance en matière d'énergies renouvelables et est l'un des plus importants pays européens en termes de pénétration éolienne (GWEC 2011). Il soutient les ER au moyen d'un large éventail d'instruments : des tarifs de rachat fixes pour le photovoltaïque, l'énergie houlomotrice, les petites centrales hydroélectriques, l'énergie éolienne, la biomasse forestière, les déchets urbains et le biogaz. Des procédures d'appels d'offres sont adoptées pour les installations éoliennes et de la biomasse. Des subventions et des réductions fiscales sont également prévues.

La combinaison entre les techniques de stockage par pompage-turbinage et l'énergie éolienne est très bénéfique pour l'intégration du marché parce qu'elle permet d'augmenter la production lors des périodes de pointe. Au Portugal, la récession économique a exercé une forte pression sur les investissements et sur les installations ER. Les investissements ont en effet connu un ralentissement à la suite des tentatives de diminution des tarifs de rachat visant à stabiliser les prix de l'électricité et les empêcher de grimper.

Compte tenu de l'excellent potentiel du pays en termes d'énergie éolienne, d'énergie solaire et d'énergie houlomotrice, le développement des ER au Portugal a eu lieu tardivement. En 2005, le gouvernement portugais a approuvé un plan d'investissement visant à accroître la part des ER dans la production d'électricité et atteindre 60 % d'ici à 2020. Le Portugal disposera également de la plus grande station d'énergie solaire du monde. Sa construction est en cours dans la vallée de Baldio das Ferrarías, une des régions les plus déshéritées du pays. Toutefois, à ce jour, la plupart des installations du pays sont importées et la majorité des emplois créés le sont dans la filière de l'installation, de l'exploitation et de la maintenance. Sur 12 000 emplois, la majeure partie concerne la biomasse et les biocarburants (plus de 80 %), devant l'énergie éolienne et les installations photovoltaïques. On ne dispose pas de chiffres détaillés sur la répartition des emplois créés dans la production, l'installation, l'exploitation et la maintenance.

La plus grande motivation pour ce pays a été sa volonté de remplacer l'énergie importée par une production intérieure et l'adoption d'un plan d'investissement pour des installations de grande envergure. Une large panoplie d'encouragements et d'incitations a été efficacement mise en place au profit des ménages et du consommateur final.

3.3.5 Chine

La Chine est devenue un important acteur sur le marché mondial des technologies ER en termes de production et récemment elle s'est également positionnée sur le créneau des installations. La loi de 2005 sur les énergies renouvelables a constitué un tournant dans le développement des ER en Chine. Depuis, la capacité en énergie éolienne a été multipliée par 30 (Martinot 2010) et d'autres technologies ont commencé à gagner du terrain. Les industries éoliennes et photovoltaïques chinoises sont devenues des industries leaders au niveau mondial. L'exploitation de l'énergie éolienne a commencé vers la fin des années 1990 avec de petits modèles de turbines. Les investisseurs et les producteurs internationaux avaient l'obligation d'utiliser 70 % de contenu local. Récemment, il a été mis fin à cette politique car, depuis, toutes les éoliennes installées en Chine sont produites localement. REN 21 estime le nombre de travailleurs dans l'industrie éolienne à 150 000 personnes. Étant donné la production industrielle et en supposant que ces nouvelles entreprises présentent une productivité similaire à celles des entreprises européennes ou américaines, ce chiffre comprend alors les emplois directs et indirects.

La politique de la Chine vise une part d'au moins 15 % d'énergies renouvelables dans la demande d'énergie finale d'ici à 2020. Compte tenu des ressources naturelles de la Chine et des taux de croissance ces dernières années, cet

objectif pourrait être atteint plus tôt que prévu. Actuellement, l'industrie ER de la Chine est essentiellement alimentée par les exportations qui bénéficient de conditions et d'objectifs ER favorables au niveau mondial. Avec ses 120 000 emplois, l'industrie solaire a été planifiée de manière à servir les marchés internationaux. Les équipements de production devaient être importés de l'Allemagne et d'autres pays. La Chine essaye d'introduire le photovoltaïque sur son marché intérieur mais des problèmes doivent être résolus avant de pouvoir faire avancer le développement des installations. Le nombre actuel de travailleurs qualifiés et d'ingénieurs est insuffisant. Compte tenu du développement rapide des industries et installations ER chinoises, l'infrastructure institutionnelle est en retard car elle n'a pas suivi le même rythme de développement. Les instituts de recherche, les laboratoires de mesure et d'essais, les pronostics en matière de vent et la cartographie des meilleures zones en matière d'énergie éolienne et solaire doivent encore être créés ou étendus.

La production et l'installation des applications de chauffage solaire emploient 250 000 personnes. À ce niveau, le marché intérieur joue un rôle important dans le chiffre d'affaires de cette industrie. La Chine possède 64 % de la capacité installée mondiale.

Néanmoins, en matière de stratégies et de politiques, la Chine a réussi, au cours des 5 dernières années, à développer sa législation en une structure contenant de multiples incitations avec des tarifs de rachat, des procédures d'appel d'offres pour les grands projets, des normes pour les grandes installations et des subventions d'investissement au profit des applications photovoltaïques et biomassiques. GWEC 2010 met l'accent sur l'importance du mécanisme de développement propre pour le développement des projets éoliens. 869 projets chinois ont été approuvés par les Nations Unies en tant que projets de développement propre. La Chine détient presque 40 % de tous les projets de développement propre et les revenus de ce mécanisme ont eu un impact important sur les profits des investisseurs. Il y a eu des conflits à propos de la condition « d'additionnalité » imposée par le mécanisme de développement propre car, souvent, la contre-proposition n'était pas suffisamment définie. L'avenir de ce mécanisme est actuellement incertain parce que les règles de Kyoto s'arrêtent en 2012. Le secteur énergétique chinois est soutenu par un grand investissement provenant du mécanisme de développement propre, ce qui a permis d'établir un marché intérieur et de maintenir l'emploi à un niveau croissant. Le futur instrument de financement pour les grands projets ER est actuellement inconnu.

3.3.6 Allemagne

L'Allemagne est le pays leader en Europe en termes de capacité installée, d'emplois et de nombres d'entreprises possédant des parts importantes dans le commerce mondial. Ce pays est également souvent cité en exemple en matière de législation, du moins dans le secteur de l'électricité. Le système allemand de soutien a commencé par un système adapté aux prix de l'électricité et s'est développé pour atteindre des tarifs de rachat avec des prix fondés sur les coûts réels (durée de vie économique de 20 ans, 8 % de taux d'intérêt sur les investissements). Les taux diffèrent d'une technologie à une autre et parmi les mêmes technologies selon la taille des projets. Des bonus sont payés pour l'intégration au marché et certains services pour la stabilité du réseau et autres propriétés du système (amélioration des pronostics, etc.). Les tarifs sont évalués deux fois par an pour refléter les évolutions du marché et les courbes de coût. Les installations photovoltaïques ont été très importantes en 2010 (presque 44 % des installations mondiales) et le tarif de rachat a baissé pour prendre en considération les effets d'apprentissage à partir de la croissance du marché. Les prix des modules photovoltaïques ont baissé de 50 % pendant les 5 dernières années.

L'Allemagne a suivi une stratégie de politique industrielle et ne s'est pas limitée à appuyer l'installation des technologies éolienne, solaire et de biomasse ; elle a également soutenu le développement des industries respectives avec des conditions d'investissements encourageantes et un cadre réglementaire stable. L'emploi dans le secteur des ER est analysé depuis 2004. Staiss et al. 2006 contient le premier rapport sur les effets de la croissance ER sur l'emploi en Allemagne, avec une attention particulière accordée aux aspects commerce extérieur. L'étude est la première d'une série qui couvre un large éventail d'aspects relatifs à cette question.

Cette série contribue essentiellement à mieux comprendre les structures intrants-résultats interindustrielles de l'industrie ER. Étant donné le jeune âge de cette dernière, elle n'est pas encore incluse dans les statistiques industrielles officielles en tant que filière à part. Ainsi, les premières données statistiques devaient être glanées dans les enquêtes industrielles officielles. La première enquête a été conduite en 2005, la deuxième en 2008. Des enquêtes régulières sont nécessaires parce que l'industrie des ER est encore très jeune et peut subir des changements au niveau des processus de production, des structures du coût, des exportations et importations et du portefeuille production. Les enquêtes fournissent des résultats sur la structure du coût, les importations, les exportations, le chiffre d'affaires et les emplois. L'unité cible est l'entreprise de production. C'est là l'approche la plus pratique pour l'Allemagne parce que ce pays possède un secteur productif relativement important et une industrie de grande taille pour les intermédiaires. L'emploi direct peut alors être dérivé de la production dans l'industrie éolienne, l'industrie photovoltaïque, l'industrie solaire thermique et ainsi de suite. L'emploi indirect est créé à partir des intrants pour la production et les

Tableau 5 : Cinq premiers pays, nouveaux ajouts

	Nouveaux investissements	Énergie éolienne	Énergie solaire	Chauffage/chauffe-eau solaires	Éthanol	Biodiesel
1	Chine	Chine	Allemagne	Chine	USA	Allemagne
2	Allemagne	USA	Italie	Allemagne	Brésil	Brésil
3	USA	Espagne	République tchèque	Turquie	Chine	Argentine
4	Italie	Allemagne	Japon	Inde	Canada	France
5	Brésil	Inde	USA	Australie	France	USA

intrants pour ces mêmes intrants (voir le chapitre ci-dessus relatif à la méthodologie).

L'Allemagne est un pays très orienté vers l'exportation et la nouvelle industrie ER avait de fortes chances de suivre cette voie. Le Danemark a déjà donné l'exemple avec son industrie éolienne : il est un précurseur dans le domaine des énergies renouvelables. Dans les années 1980, ce pays a mis en place un cadre législatif avec des conditions politiques stables, des taxes énergétiques et des lois spéciales sur le zonage pour les parcs éoliens. Aujourd'hui, Vestas est la plus grande entreprise de technologie éolienne au monde ; 90 % de son chiffre d'affaires sont réalisés à l'exportation.

L'Allemagne possède une large base industrielle et a abordé plus d'une technologie. Les entreprises allemandes sont parmi les 5 entreprises leaders dans le monde. Les exportations constituent un important pilier de la production mais l'Allemagne a également réussi à créer un grand marché intérieur.

Le tableau 5 montre les cinq premiers pays ayant, en 2010, les plus grands ajouts pour plusieurs technologies de base (REN 21 2011). En termes de taille de pays et de ressources naturelles, les cinq premières places de l'Allemagne reflètent l'approche stratégique du pays.

Comme nous l'avons déjà indiqué, l'emploi est supervisé depuis 2004. Pour cette même année, l'étude faisait état de 160 500 emplois dans le secteur ER. En 2009, ce nombre avait plus que doublé. En 2010, 367 400 personnes travaillaient dans la production des technologies ER, la production des biens intermédiaires et dans l'exploitation et la maintenance des installations ER, y compris l'approvisionnement des carburants.

L'exportation constitue le facteur déterminant, non seulement pour l'économie allemande mais également pour son industrie ER. Ainsi, des secteurs tels que la production de l'électricité éolienne et solaire, qui sont plus importants que d'autres au niveau de l'exportation, contribuent le plus à l'emploi dans cette activité. Les poêles à la biomasse ont les plus petites parts à l'exportation alors que les grandes centrales hydrauliques en possèdent les plus grandes parts en termes de pourcentage parce que leur potentiel est déjà épuisé en Allemagne et leur production est presque à 100 % consacrée à l'exportation. Sans les exportations, il n'y aurait presque plus d'emploi dans la filière hydraulique.

L'exploitation et la maintenance prennent de plus en plus d'ampleur parallèlement à l'augmentation des installations. Cette remarque vaut surtout pour les petites applications telles que les pompes à chaleur et les chauffe-eau solaires. Les installations de plus grande taille ne se développent pas autant en termes de coût et d'emploi pour l'exploitation et la maintenance à cause des effets d'échelle. Les parcs éoliens actuels sont plus grands et possèdent une plus grande capacité installée dans un seul parc. Par conséquent, les travaux de maintenance peuvent être entrepris de manière plus concentrée et plus efficace. Toutefois, les applications thermiques dans les bâtiments publics et privés sont décentralisées et l'emploi dans l'exploitation et la maintenance se développe avec la croissance de la capacité installée.

L'enquête BMU (ministère allemand de l'Environnement) 2011 fournit également des données sur la qualité de l'emploi additionnel. Le Programme des Nations Unies pour l'environnement (2008) a publié un rapport global sur les emplois verts sous-titré « Emplois verts : Pour un travail décent dans un monde durable, à faibles émissions de carbone ». La qualité des emplois futurs dans les industries vertes sera ainsi essentielle. Par rapport aux mines, aux forages pétroliers et à l'extraction de l'uranium, les énergies renouvelables peuvent fournir des emplois présentant moins de risques pour la santé et offrant de meilleures conditions de travail. La question qui se pose concerne la qualité des emplois verts en termes de qualification, d'égalité homme/femme et de durabilité.

Le tableau 6 montre plusieurs caractéristiques de l'emploi dans le secteur ER. La dernière colonne donne, à titre comparatif, des valeurs moyennes pour l'industrie de production en Allemagne. En moyenne, les emplois dans le secteur des énergies renouvelables sont hautement qualifiés avec de meilleures compétences que les autres secteurs de l'économie. Le taux de main-d'œuvre non qualifiée est bien plus faible que la moyenne industrielle et le taux des diplômés universitaires est plus grand. Par contre, le taux des travailleurs de sexe féminin est encore faible ; le fait que l'emploi soit vert n'est pas encore venu à bout des réticences éprouvées par les jeunes femmes vis à vis de l'éducation technique. Le personnel temporaire

Tableau 6 : Structure de l'emploi dans l'industrie ER (en % du total)

	Total ER	PV	Éolien	ESC	Biomasse	Moyenne industrie
Féminin	23,6 %	30,6 %	20,0 %	13,8 %	18,6 %	35,0 %
Apprentis	3,8 %	3,2 %	4,8 %	3,0 %	4,0 %	4,9 %
Personnel temporaire	7,4 %	7,3 %	11,3 %	7,5 %	3,8 %	2,5 %
Sans apprentissage terminé	4,1 %	5,8 %	0,9 %	6,6 %	3,1 %	15,0 %
Avec apprentissage terminé	49,9 %	47,0 %	52,6 %	65,8 %	56,8 %	69,5 %
Détenant un diplôme universitaire	32,1 %	34,7 %	27,1 %	15,3 %	29,7 %	9,9 %

Source: calculs propres à 418 entreprises interrogées.

est plus important que celui qui existe dans le reste du secteur productif. Il s'agit là de caractéristiques souvent propres aux nouvelles industries. Le besoin en main-d'œuvre n'est pas encore défini et l'expansion de l'industrie se fait grâce à des emplois temporaires pour parer aux risques de l'évolution future du marché.

Le développement économique allemand est caractérisé par des relations commerciales externes intensives. L'Allemagne a été pendant plusieurs années le « champion » mondial de l'exportation avant d'être détrônée par la Chine mais elle reste le deuxième plus grand exportateur mondial. À en juger par sa structure industrielle et ses très bonnes relations commerciales à travers le monde, il n'est pas étonnant de la voir occuper une position de leader sur le marché mondial des exportations dans le secteur ER. L'enquête industrielle 2008 faisait déjà état d'activités d'exportation représentant jusqu'à 75 % du chiffre d'affaires total pour certaines technologies ER. L'exportation ne se limite pas à l'équipement entier mais touche également les composants et les intrants pour la production des équipements entiers. Dans l'industrie photovoltaïque et la production des systèmes solaires thermiques, l'exportation des composants dépasse les exportations des équipements complets.

La production de modules, cellules et wafers photovoltaïques a été particulièrement soutenue en Allemagne de l'Est. La région appelée « Solar Valley » (comme la *Silicon Valley* américaine) est une région d'Allemagne orientale qui connaît la plus forte densité d'industries solaires en Europe. Elle appartient partiellement aux trois länder allemands que sont la Saxe, la Saxe-Anhalt et la Thuringe. Elle jouait déjà un rôle important au niveau de l'industrie chimique dans l'ex-Allemagne de l'Est, mais après l'unification, les risques de santé et les technologies désuètes de production ont sonné la fin de l'industrie chimique dans la région. Les investissements ont permis de construire une nouvelle industrie. Actuellement, plus de 3 000 personnes travaillent dans le secteur solaire et la tendance migratoire négative a été stoppée. L'Allemagne s'est efforcée d'implanter des entreprises ER, notamment dans les länder de l'ex-Allemagne de l'Est. Alors que la production d'équipements complets a réagi positivement aux exonérations fiscales, celle des intrants industriels reste ancrée dans les centres industriels bien établis à l'ouest. Cette situation est à l'origine d'un modèle différent de répartition des emplois directs et indirects. Distelkamp et al. 2011 ont mis ce modèle en évidence pour la répartition régionale des emplois directs et indirects dans l'industrie éolienne. Le fort potentiel éolien de la région nord explique le fait que toutes les installations sont mises en place dans cette région alors que les länder du sud bénéficient de la demande d'intrants intermédiaires.

L'emploi brut dans le secteur ER progresse parallèlement à l'augmentation des installations intérieures et des exportations. L'industrie et les ménages allemands supportent les coûts supplémentaires des installations intérieures. En 2010, ces coûts supplémentaires en matière d'électricité, de chauffage et de combustibles ont avoisiné 10 milliards d'euros. Pour couvrir ces coûts supplémentaires, les ménages et l'industrie, à l'exception du secteur à forte intensité énergétique, s'acquittent d'une surtaxe. Cette contribution est passée de 0,2 ct/kWh en 2000 à 3,53 ct/kWh en 2011. Les projections montrent que le point culminant sera d'environ 3,8 ct/kWh en 2015, date à laquelle elle commencera à diminuer. Il est donc important d'analyser l'impact économique global net de l'augmentation intérieure des énergies renouvelables en Allemagne. Si on part du principe que l'industrie et sa réussite dépendent en très grande partie d'une législation ER et d'une demande intérieure stables, on peut définir une situation contrefactuelle en Allemagne sans exportations et sans technologies ER. La différence entre les deux processus de simulation (avec et sans ER) peut alors être comparée et la différence en matière d'emplois peut être calculée pour obtenir l'impact emploi net.

3.3.7 Obstacles et motivations du secteur des énergies renouvelables

Durant le siècle dernier, les réseaux européens ont connu un grand développement mais très souvent ils ne sont plus suffisants pour répondre à la demande en énergie moderne

(par exemple, en Italie). Selon une étude allemande (DENA II), d'ici à 2020 il faudra un investissement de l'ordre de 1,6 milliard d'euros/an pour garantir que le réseau allemand assure un approvisionnement électrique stable et sécurisé. L'intégration des énergies renouvelables nécessite de nouvelles compétences et de nouvelles technologies dans le domaine des prévisions éoliennes et dans ceux des capacités de stockage, de la gestion de la demande et des techniques de prévisions de la demande. En outre, en ce qui concerne le développement chinois, les publications montrent que le réseau va être confronté à d'énormes problèmes compte tenu des augmentations majeures prévues pour les ER dans le plan global d'approvisionnement en énergie. La main-d'œuvre suffisamment qualifiée formera, selon différentes études, un autre goulot d'étranglement. L'Allemagne dispose d'une main-d'œuvre très qualifiée dans le domaine de la production industrielle et une formation n'est nécessaire que pour certaines compétences nouvelles. Cette situation peut varier d'un pays à l'autre et doit être analysée en détail. En général, les producteurs préfèrent la formation en entreprise pour que les travailleurs se spécialisent directement sur le produit concerné. D'un point de vue académique, des cours spécialisés en ingénierie ont été développé pour les technologies solaires et éoliennes. Plusieurs diplômes universitaires techniques ou socio-économiques mettent l'accent sur les énergies renouvelables.

L'Allemagne accuse actuellement une pénurie d'employés qualifiés dans plusieurs secteurs due aux phénomènes d'absorption économique mais on ne connaît pas encore actuellement l'incidence que ce déficit aura sur les entreprises dans le secteur des énergies renouvelables.

La Chine a également un besoin croissant de travailleurs qualifiés dans la mesure où l'industrie a connu un développement si rapide que l'éducation et la formation n'ont pu suivre. Cette réalité s'appliquant à plusieurs industries chinoises, la concurrence est acharnée entre les différents secteurs.

Durant la crise financière, des inquiétudes ont été exprimées au niveau mondial concernant les besoins en investissements du secteur des énergies renouvelables. Rétrospectivement, on a certes constaté un certain ralentissement, mais nettement moins marqué que dans d'autres industries et nettement moins que prévu. L'Allemagne, par exemple, qui possède un tarif de rachat indépendant du budget public et un plan de refinancement clair, a connu une forte croissance des installations photovoltaïques souvent montées sur les toits des maisons privées. L'énergie éolienne a eu du mal à trouver les capitaux nécessaires aux grands parcs éoliens mais la plupart des projets ont été financés. Cela représentait un investissement « sécurisé » avec un retour sur investissement garanti et, du coup, les investissements alternatifs ne semblaient plus être attrayants du tout. Les grands projets éoliens « off-shore » ont connu d'importants problèmes car leur risque est encore jugé élevé et le chiffre d'affaires est encore incertain compte tenu du manque d'expérience dans ce domaine.

On peut considérer que la législation et la stabilité du cadre politique sont les principaux facteurs de réussite d'une stratégie ER débouchant sur des emplois durables. Même si la définition d'une entreprise veut qu'elle soit une entité audacieuse en attente de toute opportunité, la réalité nous montre que les entreprises ne sont rien d'autre que des investisseurs qui préfèrent agir dans un cadre politique stable, fiable et prévisible. Les politiques à long terme ayant défini des objectifs transparents fréquemment contrôlés et s'appuyant sur des procédures également transparentes connaissent ainsi les plus grands succès. La législation allemande est souvent donnée en exemple (REN21, PNUE 2010). Le dernier rapport GIEC sur l'énergie renouvelable (GIEC 2011) souligne l'expérience allemande et en conclut ce qui suit :

« L'exemple allemand montre à quelle vitesse les énergies renouvelables peuvent progresser lorsqu'elles sont soutenues par des politiques et des stratégies ambitieuses qui font passer des signaux clairs et cohérents et qui s'adaptent aux changements techniques et à la réalité du marché. La politique de déploiement des ER peut commencer par des incitations simples et évoluer vers des cadres stables et prévisibles pouvant tenir compte du développement à long terme et de l'intégration des ER dans les systèmes énergétiques existants. Néanmoins, l'intégration des ER reste un problème à résoudre, comme le montrent la situation du réseau électrique allemand devenu incapable d'absorber les parts croissantes d'ER ainsi que les implications du programme allemand en termes de coût qui ont commencé à susciter des préoccupations. »

4 IMPACTS DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

L'efficacité énergétique est souvent considérée comme la source d'énergie la plus importante pour un pays. Tous les scénarios qui font des projections, que ce soit au niveau régional, national ou mondial, en misant sur d'importantes parts de sources d'énergie non fossiles dans le bouquet énergétique global se basent sur des baisses considérables de la demande d'énergie primaire dans la consommation d'énergie finale. Tous les secteurs doivent améliorer leur efficacité énergétique, car il ne sera pas possible sinon de découpler la croissance économique de la demande d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre.

Les bâtiments sont les plus importants consommateurs individuels d'énergie du monde, mais ils offrent également le plus important potentiel individuel d'économie d'énergie. Les bâtiments de basse consommation d'énergie sont d'une importance cruciale pour l'évolution future des émissions de gaz à effet de serre car, à défaut de l'être, la croissance démographique et les demandes grandissantes de la population en énergie feront que la consommation énergétique des ménages atteindra des quantités énormes. Pendant les années passées, la consommation moyenne et spécifique en énergie par ménage a augmenté dans la plupart des régions du monde. Récemment, cette augmentation a été due à la croissance d'économies émergentes telles que la Chine, l'Inde et l'Asie du Sud-Est où de plus en plus de personnes ont les moyens d'utiliser des équipements ménagers électriques et des installations de refroidissement. Dans les pays industriels, la consommation énergétique ménagère a augmenté pour trois raisons : premièrement, la taille moyenne des ménages a baissé, si bien que le nombre des ménages a augmenté et que celui des appareils ménagers de base tels que les lave-linge, les sèche-linge, les réfrigérateurs et les lave-vaisselle a suivi cette tendance ; deuxièmement, la taille moyenne des maisons et des appartements a grandi, d'où une augmentation des besoins en chauffage, climatisation et éclairage et troisièmement, le nombre d'appareils électriques par ménage a lui-même augmenté. La consommation moyenne d'énergie par ménage dans les États membres de l'AIE a progressé de 29 % entre 1990 et 2004. Pendant cette même période, l'électricité consommée par les appareils ménagers a augmenté de 50 %.

4.1 Expériences internationales

Non seulement l'efficacité énergétique offre la possibilité de faire des économies d'énergie mais ces économies seront également réalisées dans des secteurs de l'économie caractérisés par une forte intensité de main-d'œuvre. Le PNUE (2009) présente une recherche internationale sur l'efficacité énergétique et l'emploi. Les premières études ont été conduites pour l'Allemagne dès 1992. Celle de Jochem et Hohmeyer a analysé les impacts d'un programme allemand d'écoénergie et a conclu que 100 nouveaux emplois étaient créés par PJ économisé. Une étude datant de 2000 (British Association) a également révélé de grands développements au niveau de l'emploi suite à un exercice de modélisation d'intrants-résultats sur 44 programmes européens d'écoénergie (jusqu'à 13,5 emplois/ million d'euros dépensés).

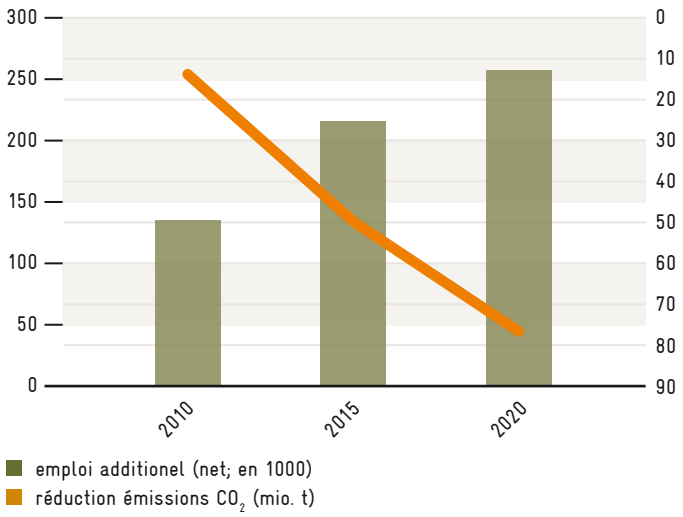
Aux États-Unis, selon plusieurs études, près de 300 000 emplois ont été créés par un programme qui associe des mesures relatives au secteur du bâtiment avec des installations de refroidissement et de chauffage et des appareils ménagers énergétiquement efficaces. Aux États-Unis, si on regroupe tous les « emplois liés à l'efficacité » dans toutes les activités en rapport avec l'efficacité énergétique, les estimations frôlent les 8 millions d'emplois directes et indirects. Ce chiffre comprend, néanmoins, la gestion des déchets, le traitement de l'eau et la production des appareils et de l'électronique répondant aux normes d'efficacité énergétique.

Étant donné que le secteur de la construction occupe une place prédominante dans les programmes d'efficacité énergétique de la plupart des pays, la majorité des études met l'accent sur les emplois supplémentaires créés par des programmes visant à réaménager les bâtiments existants et à construire de nouveaux bâtiments de basse consommation d'énergie. Les études américaines font état de plus de 800 000 personnes employées dans ce domaine. L'initiative allemande visant à réaménager les logements a créé 25 000 emplois par milliard d'euros dépensé.

Globalement, il existe très peu d'études détaillées sur les effets de l'efficacité énergétique sur l'emploi. À part dans le domaine de la construction, l'emploi créé par l'efficacité énergétique est difficile à déterminer. Dans l'industrie, les machines efficaces sont remplacées pendant le cycle normal de remplacement et les nouveaux produits sont fabriqués par les mêmes entreprises ou du moins dans le même secteur économique que l'équipement remplacé. Les réfrigérateurs énergétiquement efficaces sont produits par l'industrie des réfrigérateurs. Des effets sur d'emploi peuvent être obtenus lorsque certains des produits efficaces sont fabriqués localement alors que les produits inefficaces sont importés (ou vice versa). Si l'écart en matière d'efficacité est trop grand au point de créer un avantage concurrentiel de l'industrie, des emplois supplémentaires peuvent être créés grâce au surplus d'exportations.

Ainsi, l'impact de l'efficacité énergétique sur la création de nouveaux emplois, par exemple pour la production des matériaux d'isolation des logements et pour des équipements ménagers plus efficaces, doit être analysé pays par pays. L'exemple allemand est présenté ci-après avec plus ou moins de détails.

Figure 4 : Emploi et émissions de CO_2, différence au niveau de l'efficacité et référence



Source : ifeu/ISI/Prognos/GWS 2009 et les sources qui y sont citées.

4.2 Expérience allemande

En collaboration avec l'Initiative nationale de protection du climat, le ministère fédéral allemand de l'Environnement soutient plusieurs programmes visant à réduire la consommation d'énergie des consommateurs, de l'industrie et de l'administration. L'initiative cible des bâtiments (neufs et réaménagés), des machines, un chauffage et un refroidissement efficaces et certaines mesures dans le secteur du transport. Le programme est financé par les revenus générés par l'échange des quotas d'émissions. Actuellement, des parties du programme sont évaluées par un consortium de chercheurs de plusieurs instituts de recherche (ifeu, GWS, ISI 2009, etc.). Un premier rapport d'évaluation a été publié en 2009. L'équipe a déterminé qu'il était possible d'améliorer l'efficacité dans tous les secteurs et a suggéré des mesures pour exploiter ceux qui pourraient être économiquement viables, c'est-à-dire pour lesquels la durée d'amortissement des investissements est plus courte que la durée de vie du projet. Pour les investissements industriels, il s'est avéré que dans certains cas la durée d'amortissement est assez courte.

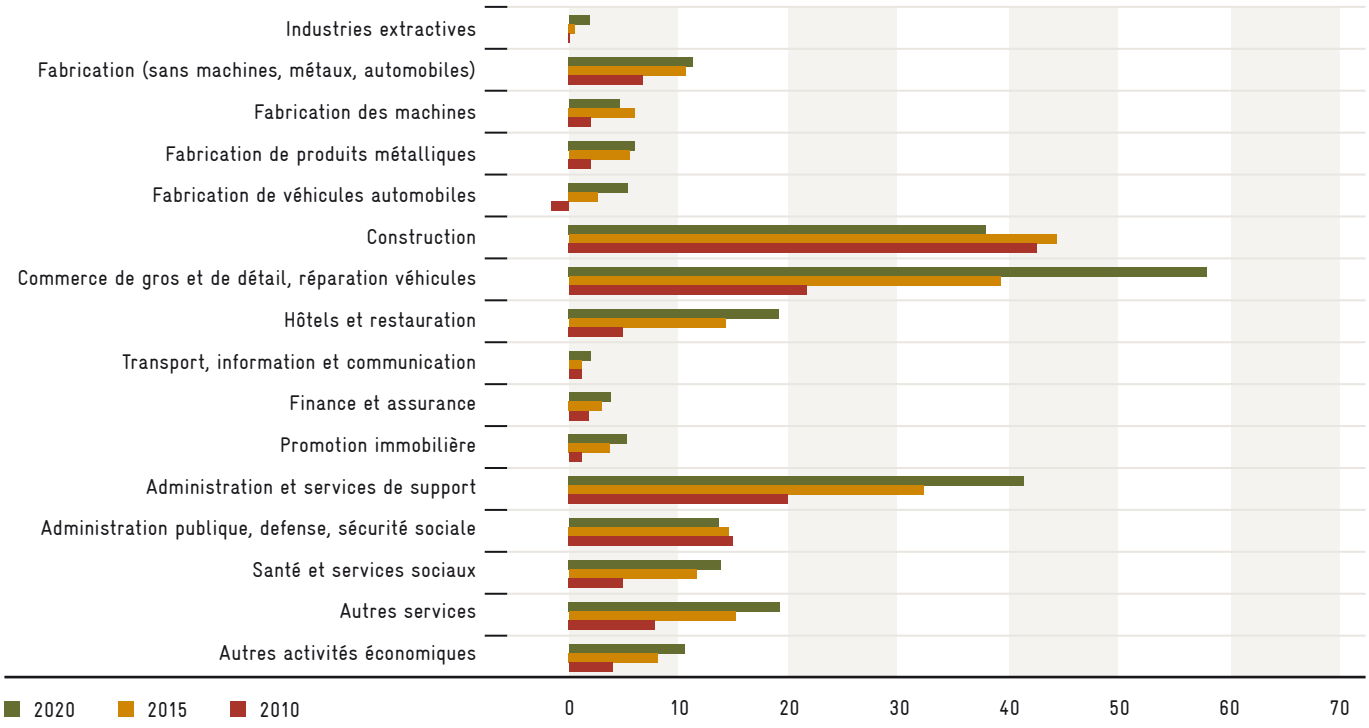
Trente-trois mesures différentes effectuées dans les secteurs ménager, industriel, commercial et tertiaire, ainsi que dans celui du transport, ont été analysées. La réduction énergétique globale par rapport à une année de référence (2007) est de 10 % et la consommation électrique diminue de 14 %. La productivité énergétique augmente (uniquement à partir de mesures économiquement viables) de 90 % et est très proche de l'objectif allemand qui consiste à doubler l'efficacité énergétique d'ici à 2020. Les émissions de CO_2 sont réduites de 9 %. Les investissements additionnels et la diminution des coûts de l'énergie entraînent une augmentation du PIB d'environ 1 % et l'emploi supplémentaire de 260 000 personnes d'ici à 2020. Au prix actuel des carburants fossiles, les importations baissent de 6 milliards d'euros et, à supposer que les prix augmentent selon une des projections de l'AIE, ces économies peuvent atteindre 12 milliards d'euros. Des économies globales atteignant 19 milliards d'euros en 2020 seront possibles et créeront pour l'investissement annuel une balance positive.

La somme des effets nets est positive. Selon le scénario de l'efficacité énergétique, la production brute, le PIB et ses composantes, la consommation, l'investissement et le commerce vont progresser en raison des mesures prises en matière d'efficacité pendant toute la durée de la simulation (2009–2020). Bien évidemment, un accroissement de la production ne se traduit pas directement par une plus grande valeur ajoutée car il faut tenir compte des importations partielles et parce que, compte tenu de la structure commerciale allemande, il accroît également les importations d'intrants. Une part importante du PIB supplémentaire est à mettre au compte de la consommation privée (18,3 milliards d'euros). L'effet direct provient de la consommation de produits efficaces du point de vue énergétique mais il y a également un effet indirect considérable de la consommation supplémentaire à cause des économies d'énergie. La réaffectation des fonds des dépenses énergétiques à la consommation permet de créer plus d'emplois dans tous les secteurs. L'emploi augmente également dans le secteur de la construction et de la production venant s'ajouter à l'effet de la consommation.

La figure 4 illustre les différences entre les deux processus de simulations pour deux quantités importantes : les émissions de CO_2 et l'emploi entre 2010 et 2020. Le scénario de l'efficacité produit d'importantes réductions de CO_2 et une augmentation du nombre des emplois. Les emplois supplémentaires sont de l'ordre de 257 000 et, si on tient compte des employés gouvernementaux et des travailleurs indépendants, le chiffre atteint les 290 000. En même temps, les salaires augmentent sous l'effet de la croissance de l'emploi (+27 % en 2020). Les effets positifs sur l'emploi sont le résultat de différents facteurs :

- un investissement supplémentaire entraîne un accroissement de la production et une augmentation du nombre d'emplois ;
- l'énergie est remplacée par le capital ;
- la valeur ajoutée importée (par exemple, le pétrole brut, le gaz) est remplacée par une valeur ajoutée locale ;
- la construction et le secteur tertiaire sont à plus forte intensité de main-d'œuvre que l'industrie de l'énergie ;
- l'efficacité énergétique améliore la productivité économique et par conséquent la compétitivité ;

Figure 5 : Emploi sectoriel par rapport au scénario de référence (1 000)



Source : ifeu/ISI/Prognos/GWS 2009 et les sources qui y sont citées.

- une plus forte demande à court terme de biens d'investissement et d'équipements (efficaces) améliore les budgets privés et induit des revenus supplémentaires.

L'impact principal provient de l'investissement supplémentaire, surtout dans le secteur de la construction où l'intensité de main-d'œuvre est plutôt élevée. Si on tient compte du travail d'isolation nécessaire, des emplois supplémentaires seront essentiellement créés dans les petites et moyennes entreprises. Les effets à long terme concernent les économies d'énergie et la réduction de la facture énergétique. Les effets sectoriels reflètent la structure de production dans le scénario de l'efficacité. La plupart des secteurs enregistrent une croissance des emplois. Les effets les plus importants peuvent, bien sûr, être ressentis dans la construction, ce qui reflète l'intensité de main-d'œuvre déjà mentionnée et l'importance des investissements dans ce secteur. Mais l'emploi se développe également dans d'autres secteurs. L'efficacité des appareils et des voitures passe par l'utilisation d'importants intrants venant du secteur tertiaire. La répartition structurelle des emplois supplémentaires reflète l'activité économique des secteurs ainsi que l'intensité de main-d'œuvre. C'est notamment ce qu'on constate dans les grandes évolutions industrielles. Si certaines industries, par exemple l'industrie automobile, améliorent leur chiffre d'affaires grâce à la vente de véhicules énergétiquement plus efficaces, la majorité des gains enregistrés concerne le service des ventes puisqu'une augmentation du chiffre d'affaires dans ce domaine se traduit par plus d'emplois supplémentaires que dans la production de véhicules qui, elle, est fortement automatisée. Cette même situation s'applique à d'autres secteurs de production. Néanmoins, dans les secteurs de la distribution, de la gastronomie et de l'immobilier, les emplois supplémentaires sont dus au passage de biens à forte dépense énergétique à d'autres biens de consommation présentant une plus grande efficacité énergétique (voir figure 5).

5 CONCLUSIONS

Dans la courte histoire de la production d'énergie renouvelable, les attentes et les objectifs fixés ont souvent été dépassés. En 2001, des objectifs ont été définis pour au moins 98 pays (REN 21) ; ils prévoyaient des parts de 10 à 30 % de la production électrique dans la décennie ou les deux décennies à venir. 2010 a été une année cruciale pour les objectifs fixés en 2001, qui ont été globalement atteints, parfois de manière anticipée. La cible européenne en matière d'énergie éolienne a été dépassée deux fois et plus et la cible photovoltaïque l'a été presque 10 fois (29 GW réalisées par rapport à un objectif de 3 GW pour 2010). Deux pays de l'UE ont déjà dépassé leur objectif pour 2020 (la Finlande et la Suède). La plupart des pays européens ont revu leurs objectifs à la hausse.

Lorsque les pays examinent les effets de leurs politiques ER sur l'emploi, les résultats sont dans la plupart des cas positifs. Le secteur des ER est devenu un secteur à croissance rapide qui fournit un emploi durable dans les pays industrialisés, certes, mais également dans les économies émergentes et les pays en développement.

Pour mesurer l'emploi, il faut prendre soin d'analyser les conditions spécifiques à chaque pays ou région. Il n'existe pas d'approche standard. Les facteurs emploi semblent fournir une approche « rapide et peu orthodoxe », mais étant donné que les publications sont très éparses et les méthodologies très variables dans l'ensemble des études, il est impossible d'obtenir des facteurs génériques à partir de la méta-analyse. Toutefois, il y a eu récemment des tentatives prudentes mais leurs résultats ne sont pas du tout encourageants. La main-d'œuvre par MW installé change trop rapidement, ce qui empêche toute estimation raisonnable. Une éolienne actuelle de 6 MW ne nécessite pas 3 fois plus de main-d'œuvre qu'une éolienne de 2 MW datant de quelques années. Les emplois par MWh d'énergie produite peuvent être trompeurs selon qu'on parle de régions bénéficiant de vents plus ou moins forts. La même éolienne peut produire beaucoup plus d'électricité sans pour autant nécessiter un accroissement proportionnel de la main-d'œuvre. Cela vaut également pour les centrales solaires.

À notre avis, la meilleure approche consiste à établir des scénarios d'investissement à partir des scénarios d'installation et à utiliser ensuite les informations industrielles les plus récentes sur la production des technologies ER. Pour une période donnée, ces informations sont génériques dans différentes régions parce que, dans les industries jeunes, les structures de coût sont les mêmes dans tous les pays. Les facteurs spécifiques au pays entrent en jeu pour la production locale et les structures de coût peuvent être traduites en termes d'emploi local.

En se basant sur l'expérience internationale, nous sommes en mesure d'identifier les obstacles et les éléments favorables à l'expansion des ER et donc à l'emploi dans ce secteur.

1. Il est important d'avoir des objectifs clairs pour le mix énergétique futur ! L'énergie renouvelable a réussi en Europe parce qu'il existe un engagement envers l'expansion des ER sous forme de cibles contraignantes. Les États membres sont appelés à établir des rapports réguliers et à évaluer l'avancement en matière d'installations ER. Cet avancement détermine la stabilité de l'évolution de l'industrie ER.

2. La politique est importante ! Le choix des instruments de soutien est crucial pour le développement des énergies renouvelables. Après le choix, la mise en œuvre des mécanismes de soutien choisis est encore plus importante. La stabilité, la transparence et la fiabilité sont également importantes pour l'industrie ER. L'Espagne donne un exemple négatif. Les changements rapides et opaques de la législation ont entraîné des baisses massives de l'emploi dans le secteur des énergies renouvelables. L'Allemagne est mentionnée en tant qu'exemple positif parce que les changements des tarifs sont annoncés bien à l'avance et d'une manière transparente.

3. Les goulots d'étranglement existent ! Dans la plupart des pays, les réseaux sont planifiés et construits sur la base d'une production électrique à base de combustibles fossiles. Il importe d'adapter le réseau à l'expansion des énergies renouvelables. L'Italie et d'autres pays européens ainsi que la Chine ne peuvent profiter pleinement de la capacité installée à cause des défaillances du réseau.

4. Les goulots d'étranglement n'existent pas uniquement en termes de problèmes physiques mais également sur le marché du travail. La main-d'œuvre doit absolument suivre le rythme du développement des énergies renouvelables en termes de qualifications. La Chine connaît de graves problèmes de disponibilité d'une main-d'œuvre compétente et de mise en place de l'infrastructure de formation nécessaire à cet effet.

PARTIE II : L'EXPÉRIENCE TUNISIENNE EN MATIÈRE D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET D'ÉNERGIE RENOUVELABLE : IMPACTS SUR L'EMPLOI

1 INTRODUCTION

La Tunisie est l'un des rares pays en développement à avoir adopté une politique volontariste de maîtrise de l'énergie depuis le milieu des années 1980. Cette politique s'est accélérée surtout à partir du milieu des années 2000 avec la flambée du prix international du pétrole et l'apparition d'un déficit énergétique de plus en plus croissant.

Cette accélération s'est traduite par l'élaboration de programmes ambitieux d'efficacité énergétique et de développement des énergies renouvelables visant à répondre aux besoins énergétiques au moindre coût et à réduire la vulnérabilité de l'économie tunisienne face à l'augmentation des prix des énergies fossiles.

Les programmes triennal (2005-2007) puis quadriennal (2008-2011) de la maîtrise de l'énergie ainsi que le Plan solaire tunisien confirment l'engagement de la Tunisie dans une véritable politique de maîtrise de l'énergie à grande d'échelle. Ils constituent autant de cadres pour le développement et l'investissement dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique en Tunisie.

C'est ainsi que la maîtrise de l'énergie est devenue un des piliers de la politique de développement durable du pays. Elle devrait permettre :

- de réduire l'intensité énergétique globale et la vulnérabilité de l'économie ;
- d'améliorer l'indépendance énergétique du pays grâce à la diversification de ses sources d'approvisionnement ;
- de contribuer à l'effort international de lutte contre le changement climatique en réduisant les émissions de GES imputables au secteur de l'énergie ;
- de participer à la création de nouveaux emplois et d'œuvrer pour le positionnement de la Tunisie comme pôle de compétence et plateforme industrielle régionale.

2 SITUATION ÉNERGÉTIQUE NATIONALE

2.1 Profil de la demande énergétique

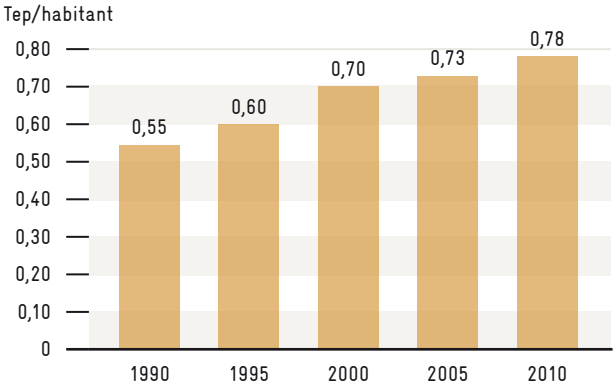
Face au développement socio-économique du pays conjugué à une politique économique et sociale basée sur le subventionnement de la quasi-totalité des formes d'énergie, la demande d'énergie en Tunisie a connu une forte croissance durant les 20 dernières années. Comme le montre le graphique suivant, la consommation unitaire, qui se situe à 0,78 tonnes équivalent pétrole (tep)/habitant en 2010, a évolué en moyenne à un rythme de 3,3 % par an entre 1995 et 2000 contre 1,4 % par an entre 2005 et 2010 (voir figure 1).

Ainsi, à partir des années 2000, la situation énergétique de la Tunisie est devenue déficitaire à cause de la stagnation des ressources autour de 7,5 millions de tep face à la croissance soutenue de la demande qui a atteint 8,2 millions de tep en 2010 (voir figure 2).

Le secteur industriel constitue le premier consommateur d'énergie avec une part de 36 % de la consommation finale globale, devant les secteurs du transport (31 %), des bâtiments (27 %) et de l'agriculture (6 %). La répartition de la consommation d'énergie entre les secteurs est plus ou moins équilibrée, ce qui donne à chacun des secteurs une importance comparable dans la politique. L'évolution de la répartition de la consommation énergétique depuis 1990, qui est en faveur du transport et des bâtiments, est donnée par la figure 3.
La situation énergétique en Tunisie en aussi caractérisée par une forte dépendance au gaz naturel qui a pris une place de plus en plus importante dans la consommation d'énergie primaire du pays, comme le montre la figure 4.

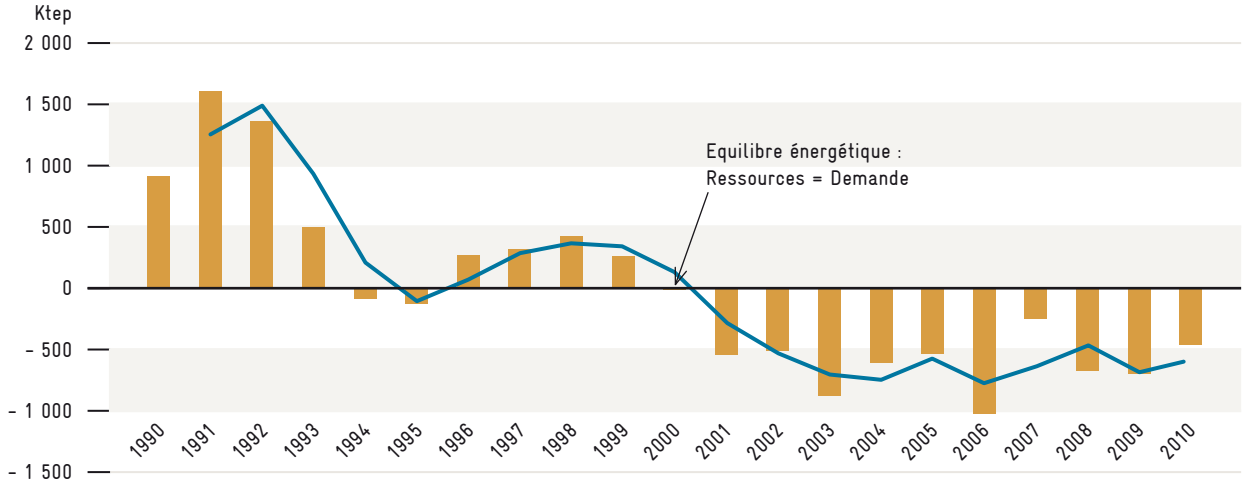
Par ailleurs, malgré les efforts déployés, la part des énergies renouvelables dans la consommation nationale reste insignifiante jusqu'en 2011.

Figure 1 : Consommation d'énergie primaire par habitant



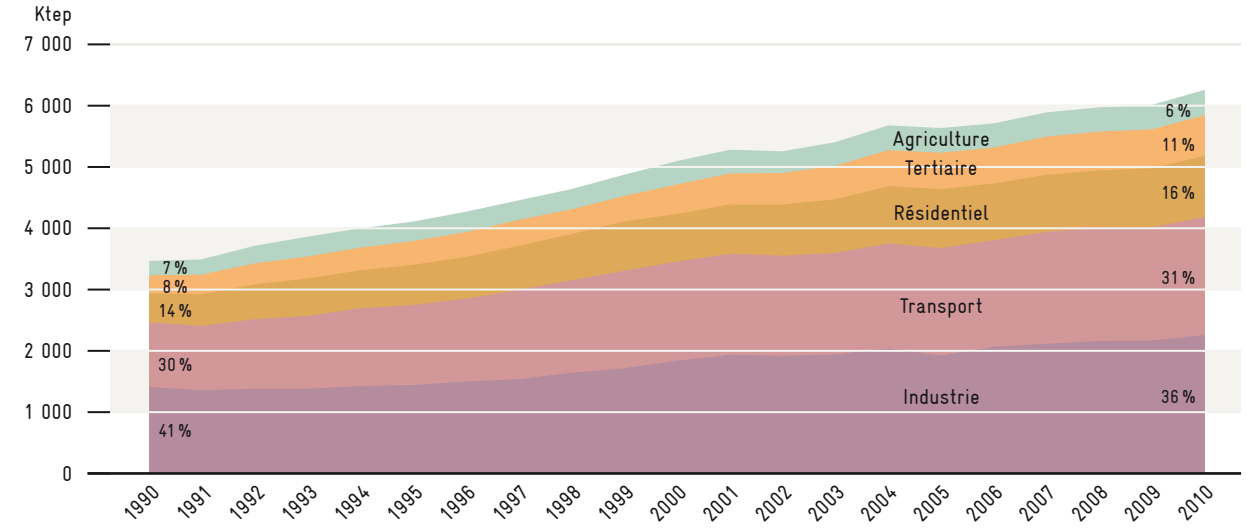
Source : ANME

Figure 2 : Evolution du solde énergétique



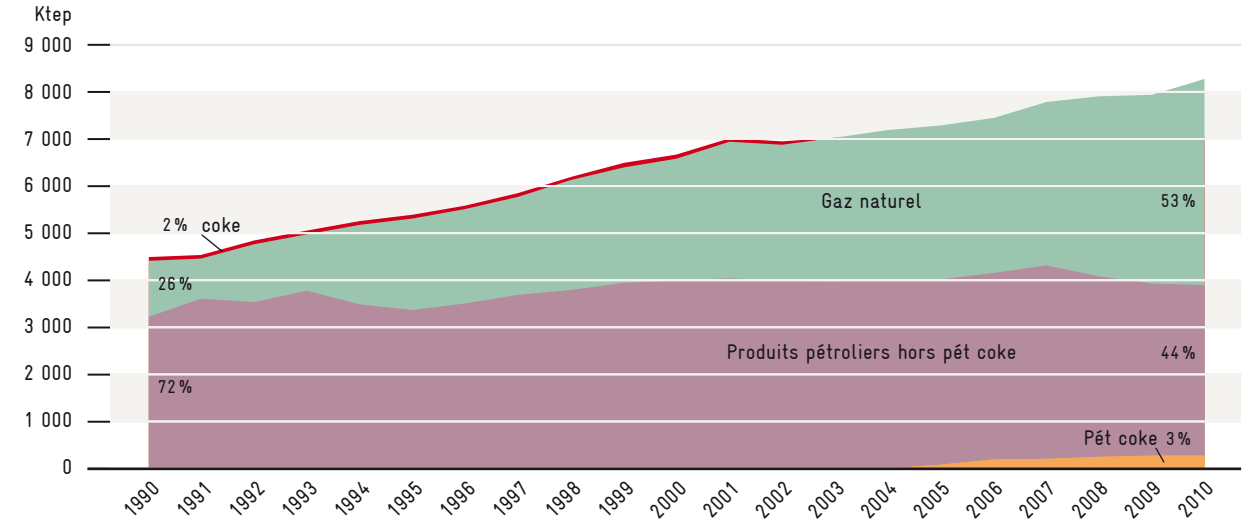
Source : Observatoire National de l'Energie (ONE)

Figure 3 : Consommation d'énergie finale par secteur



Source : Observatoire National de l'Energie (ONE)

Figure 4 : Consommation d'énergie primaire par forme d'énergie



Source : Observatoire National de l'Energie (ONE)

3 LES PROGRAMMES DE MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE EN TUNISIE

2.2 La politique tunisienne de maîtrise de l'énergie

La politique nationale de maîtrise de l'énergie vise essentiellement à :

- réduire la dépendance énergétique du pays vis-à-vis des énergies fossiles grâce à la maîtrise de la demande et à la diversification de l'offre et au recours à d'autres ressources comme les énergies renouvelables ;
- améliorer la sécurité d'approvisionnement énergétique en réduisant le taux de dépendance énergétique évalué actuellement à près de 10 %, mais qui reste sur une tendance ascendante ;
- améliorer la compétitivité de l'économie et des opérateurs économiques grâce à la réduction de leur facture énergétique.

Comme conséquence de cette politique, appuyée par une tendance générale à la tertiairisation de l'économie, on a assisté à une amélioration claire de l'intensité énergétique primaire dont la valeur a enregistré une baisse annuelle moyenne de l'ordre de 2,6 % durant les vingt dernières années (voir figure 5).

Comme corollaire à cette baisse de l'intensité énergétique, le pays a connu également une baisse de l'intensité en carbone qui est passé de 1,43 tonnes équivalent CO_2 (téCO_2) / 1000 TND en 1990 à 1,09 téCO_2 / 1000 TND en 2009.

La maîtrise de l'énergie constitue donc une composante importante de la politique tunisienne de développement durable en raison de sa relation avec la mise en œuvre d'un développement économique à faible consommation de carbone.

La Tunisie a mis en œuvre, dès 1985, une politique volontariste et cohérente de promotion des énergies renouvelables et d'utilisation rationnelle de l'énergie. Les lois de 2004 et de 2009 relatives à la maîtrise de l'énergie sont venues confirmer la priorité nationale de cette composante, notamment au niveau de la promotion des énergies renouvelables pour la production d'électricité.

Pour renforcer sa politique nationale à travers un véritable changement d'échelle au niveau de son action de maîtrise de l'énergie, la Tunisie a mis en place un programme triennal (2005-2007) puis un programme quadriennal sur la période 2008-2011.

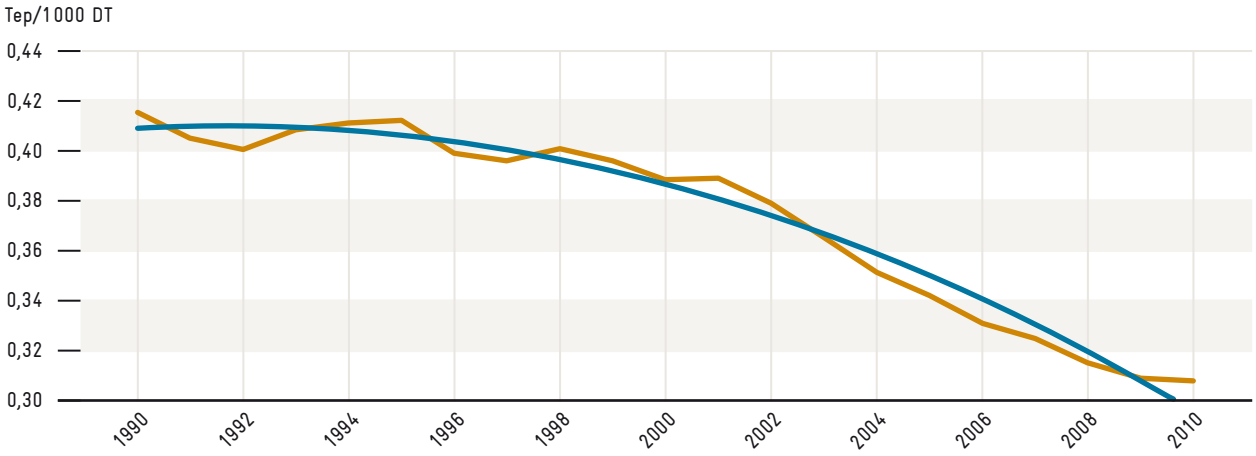
3.1 Le programme triennal (2005-2007)

Le programme triennal 2005-2007 est né dans un contexte de hausse importante et inattendue du prix de l'énergie sur le marché international qui a incité la Tunisie à changer d'échelle dans le processus de développement de la maîtrise de l'énergie en mobilisant l'ensemble des acteurs concernés et en mettant les moyens publics nécessaires.

Les actions du programme triennal ont porté essentiellement sur les domaines prioritaires et les filières matures pour lesquels la mobilisation des ressources est relativement facile. Parmi ces ressources, citons essentiellement :

- la signature d'environ 230 contrats-programmes d'efficacité énergétique dans l'industrie sur la seule période 2005-2007 ;
- la signature d'une trentaine de contrats-programmes dans le secteur tertiaire et d'une vingtaine dans le secteur des transports ;

Figure 5 : Evolution de l'intensité énergétique primaire



Source : ANME

Tableau 1 : Réalisations du programme triennal 2005-2007

Actions	Economies réalisées ktep			
Année	2005	2006	2007	Total
Contrats programmes	84,3	129,1	223,2	436,6
Cogénération	0	0	9,2	9,2
Efficacité dans le bâtiment (éclairage public + LBC)	31,0	72,2	119,2	222,4
Efficacité énergétique dans le transport	13,0	14,0	15,0	42,0
Eolien	10,2	10,2	10,2	30,6
Chauffage solaire de l'eau	6,6	9,1	13,4	29,1
Total	145,1	234,6	390,2	769,9

Source : ANME

- l'installation d'une dizaine de MW de cogénération dans le secteur industriel ;
- l'installation d'environ 120 000 m² de chauffe-eau solaires, essentiellement dans le secteur résidentiel ;
- le développement de l'usage du gaz naturel dans le secteur industriel et résidentiel, notamment ;
- la diffusion d'environ 1 million de lampes basse consommation dans le secteur résidentiel.

Les investissements de maîtrise de l'énergie entrepris dans le cadre du programme triennal 2005-2007 sont estimés à environ 250 millions de dinars tunisiens (140 millions d'euros). Sur ce montant, la participation de l'État est estimée à environ 10 % (soit 25 MDT), le reste a été pris en charge par les opérateurs privés.

La mise en œuvre du programme triennal de maîtrise de l'énergie 2005-2007 (voir tableau 1) a permis de réaliser une économie d'énergie cumulée d'environ 770 Ktep, soit 8 % de la consommation nationale annuelle. Sur la durée de vie de ces actions, les économies d'énergie peuvent atteindre environ 2 800 ktep. Compte tenu de ces économies, l'intensité en énergie primaire est passée de 351 tep/MDT de PIB en 2004 à 323 tep/MDT en 2007, soit une baisse moyenne d'environ 2,8 % par an (taux de croissance annuel de la consommation 2,2 % et taux de croissance annuel du PIB 5,1 %).

Sur le plan environnemental, les émissions de GES évitées grâce au programme triennal 2005-2007 sont estimées à environ 7 MtéCO_2 pour un investissement total de l'ordre de 70 M€, soit environ 10 € / téCO_2.

3.2 Le programme quadriennal (2008-2011)

Le programme quadriennal s'inscrit dans une perspective d'accélération de la politique de maîtrise de l'énergie avec la mise en place de nouvelles mesures institutionnelles et réglementaires et le renforcement de certaines actions d'utilisation rationnelle de l'énergie et d'énergies renouvelables prévues initialement dans le 11ème plan de développement (2007-2011).

Il vise à réduire la vulnérabilité de l'économie tunisienne face à l'augmentation du poids des dépenses énergétiques dans le budget de l'État, estimées à 12 % du PIB, en 2007.

À cet effet, le gouvernement tunisien s'est fixé un objectif très ambitieux pour la période 2008-2011, visant à réduire l'intensité énergétique de 3 % par an, à maintenir une croissance modérée de la demande d'énergie et à porter à 4 % la part des énergies renouvelables dans la consommation d'énergie primaire en 2011.

Les principaux investissements prévus dans le cadre du programme quadriennal sont essentiellement :

- l'installation de 480 000 m² de capteurs solaires dont 90 000 pour le chauffage de l'eau dans les secteurs tertiaire et industriel ;
- la diffusion de 2 millions de lampes basse consommation par an ;
- l'isolation de toitures de plus de 20 000 logements et 1 500 bâtiments tertiaires existants dans le cadre d'un programme pilote (PROMO-ISOL) ;
- l'installation, par la société nationale d'électricité STEG, d'un parc éolien d'une capacité de 120 MW ;
- l'installation d'une capacité de 60 MW pour la production d'électricité à partir de l'énergie éolienne dans les industries grosses consommatrices d'énergie ;
- l'installation d'une capacité de 70 MW pour la production d'électricité à partir de la cogénération, dont 60 MW dans le secteur industriel et 10 MW dans le secteur tertiaire ;

Tableau 2 : Réalisations du programme quadriennal 2008-2011

Actions	Economies d'énergie en ktep			Total
Année	2008	2009	2010	
Contrats programme	210,0	298,0	331,0	839,0
Cogénération	17,2	25,2	30,0	72,4
Efficacité énergétique dans le bâtiment	0	0	8,0	8,0
Efficacité énergétique dans l'usage électrique	218,0	221,0	283,0	721,0
Efficacité énergétique dans le transport	32,0	35,0	36,0	104,0
Eolien	26,0	26,0	62,0	113,0
Chauffage solaire de l'eau	19,1	25,1	31,0	75,0
Photovoltaique (PV)	0	1,0	1,0	1,0
Solaire thermodynamique	0	0	0	0
Biogaz	0	0	0	0
Biomasse-énergie	0	0	0	0
Total	522,7	630,7	780,0	1933,6

Source : ANME

- l'installation d'une unité de production d'électricité de 40 MW à partir du grignon d'olive ;
- l'installation d'une capacité de 40 MW de production d'électricité à partir des déchets ménagers ;
- la consolidation des contrat-programmes dans le secteur industriel, avec un objectif de signer 300 nouveaux contrats-programmes ;
- la signature de 325 nouveaux contrats-programmes dans le secteur tertiaire et 75 dans le secteur des transports.

Les économies d'énergie escomptées sont évaluées à 3,2 Mtep sur la période 2008-2011, soit environ 15 Mtep sur toute la durée de vie des actions. Comme conséquence de cette baisse, l'intensité en énergie primaire devrait accuser une baisse moyenne de l'ordre de 3 % à partir de l'année 2007 (0,32 tep/MDT). De ce fait, elle atteindrait 0,28 tep/MDT en 2011.

Le volume total d'investissement à mobiliser pour ce programme est de l'ordre de 1,1 milliard TND répartis comme suit :

- énergies renouvelables : 600 millions TND (soit 50 % du volume d'investissement) couvrant le chauffage d'eau solaire, le photovoltaïque, l'éolien, le biogaz et la biomasse énergie ;
- efficacité énergétique : 440 millions TND (soit 45 % du volume d'investissement) couvrant les secteurs du bâtiment, du transport et de l'industrie (contrats-programmes, cogénération, etc.) ;
- substitution énergétique : 60 millions TND (soit 5 % du volume d'investissement) intéressant le développement du gaz naturel dans les secteurs de l'industrie et du résidentiel.

À la fin de 2010, les économies réalisées cumulées sur la période 2008-2010 ont atteint environ 1 950 ktep dont plus de 90 % proviennent de 4 secteurs (43 % des contrats-programmes, 37 % de l'efficacité énergétique dans les usages électriques, 6 % de l'éolien et 5 % de l'efficacité énergétique dans le transport). Le tableau 2 donne le détail des économies réalisées.

3.3 Perspective de la maîtrise de l'énergie : le Plan solaire tunisien

Le Plan solaire tunisien (PST) pour la période 2010-2016 constitue un cadre d'intégration de la Tunisie dans l'espace méditerranéen et confirme l'ambition de la Tunisie à devenir une plate-forme régionale pour la production industrielle et énergétique. Il affirme également la volonté de la Tunisie de s'engager pour un développement socio-économique sobre en énergie et à faible intensité de carbone.

Le PST prend en considération les acquis de la politique de l'énergie, il repose sur des projets d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique qui intègrent et complètent le programme quadriennal de maîtrise de l'énergie (2008-2011).

4 BILAN DES RÉALISATIONS 2005-2010

Tel qu'il a été publié à la fin de 2009, le PST couvre la période 2010-2016 et regroupe une quarantaine de projets, répartis en cinq thèmes :

- le solaire ;
- l'éolien ;
- l'efficacité énergétique ;
- les autres projets ;
- les études et la mise en œuvre du PST.

Le PST vient appuyer la politique tunisienne de maîtrise de l'énergie pour mieux appréhender les enjeux énergétiques et climatiques futurs. Il vise le déploiement à grande échelle des énergies renouvelables pour la production de l'électricité, le renforcement de l'efficacité énergétique pour la maîtrise de la demande d'énergie et la mise en place des lignes d'interconnexion pour l'exportation de l'électricité vers l'Europe.

Les principaux objectifs du PST peuvent se résumer comme suit :

- une forte pénétration des énergies renouvelables, notamment l'éolien et le solaire, dans la production d'électricité. La capacité additionnelle envisagée en 2016 est de 480 MW dont, notamment, 140 pour l'ESC et 280 pour l'éolien ;
- un renforcement de la maîtrise de la demande d'énergie. Les économies d'énergie devraient atteindre 23 % de la demande d'énergie primaire en 2016 ;
- une interconnexion avec le réseau électrique européen permettant d'exporter de l'électricité vers l'Europe en se basant sur l'article 9 de la directive Européenne adoptée le 17 décembre 2008. En 2016, la capacité d'exportation devrait atteindre 1 000 MW, dont 800 à partir des énergies fossiles et 200 des énergies renouvelables ;
- la mise en place d'un pôle de compétences pour favoriser l'essor de l'industrie des équipements solaires en Tunisie.

L'ensemble des actions mises en œuvre durant la période 2005-2010 a permis de réaliser un total cumulé d'environ 2 700 ktep d'économie d'énergie, dont plus de 90 % proviennent des actions d'efficacité énergétique et 10 % des actions concernant les énergies renouvelables. Tableau 3 montre la répartition des économies réalisées sur la période 2005-2010 par type d'action.

Concernant les émissions de GES évitées, l'ensemble des actions mises en œuvre dans le cadre des programmes triennal et quadriennal ont permis une réduction de 1 870 ktéCO$_2$ en 2010 et d'environ 6 500 ktéCO$_2$ sur la période 2005-2010. Figure 6 illustre l'évolution de la part des mesures EE et ER dans les émissions globales évitées.

4.1 Réalisations dans le domaine des énergies renouvelables

4.1.1 L'éolien

Le développement de l'éolien a commencé au début des années 2000 avec la STEG qui a mis en œuvre une capacité initiale de 10 MW à Sidi Daoud en 2001, capacité qu'elle a portée à 20 MW en 2003 puis à 55 MW en 2008. Cette capacité est censée atteindre 175 MW en 2011 et 245 MW en 2012 (voir figure 7).

Notons que selon les informations de la STEG, le taux d'intégration de l'éolien en Tunisie est d'environ 40 %.

4.1.2 Le solaire thermique

Le marché des chauffe-eau solaires (CES) a évolué considérablement depuis la mise en place en 2005 du mécanisme de financement « PROSOL » qui a fait passer la capacité installée d'environ 7 000 m² en 2004 à plus de 80 000 m² en 2010. À la fin de 2010, la surface totale installée était d'environ 490 000 m² contre 120 000 m² seulement en 2004 (voir figure 8).

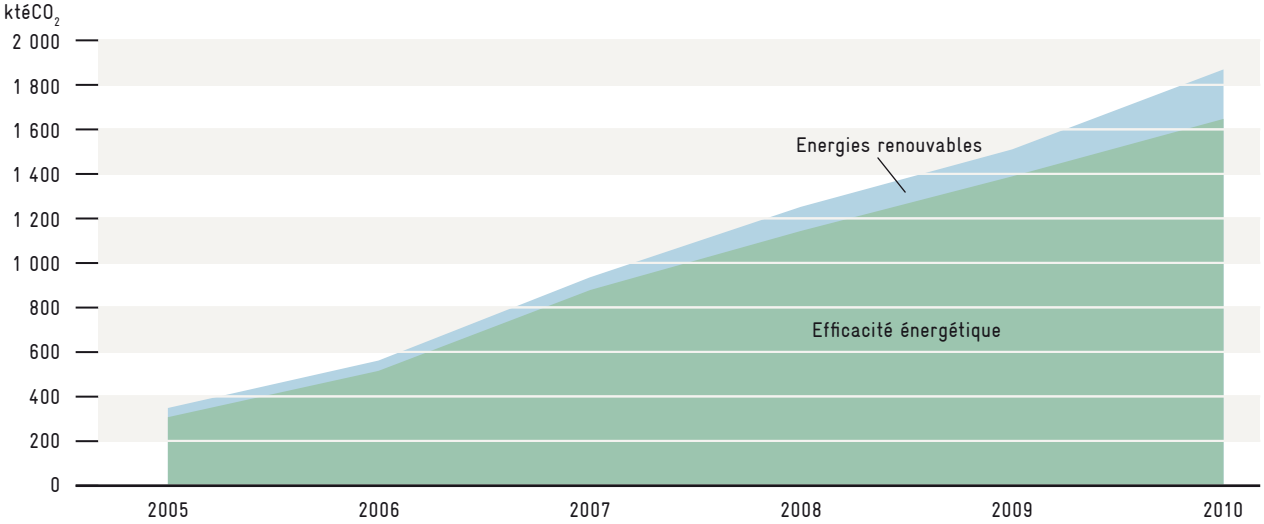
Le développement de cette filière a permis de créer un véritable marché pour plus de 50 fournisseurs, dont 7 fabricants,

Tableau 3 : Economies d'énergie réalisées entre 2005 et 2010 (en ktep)

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2005-2010
Efficacité énergétique	128	215	367	478	580	687	2 455
Energies renouvelables	17	19	24	45	51	93	249
Total	145	235	390	523	631	780	2 704

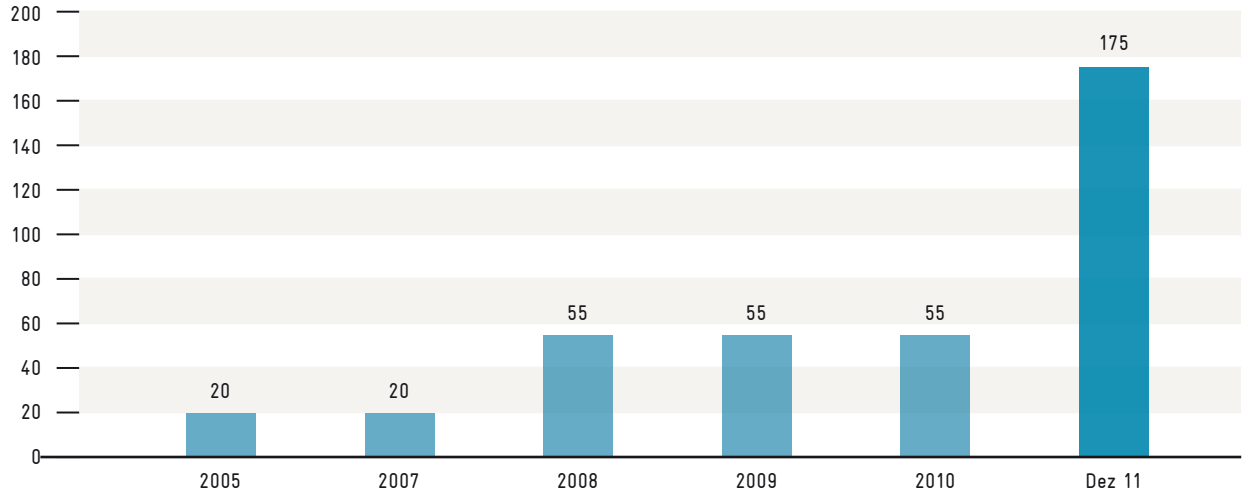
Source : ANME

Figure 6 : Emissions de GES évitées entre 2005 et 2010



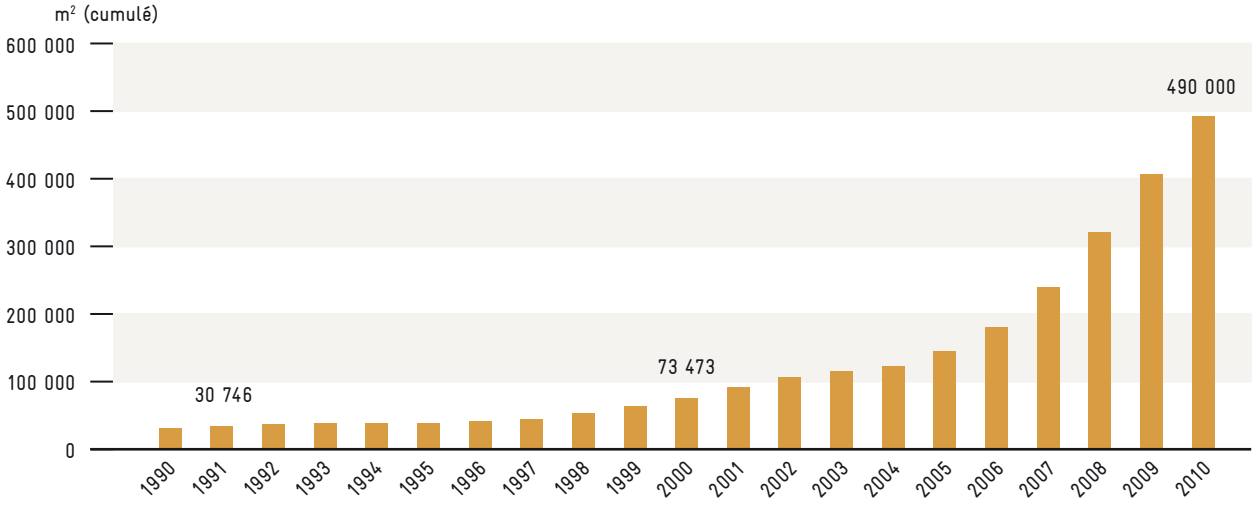
Source : ANME

Figure 7 : Capacité éolienne installée (MW)



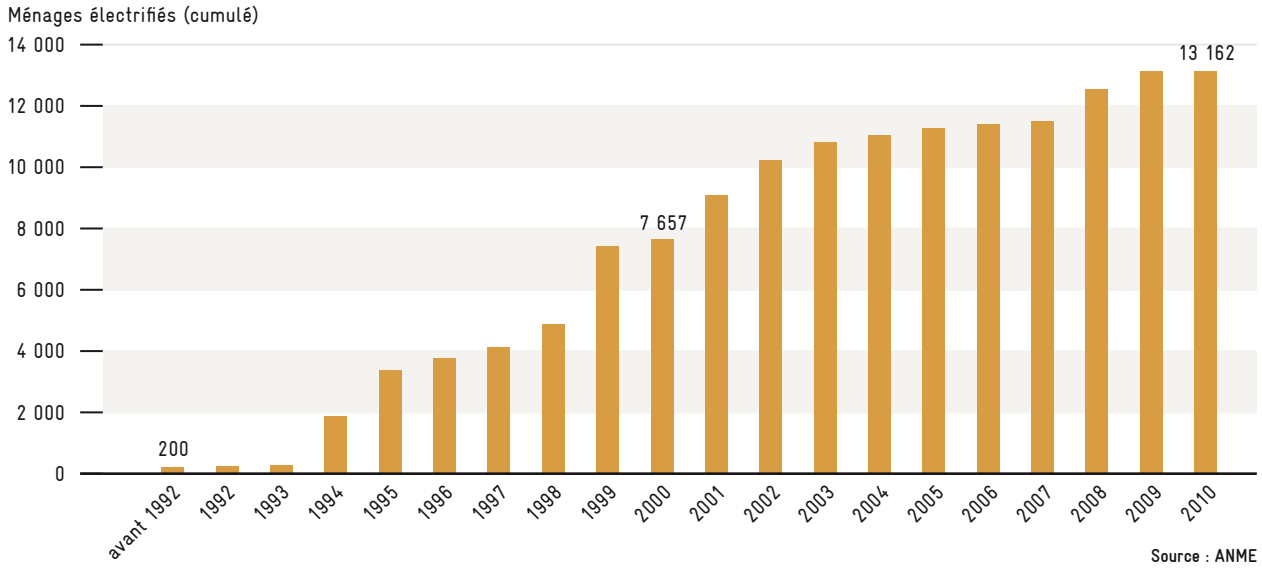
Source : ANME

Figure 8 : Capteurs solaires thermiques installés (m²)



Source : ANME

Figure 9 : Systèmes PV installés dans le cadre de l'électrification rurale



Source : ANME

et plus de 1 200 micro-entreprises d'installation, dont plus de 400 sont actives.

4.1.3 Le solaire photovoltaïque

Le choix du PV comme solution d'éclairage était surtout orienté vers l'électrification rurale. En 2010, 13 000 ménages étaient électrifiés au moyen de kits PV, contre environ 7 600 en 2000 (voir figure 9).

Avec un taux d'intégration moyen estimé à plus de 50 %, cette filière a permis d'attirer des importateurs, des assembleurs, des fournisseurs locaux d'accessoires, des installateurs et des micro-entreprises de maintenance.

En 2010, le programme PROSOL-Elec a été initié avec l'objectif de promouvoir le PV raccordé au réseau.

4.2 Réalisations dans le domaine de l'efficacité énergétique

4.2.1 Les contrats-programmes

Les premiers résultats apparaissent dès 2005 avec un décollage du nombre de contrats-programmes (CP) d'efficacité énergétique (EE) signés qui a dépassé les 900 en 2010 contre seulement 220 sur la période 1987-2004. Les résultats du programme EE dans les secteurs économiques durant cette période ont sensiblement contribué au potentiel global d'économie d'énergie, enregistré sur la même période (voir figure 10).

Au-delà de ses impacts directs sur les plans énergétique, économique et environnemental, le système d'audit énergétique a permis la création de postes d'emplois grâce à l'émergence de nouveaux corps de métiers tels que le métier d'expert auditeur, celui d'expert accompagnateur et celui de responsable énergie. Depuis l'instauration du système d'audit, l'ANME a fourni près de 200 agréments à 134 experts et bureaux d'études dans les différents domaines concernés (thermique, électricité, etc.).

Ainsi, à titre indicatif, 50 architectes, 74 auditeurs dans le tertiaire et 66 auditeurs dans le secteur industriel ont été agréés à la fin de 2010.

4.2.2 La cogénération

Le potentiel de la Tunisie en cogénération est évalué à environ 606 MW (522 MW dans l'industrie et 84 MW dans le tertiaire). À la fin de 2010, la capacité installée atteignait 32,6 MW, soit moins de 8 % du potentiel du secteur industriel.

Le marché tunisien de cogénération n'est pas suffisant pour créer une industrie locale ; par contre le développement de cette filière requiert la fourniture d'accessoires et de services associés comme l'étude, l'installation et la maintenance (voir figure 11).

4.2.3 Les lampes à basse consommation

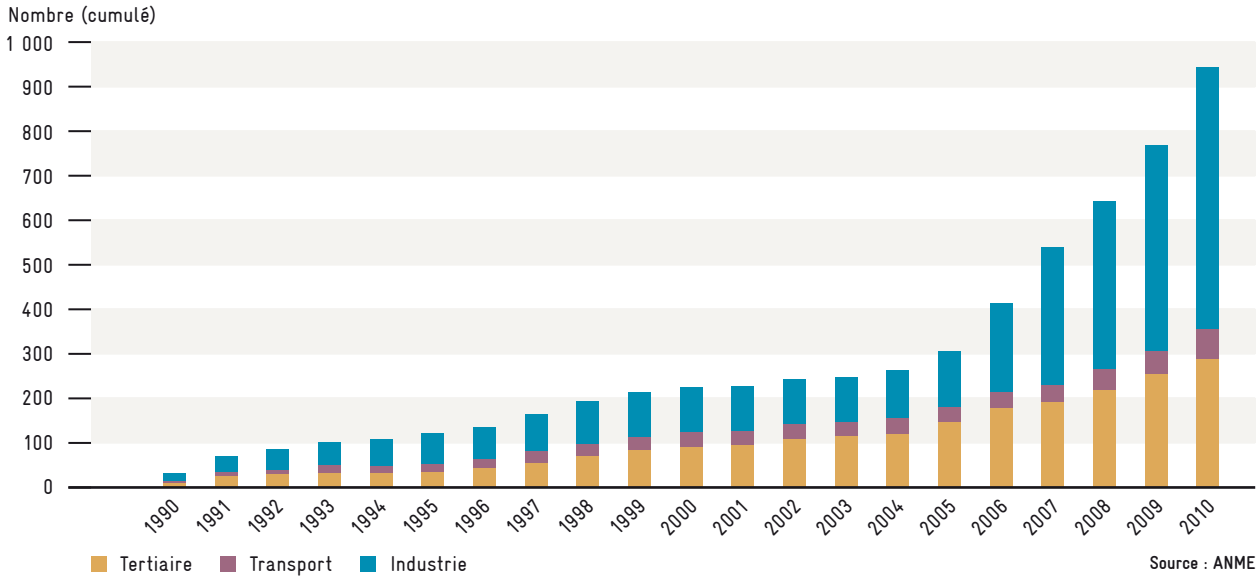
Le nombre de lampes à basse consommation (LBC) installées dans les ménages et établissements tertiaires a dépassé les 11 millions, contre seulement 380 000 en 2004. Le marché des LBC est couvert par la fabrication locale et l'importation (voir figure 12).

4.2.4 L'efficacité énergétique des bâtiments

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

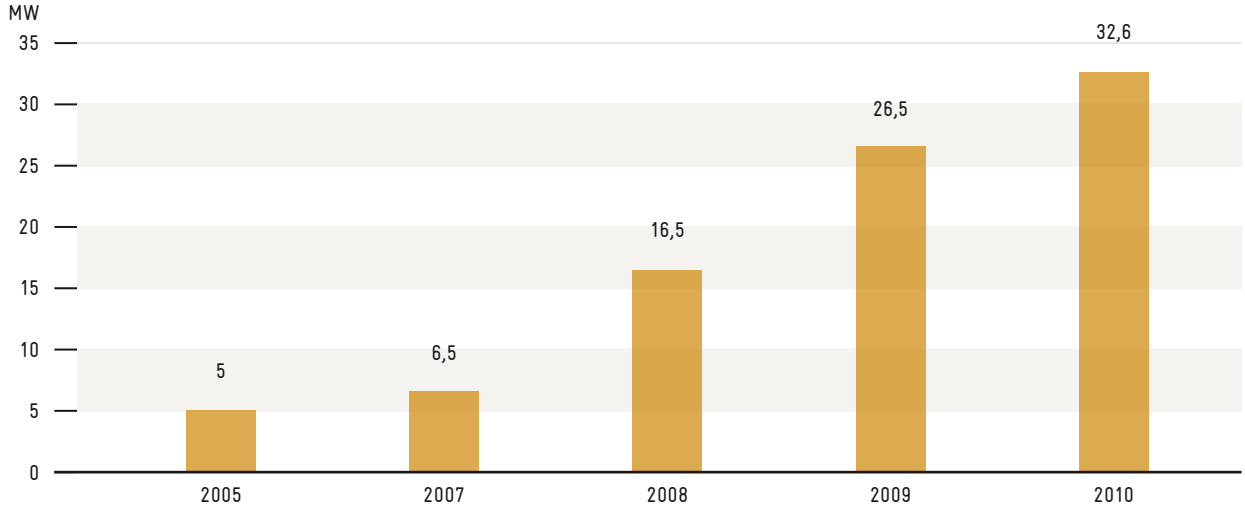
Les dispositions pratiques de la mise en œuvre du décret sont promulguées dans le cadre d'arrêtés conjoints du ministère

Figure 10 : Evolution du nombre des contrats-programmes



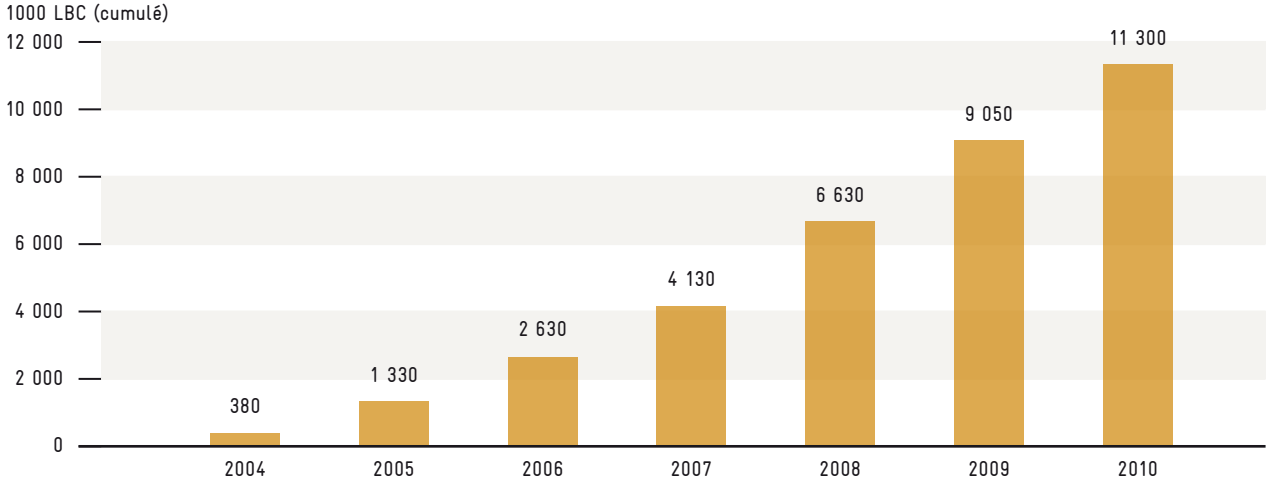
Source : ANME

Figure 11 : Capacité cumulée installée de cogénération (MW)



Source : ANME

Figure 12 : Lampes à basse consommation installées



Source : ANME

en charge de l'énergie et du ministère en charge de l'habitat. Deux arrêtés ont déjà été promulgués :

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

La réglementation thermique applicable aux bâtiments résidentiels collectifs est entrée en vigueur le 1er juin 2009. À la fin de 2010, selon l'Observatoire du ministère en charge de l'habitat, plus de 2 000 nouveaux logements respectaient cette réglementation.

4.2.5 Les autres domaines d'efficacité énergétique

Il s'agit notamment des programmes d'efficacité énergétique n'ayant pas vraiment créé de postes d'emplois ou qui sont engagés en marge des activités programmées, par exemple :

- le programme d'étiquetage des appareils de réfrigération et
- le programme de promotion de la fonction « responsable énergie ».

Le programme d'étiquetage a transformé le marché des réfrigérateurs en Tunisie, mais globalement, il n'a pas permis de créer de nouveaux emplois.

D'autre part, les établissements publics et les entreprises grosses consommatrices d'énergie ont entamé, à partir des années 2000, l'instauration de la fonction responsable-énergie. À la fin de 2010 on comptait environ 500 responsables énergie dans les différents secteurs d'activité, la majorité d'entre eux ayant suivi une formation spécifique.

Par ailleurs, l'amélioration de la maîtrise de l'énergie en Tunisie a permis la création de bureaux de consulting spécialisés dans ce domaine. Ces bureaux offrent leurs services sur le marché local et à l'export compte tenu de la riche expérience tunisienne. À la fin de 2010, une dizaine de bureaux faisaient travailler une cinquantaine de cadres.

5 ÉVALUATION DU MARCHÉ DES BIENS ET SERVICES RELATIFS AUX PROGRAMMES DE MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE

Concernant les programmes de maîtrise de l'énergie (ME) mis en œuvre entre 2005 et 2010, nous mettrons l'accent sur les marchés pertinents des biens et services ayant connu un développement au cours des 5 dernières années, en nous limitant aux filières suivantes :

- marché des CES et des équipements solaires thermiques ;
- marché du photovoltaïque ;
- marché de l'éolien ;
- marché des audits et des contrats-programmes ;
- marché de cogénération ;
- marché de l'efficacité énergétique dans le secteur des bâtiments ;
- bancs de diagnostic moteur ;
- marché des équipements économes en énergie.

5.1 Le marché du solaire thermique

Le marché des CES en Tunisie ne cesse de se renforcer depuis le lancement du programme PROSOL. En effet, le changement d'échelle observé à partir de 2005 est la conséquence d'une panoplie de mesures basée sur une ingénierie financière qui a notamment permis de lever l'obstacle de l'investissement initial et d'améliorer la rentabilité du CES pour le consommateur final. Le tableau 4 donne les principales données économiques de la filière des CES.

La capacité installée sur la période 2005-2010 avoisine 360 000 m² avec un rythme d'installation actuel d'environ 80 000 m²/an, 76 % du marché étant assuré par les fabricants/assembleurs locaux, contre 24 % par les importateurs.

Cette dynamique a notamment permis de créer un tissu industriel actuellement constitué de 7 fabricants et assembleurs locaux et de plus de 1 100 micro-entreprises d'installation et de SAV. La situation de l'offre durant la période 2005-2010 a progressé comme suit :

- passage du nombre de fournisseurs d'équipements de 12, dont 4 fabricants, en 2005, à 41, dont 7 fabricants, en 2010, soit une progression moyenne de 63 % par an ;
- l'offre est constituée de plus de 180 modèles de CES individuels (CESI) en 2010 ;
- en moyenne, 78 % des fournisseurs sont actifs sur le marché ;
- passage du nombre d'installateurs de CESI (micro-entreprises de 2 à 4 personnes max.) de 227 en 2005 à 1 100 en 2010, soit une augmentation moyenne de 37 % par an ;
- en moyenne, 50 % des installateurs sont actifs sur le marché.

Tableau 4 : Evolution du marché des CES 2005-2010

Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
PROSOL Résidentiel							
Surface installée (m²)	22 000	33 362	60 000	80 000	82 000	81 000	358 362
% fabriquants	90 %	80 %	80 %	79 %	73 %	67 %	76 %
% importateur	10 %	20 %	20 %	21 %	27 %	33 %	24 %
CA (MDT)	11,7	16	29	39	40	41	176
Nombre fournisseurs	4	12	21	28	40	46	46
dont fabricants	3	3	5	6	6	7	7
Nombre Installateurs	227	346	564	750	1 045	1 100	1 100

Malgré une augmentation visible des coûts unitaires des CES commercialisés, dans le secteur résidentiel le programme PROSOL a permis de réaliser un chiffre d'affaires global d'environ 176 million de dinars sur la période 2005-2010 avec une augmentation moyenne de 28 % par an (voir figure 13). Cette croissance témoigne de la forte dynamique concurrentielle du marché tunisien. Ce marché étant devenu mature, le rythme des réalisations au-delà de 2010 devrait se maintenir autour de 100 000 m² par an dans l'objectif d'atteindre 1 million de m² de capacité installée, à l'horizon 2015.

En ce qui concerne le secteur tertiaire, le marché n'a pas réellement décollé étant donné que le mécanisme de financement n'a été mis en place qu'en 2008 (voir tableau 5).

Seulement 4 100 m² de capteurs solaires ont été installés pour un chiffre d'affaires total de 2,7 millions de dinars. En outre, un nouveau noyau de compétences a été créé, à savoir :

- 20 bureaux d'études spécialisés dans la conception et le dimensionnement des installations solaires collectives ;
- 12 entreprises d'installation de catégorie B2 et plus, agréées par le ministère de l'Équipement et spécialisées dans l'installation et le SAV des installations solaires collectives.

Souvent, il ne s'agit pas de nouvelles créations d'entreprises mais plutôt de développement d'un nouveau créneau d'activité dans leur domaine de compétence initial.

5.2 Le marché du photovoltaïque

Le programme national d'électrification rurale lancé dans les années 1990 a permis l'installation de 2 112 systèmes durant la période 2005-2010, avec un investissement global d'environ 3,6 millions de dinars.

L'évolution du marché d'électrification rurale est présentée dans le tableau 6.

Ce marché a été renforcé par de nouveaux programmes, à savoir :

- le projet JBIC de l'ANME pour l'équipement de 63 puits en unités de pompage PV et/ou de dessalement d'eau saumâtre, et pour l'électrification de 500 nouveaux logements à l'horizon 2010 ;
- le programme PROSOL-Elec de « toits solaires » pour l'installation de microcentrales photovoltaïques raccordées au réseau de la STEG. Le programme prévoit l'installation de 3 MW entre 2010 et 2012 (à la fin de 2010, environ 408 kW étaient installés pour un investissement global de 3 millions de dinars) ;
- le programme de pompage solaire photovoltaïque. Durant la période 2005-2007, une puissance cumulée de 152 kW a été installée pour un investissement d'environ 2,6 millions de dinars. L'exploitation et la maintenance de ces installations sont assurées par les CRDA relevant du ministère chargé de l'agriculture.

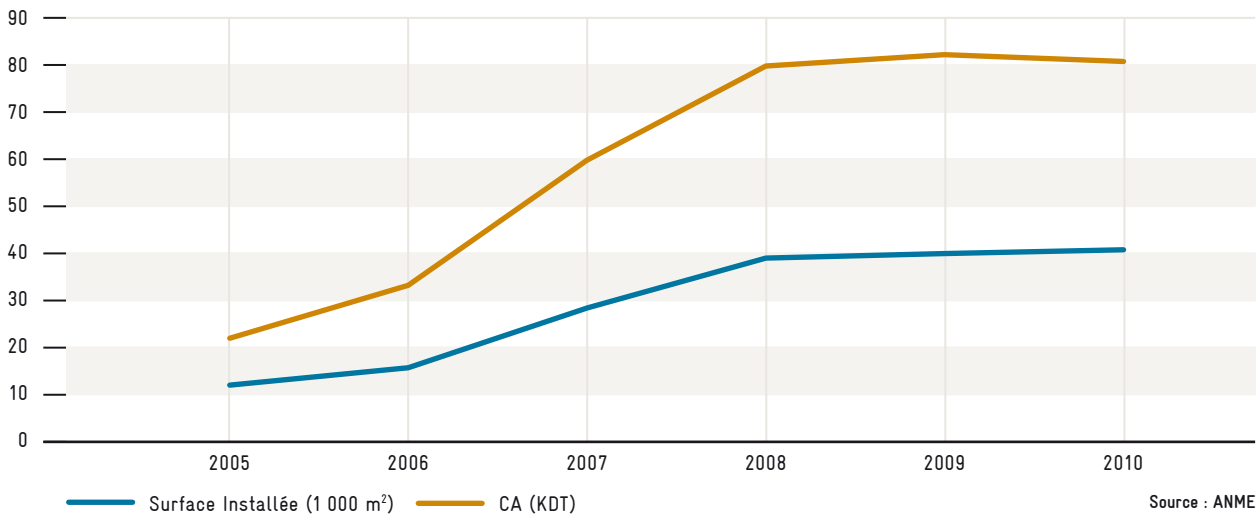
Les progrès technologiques de l'énergie solaire photovoltaïque ainsi que l'amélioration continue de sa compétitivité laissent croire que le recours à cette technologie évoluera à un rythme plus important dans les années à venir, ce qui permettrait de générer plus d'emplois dans la filière.

5.3 Le marché de l'éolien

Développé depuis de nombreuses années dans des pays européens comme l'Allemagne et le Danemark, ainsi qu'aux États-Unis, l'éolien est aujourd'hui la technologie renouvelable la plus mature sur le plan technique et commercial permettant de concurrencer actuellement les moyens conventionnels.

En Tunisie, malgré un potentiel éolien assez important estimé à environ 8 000 MW, le cadre juridique assez limité n'a permis que la réalisation de 54 MW à la fin de 2010. Une installation de 190 MW est en cours de réalisation et sa mise en service est prévue pour 2011/2012, ce qui portera la capacité éolienne totale installée à 244 MW à la fin de 2012.

Figure 13 : Evolution du marché des CESI



Source : ANME

Tableau 5 : Evolution du marché des CES dans le secteur tertiaire

Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
PROSOL Tertiaire							
Surface installée (m²)	-	-	-	-	500	3 600	4 100
CA (MDT)	-	-	-	-	0,3	2,4	2,7
Nombre d'installateurs	-	-	-	-	-	12	12
Nombre de Bureaux d'Études	-	-	-	-	-	20	20

Tableau 6 : Evolution du marché des systèmes PV décentralisés

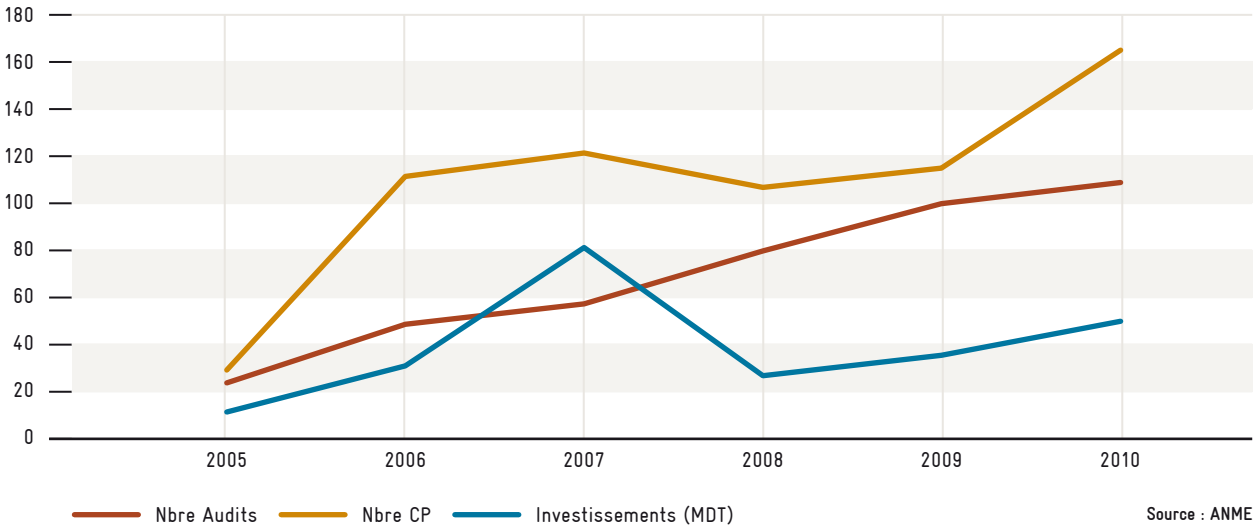
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
Programme d'Électrification Rurale							
Nombre logements	235	105	128	1 052	584	8	2 112
CA (MDT)	0,4	0,2	0,2	1,8	1	0	3,6
Nombre fournisseurs	3	3	3	3	3	50	50
Nombre Installateurs	0	0	0	0	0	50	50

Le coût d'investissement relatif à l'extension de 34 MW du parc de Sidi Daoud réalisée en 2009 s'élève à 84 MDT.

L'ouverture du marché électrique aux investisseurs privés ainsi que les potentialités d'export de l'électricité éolienne à l'Europe seraient déterminants pour le développement futur de la filière en Tunisie.

En effet, la Tunisie dispose d'un embryon d'industrie locale capable de fournir divers composants d'une installation éolienne (tours, câbles, transformateurs, tableaux de commande, etc.). Cette situation rend la filière éolienne prometteuse en termes d'intégration industrielle en Tunisie. Le marché tunisien peut en outre assurer des services liés à la logistique, la construction, l'exploitation et la maintenance des centrales éoliennes.

Figure 14 : Evolution du marché des audits énergétiques et CP



Source : ANME

5.4 Le marché des audits et contrat-programmes (CP)

Les activités institutionnelles, qui comprennent généralement les actions axées sur les audits et les contrat-programmes, constituent la pierre angulaire de la politique tunisienne d'utilisation rationnelle de l'énergie engagée depuis le début des années 1990. Ces programmes visent à intensifier l'engagement des opérateurs économiques privés et publiques dans le domaine de l'efficacité énergétique.

Le cadre règlementaire de 2004 est venu renforcer cette activité grâce à l'organisation et la promotion des investissements en faveur de l'efficacité énergétique dans les entreprises.

Durant les années 2005-2010, plus de 420 audits énergétiques ont été réalisés dans les secteurs industriel, tertiaire et du transport, soit 50 % de plus que le nombre d'audits réalisés sur la période 1987-2003. Les contrats-programmes conclus durant cette période (2005-2010) s'élèvent à 651 pour un investissement global de 239 million de dinars (voir figure 14).

L'évaluation du marché de l'emploi relatif aux investissements dans le domaine de l'efficacité énergétique dans les entreprises dépend de l'évaluation des investissements réellement engagés. Ne disposant pas de chiffres précis sur les réalisations, notre évaluation n'est qu'une estimation (voir tableau 7).

Du point de vue de l'offre, les audits énergétiques sont réalisés par des experts auditeurs relevant de bureaux d'études ou des ingénieurs-conseils agréés par l'ANME. Le nombre d'experts auditeurs a fortement augmenté durant les 5 dernières années pour atteindre 152 à la fin de 2010.

À l'exception des auditeurs agréés dans le secteur des transports, où les entreprises sont pour la majorité en difficulté, le nombre d'experts a plus que doublé pour le secteur industriel et plus que triplé pour le secteur tertiaire et ce en raison notamment de l'augmentation du nombre d'entreprises assujetties à l'audit énergétique.

La réalisation des projets des CP nécessite de plus en plus l'intervention d'experts en accompagnement chargés d'assister les entreprises dans la mise en œuvre de leurs objectifs d'économie d'énergie.

5.5 Le marché de la cogénération

Le développement de la cogénération en Tunisie a été lancé en 2001, avec la publication du décret 2002-3232 de décembre 2002 fixant les règles et modalités de mise en œuvre de projets de cogénération.

Malgré un fort potentiel estimé par l'ANME à environ 606 MW, les réalisations demeurent en deçà des objectifs fixés puisque, à la fin de 2010, la puissance installée cumulée n'était que de 27,5 MW, pour un investissement global d'environ 20 millions de dinars, ce qui représente 39 % de l'objectif 2011 (70 MWe).

Le tableau 8 suivant récapitule l'évolution du marché de la cogénération sur la période 2005-2010.

5.6 Le marché de l'efficacité énergétique dans les bâtiments

Le programme d'efficacité énergétique dans les bâtiments vise à améliorer les comportements thermiques des bâtiments résidentiels et tertiaires grâce à l'élaboration d'une réglementation thermique adaptée aux contextes climatiques de la Tunisie, définissant des exigences minimales à respecter lors de la conception et de la construction des bâtiments résidentiels et tertiaires à travers :

- l'élaboration de spécifications techniques minimales visant à réduire la consommation d'énergie des projets

Tableau 7 : Evolution du marché des audits énergétiques et CP

Secteur/Filière	Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Transport	Nombre experts agréés	9	9	9	9	9	9	9
	Nbre audits	1	1	3	5	3	15	28
	Nbre Contrat-Programme	1	1	0	10	5	14	31
	Investissement (MDT)	0,3	0,4	0,01	3	7	2	13
Industrie	Nombre experts agréés	32	43	53	62	67	68	68
	Nbre Audits	11	30	37	49	63	48	238
	Nbre CP	18	75	108	70	84	128	483
	Nbre Consultation préalable			25	13	7	6	51
	Investissement (MDT)	11	25	80	20	24	43	203
Tertiaire	Nombre experts agréés	28	39	49	66	73	75	75
	Nbre Audits	12	18	18	26	34	46	154
	Nbre CP	11	36	14	27	26	23	137
	Investissement (MDT)	0,8	5,8	2	4,2	4,7	5.3	23
Total	Nombre experts agréés	69	91	111	137	149	152	152
	Nbre Audits	24	49	58	80	100	109	420
	Nbre CP	30	112	122	107	115	165	651
	Investissement (MDT)	12	31	82	27	36	50	239

Tableau 8 : Evolution du marché de la cogénération

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Total
MW installée	–	–	1,5	10,0	10,0	6,0	27,5
MW cumulée	–	–	1,5	11,5	21,5	27,5	27,5
Investissement (MDT)	–	–	1,3	5,9	7,1	5,8	20,0
Nombre fournisseurs	–	–	1,0	1,0	2,0	2,0	2,0

de construction et d'extension des bâtiments à usage de bureaux ou assimilés et des bâtiments à usage résidentiel collectif ;

- l'institution de l'audit sur plan des nouveaux projets et des projets d'extension dans le secteur de la construction ;
- la définition des conditions et méthodes de réalisation des audits énergétiques sur plan dans les secteurs résidentiel et tertiaire, dans le cadre d'un cahier des charges approuvé par arrêté ministériel.

Même si le cadre règlementaire donne accès à des avantages et primes accordés dans le cadre de l'effort national pour la maîtrise de l'énergie, les réalisations sont encore assez limitées. Elles se situent autour de 12 audits sur plan avec la conclusion de 12 contrats-programmes pour un investissement global d'environ 0,6 million de dinars (voir tableau 9).

5.7 Le marché des bancs de diagnostic moteurs

Le programme consiste à créer un réseau de stations de diagnostic des moteurs devant permettre aux automobilistes de contrôler et régler les moteurs de leurs véhicules.

La publication du décret n°2005-1497 du 11 mai 2005, instituant l'obligation du diagnostic moteur à l'occasion de la visite technique périodique des véhicules, a permis de renforcer ce programme. L'application de cette mesure n'a pas encore été rendue obligatoire par le ministère du Transport.

Tableau 9 : Evolution du marché des audits sur plan et CP dans les bâtiments

Bâtiment (audits sur plan)	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Nombre d'experts agréés	22	22	22	22	22	22	22
Nombre d'audits sur plan	1	0	0	2	4	5	12
Nombre de CP	1	0	0	2	4	5	12
Investissement (MDT)	0,03	-	-	0,11	0,18	0,23	0,6

Tableau 10 : Evolution du marché des bancs de diagnostic moteurs

Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Nombre fournisseurs agréés	0	0	6	8	3	4	21
Nombre de stations			33	59	2	11	105
CA(MDT)	0	0	0,2	1	0,4	0,2	1,6

Tableau 11 : Evolution de la commercialisation des produits de maîtrise de l'énergie

	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Nombre fournisseurs	35	30	29	33	39	39
Nombre attestations	79	73	95	123	199	190
Investissement (MDT)	2	4	4	19	12	15

L'évolution du marché des stations de diagnostic moteurs des véhicules est présentée dans le tableau 10.

L'acquisition des stations se réfère au cahier des charges relatif à l'organisation d'exercice de l'activité du diagnostic des moteurs automobiles et bénéficie d'une aide à l'investissement de 20 % du montant de l'investissement avec un plafond de 6 000 TND par station. Dans ce cadre, 105 stations de diagnostic ont été acquises durant la période 2005-2010, avec un investissement total d'environ 1,6 million de dinars. La fourniture et la maintenance des équipements sont assurées par 8 fournisseurs locaux.

5.8 Le marché des équipements économes en énergie

La Tunisie dispose d'un cadre d'incitation fiscale visant à encourager l'utilisation de produits et équipements concourant à la maîtrise de l'énergie et ce en vertu du décret n° 95-744 du 24 avril 1995 qui définit les listes des matières premières, produits semi-finis et équipements pouvant bénéficier d'avantages fiscaux, à savoir :

- l'exonération de la TVA sur les matières premières, produits semi-finis et équipements acquis localement (listes 2 et 4) ;
- la suspension de la TVA et le paiement des droits de douane au taux minimum de 10 % pour les produits et équipements importés et n'ayant pas de similaires fabriqués localement (listes 1 et 3).

Les avantages fiscaux sont accordés par l'ANME moyennant une attestation d'exonération délivrée à cet effet.

La commercialisation de ces produits et équipements fait intervenir un bon nombre d'opérateurs dans différents secteurs (électricité, électronique, bâtiments, etc.) et mobilise en conséquence des investissements en forte croissance. En effet, la période 2005-2010 a enregistré l'importation de l'équivalent de 56 millions de dinars par 39 fournisseurs d'équipements énergétiquement efficaces. Dans le domaine des énergies renouvelables, la fourniture d'équipements est majoritairement assurée par les opérateurs exerçant dans le cadre des programmes concernés (PROSOL Thermique, PROSOL Elec, Électrification rurale, etc.).

L'évolution du marché de fourniture et de commercialisation des produits et équipements concourant à la maîtrise de l'énergie est présentée dans le tableau 11.

Il est à préciser que 80 % de ce marché concerne l'importation de régulateurs de puissance et de lampes basse consommation avec respectivement 59 % et 21 % du montant global.

6 ÉVALUATION DES EMPLOIS CRÉÉS

6.1 Approche méthodologique

Dans cette partie, nous nous proposons d'évaluer les emplois directs créés dans le cadre des programmes nationaux de maîtrise de l'énergie sur la période 2005-2010. Les emplois directs créés dans les différents domaines, secteurs et filières sont chiffrés en nombre d'emplois permanents ou d'emplois intermittents.

L'évaluation des emplois est effectuée sur la base d'un certain nombre d'hypothèses issues des statistiques de réalisation et d'évolution des marchés des biens et services de maîtrise de l'énergie, relevant de la mise en place du programme triennal et quadriennal.

Ces hypothèses, parfois appuyées par des enquêtes ciblées auprès d'opérateurs, ont permis d'obtenir des indicateurs spécifiques pour chaque filière, en établissant un lien entre l'employabilité de la filière et des grandeurs économiques ou physiques.

Ces ratios extrapolés aux objectifs du plan solaire tunisien permettraient ensuite d'estimer le nombre potentiel d'emplois à moyen et long terme.

6.2 Caractérisation des emplois directs

L'analyse du marché de l'emploi dans le domaine de la maîtrise de l'énergie permet d'identifier deux types d'emplois :

- les emplois permanents considérés comme stables et à plein temps, à l'instar des activités institutionnelles (ANME, centres techniques, etc.), de l'exploitation de grandes installations d'énergies renouvelables, de marchés pérennes comme PROSOL, etc. ;
- les emplois intermittents, considérés comme des emplois à temps partiel. Il s'agit de la création d'activités additionnelles occasionnelles, à l'instar de quelques métiers d'études, de fourniture et d'installation. Dans une perspective de pérennisation des marchés, ces emplois intermittents peuvent se transformer en emplois permanents.

Dans le contexte de la présente étude, nous considérons que les emplois directs, qu'ils soient permanents ou intermittents, dépendent du volume d'investissement et/ou du chiffre d'affaires du marché des biens et services relatif à la maîtrise de l'énergie. Nous nous intéresserons ensuite plus particulièrement aux niches de marché suivantes :

- fabrication des équipements (industrialisation et intégration) ;
- étude et conception ;
- fourniture et installation des équipements ;
- exploitation et maintenance des équipements ;
- assistance et promotion (formation, financement, assurance, etc.) ;
- recherche et développement.

Néanmoins, comme les emplois relevant des activités ci-dessus dépendent souvent de la maturité de la filière ou du marché, ce critère pourrait conditionner la stabilité des emplois correspondants. Par ailleurs, du fait de l'aspect pilote des activités, certains marchés en sont encore à un stade embryonnaire, si bien qu'il est difficile d'évaluer leur employabilité. Dans ces cas, nous nous sommes basés sur des ratios issus des expériences étrangères.

Le tableau 12 présente la caractérisation des différents types d'emplois par activité.

Notons que des emplois sont aussi créés dans le cadre de l'appui à la réalisation des programmes. Il s'agit de structures comme :

- l'ANME ;
- les centres techniques ;
- les organismes de formation, d'enseignement et de R&D ;
- les structures d'études et de consulting.

6.3 Évaluation des emplois directs dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

6.3.1 La filière solaire thermique

Il s'agit d'évaluer tout d'abord l'impact du programme de diffusion des CES dans le cadre du programme PROSOL Résidentiel (voir tableau 13).

Ensuite, nous procèderons à l'évaluation du nombre d'emplois créés dans la filière du solaire thermique, particulièrement dans le secteur résidentiel, en se référant aux hypothèses suivantes calculées sur la base de données statistiques ou d'enquêtes ciblées (voir tableau 14) :

- 1,3 emploi pour 100 systèmes fabriqués par les fabricants locaux, ou l'équivalent de 5,2 emplois pour 1 000 m² produits ;
- 3 emplois pour 1 000 m² importés ;
- la moyenne de 4,6 emplois pour 1 000 m² fournis ;
- 13,6 emplois pour 1 000 m² de capteurs installés ;
- 0,8 emploi pour 1 000 m² pour la maintenance et le SAV des CES ;
- soit un total consolidé de 19 emplois pour 1 000 m² de CES.

Compte tenu du rythme stable des installations et du volume du marché, tous les emplois créés dans la filière CES individuels peuvent être considérés comme permanents.

Tableau 12 : Classification des types d'emploi par programme

Métier ▸ / Programme ▾	Essais et R&D	Fabrication	Études	Fourniture et installation	Exploitation & maintenance
Efficacité énergétique					
Audits énergétiques et CP	I	N	P/I	N	N
EE dans les bâtiments	I	N	I	P	N
Cogénération	N	N	I	I	P
Bancs de diagnostic	N	N	N	P	P
Énergies renouvelables					
PROSOL Résidentiel	I	P	N	P	P
PROSOL Tertiaire	I	P	I	P	P
PROSOL Elec	I	I	I	P	P
Électrification rurale	I	I	N	I	P
Éolien	I	I	I	I	P

P : Permanent I : Intermittent N : Néant

Tableau 13 : Impacts du PROSOL Résidentiel

PROSOL Résidentiel	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Impacts cumulés 2005-2010	Economies Ktep-an
m²	22 000	33 362	60 000	80 000	82 000	81 000	**358 362**	
m² cumulée	22 000	55 362	115 362	195 362	277 362	358 362	**358 362**	
EE cumulée (Ktep)	2	4	8	14	19	25	**72**	
EE sur durée de vie (Ktep)	23	35	63	84	86	85	**376**	**25**

Il en résulte que le nombre total d'emplois créés dans cette filière sur la période 2005-2010 est évalué à environ 1 483 emplois permanents répartis comme suit :

- 374 emplois dans la fourniture des équipements (fabrication/assemblage et importation) ;
- 1 100 emplois dans l'installation et le SAV des équipements ;
- 9 emplois dans les programmes de soutien.

L'évolution annuelle du nombre d'emplois permanents par activité est présentée dans le tableau 15.

L'évolution des emplois créés dans la filière du solaire thermique résidentiel est donnée par la figure 15.

Pour la filière du solaire thermique collectif (PROSOL Tertiaire), les impacts sur la période 2005-2010 sont donnés dans le tableau 16.

Pour cette filière, nous considérons que les emplois créés sont des emplois permanents, à l'exception du marché d'études où les emplois créés sont considérés comme intermittents.

Les emplois créés dans ce programme sont estimés sur la base des ratios suivants (voir tableau 17).

Cela correspond à 4,3 emplois pour 1 000 m² au total. Si on tient compte de la part du marché de la fourniture, qui a un facteur de 3,4 emplois, on atteint un total de 7,7 hommes/an pour 1 000 m².

En considérant les réalisations de la période 2005-2010, le nombre d'emplois créés dans ce programme est évalué à environ 31, répartis comme suit :

- étude et assistance : 4 emplois intermittents qui, à la longue, et avec le renforcement du marché, se transformeraient en emplois permanents ;
- fourniture et installation : 19 emplois permanents ;
- exploitation et maintenance : 4 emplois permanents ;
- appui et gestion du programme : 3 emplois.

Le nombre total d'emplois créés dans le cadre du programme national de promotion des CES est de 1 515, pour un investissement global évalué à 178 millions de dinars.

6.3.2 La filière solaire photovoltaïque

L'impact des programmes PV sur la période 2005-2010 est donné par le tableau 19.

L'évaluation des emplois créés dans la filière du solaire photovoltaïque s'appuie sur les hypothèses statistiques suivantes, issues d'enquêtes auprès des opérateurs locaux (voir tableau 20).

Compte tenu de ces ratios d'employabilité, le nombre d'emplois permanents créés s'élevait à environ 54 à la fin de 2010, dont 44 permanents et 10 temporaires (voir tableau 21).

À l'horizon 2012, avec l'installation de 3 MWc de Prosol elec, ce nombre atteindrait 205 emplois permanents.

Tableau 14 : Facteurs emploi dans la filière solaire thermique

Installateur		
Installation	3,4	emplois/100 CES
	3,3	hj/m²
	13,6	emplois/1 000 m²
Maintenance	0,5	hj/CES
	0,2	hj/m²
	0,8	h-an/1 000 m²
Fabricant		
Production	1,3	emplois/100 CES
	1,2	hj/m²
	5,2	emplois/1 000m²
Importateur		
Fourniture	0,9	emplois/100 CES
	0,8	hj/m²
	3	emplois/1 000m²
Fourniture (Fab+Imp)		
Fourniture	1,2	emplois/100 CES
	1,1	hj/m²
	4,6	emplois/1 000m²
TOTAL	19,0	emplois/1 000m²

Source : enquête ALCOR

Tableau 15 : Evolution du nombre d'emplois dans le PROSOL Résidentiel

Secteur/Filière	Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
	Solaire Thermique							
PROSOL Résidentiel	m²	22 000	33 362	60 000	80 000	82 000	81 000	358 362
	% fabriquants	90%	80%	80%	79%	73%	67%	76%
	% importateur	10%	20%	20%	21%	27%	33%	24%
	m² SAV		22 000	55 362	115 362	195 362	277 362	277 362
	CA (MDT)	11,7	16	29	39	40	41	176
	dont importation (KDT)	990	3 003	5 868	8 803	11 978	14 702	45 343
	dont Frais installation (KDT)	2	2	4	5	5	5	23
	Coût moyen (DT/m²)	450	450	489	524	541	550	501
	Nombre fournisseurs	4	12	21	28	40	46	46
	dont actifs	4	9	18	21	27	30	30
	dont fabricants	3	3	5	6	6	7	7
	Nombre Installateurs	227	346	564	750	1 045	1 100	1 100
	dont actifs	188	252	395	450	470	440	2 195
	Nombre emplois-an							
	Production	170	175	180	223	261	282	282
	Importation	4	24	52	60	84	92	92
	Installation+SAV	376	504	987	1 125	1 176	1 100	1 100
	Gestion du programme (ANME)	4	4	9	9	9	9	9
	S/TOTAL PROSOL Résidentiel	376	504	987	1 125	1 176	1 100	1 483

Source : ANME/PROSOL

Figure 15 : Evolution du nombre d'emplois dans la filière solaire thermique

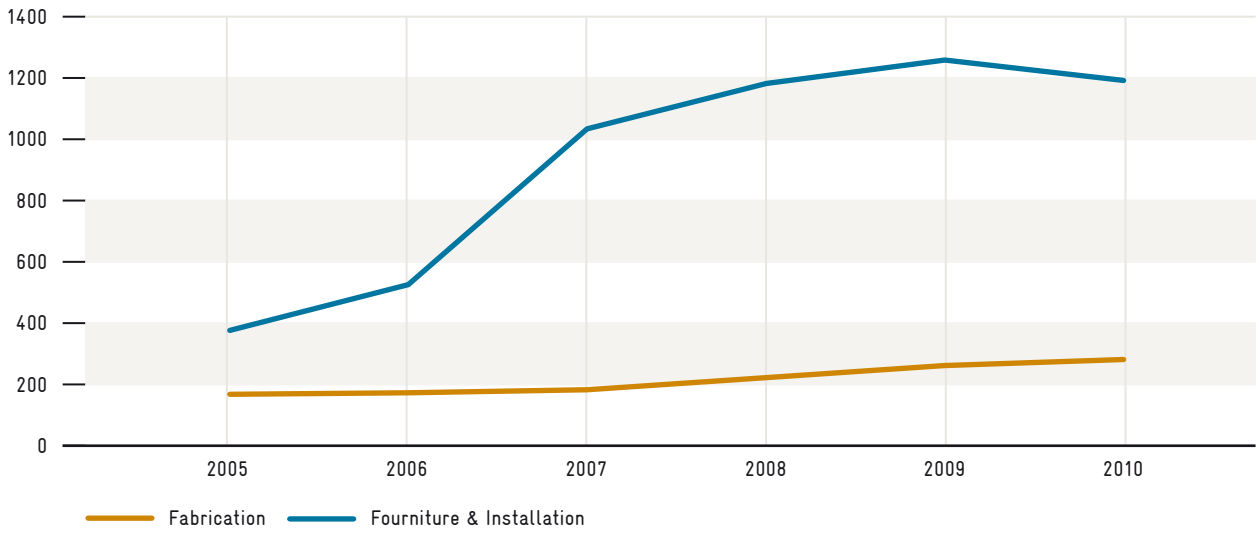


Tableau 16 : Impacts du PROSOL Tertiaire

PROSOL Tertiaire	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Impacts cumulés 2005-2010	Economies Ktep-an
m²					500	3 600	4 100	
m² Cumulée	0	0	0	0	500	4 100	4 100	
EE cumulée (Ktep)	0	0	0	0	0,05	0,41	0,46	
EE (Ktep) (Durée de vie)	0	0	0	0	0,8	5,4	6,2	0,4

Tableau 17 : Facteurs emploi du PROSOL Tertiaire

Filière	installation	Étude	Exploitation et maintenance
Unité	Emplois/1 000 m²	Emplois/1 000 m²	Emplois/1 000 m²
CES collectifs	2	1,2	1,1

Source : ANME/PROSOL

Tableau 18 : Evolution du nombre d'emplois dans le PROSOL Tertiaire

Secteur/Filière	Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
PROSOL Tertiaire	m²					500	3 600	4 100
	CA (MDT)					0,3	2,4	2,7
	Nombre Installateurs						12	
	Nombre BE						20	
	Nombre emplois-an							
	Etude et assistance					1	4	4
	Fourniture et installation					3	19	19
	Exploitation et maintenance					1	4	4
	Gestion du programme (ANME)			2	2	2	3	3
	S/TOTAL PROSOL Tertiaire			2	2	6	31	31

Tableau 19 : Impacts des programmes de promotion du photovoltaïque

Electrification Rurale	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Impacts cumulés 2005-2010	Economies Ktep-an
Nbre logement	235	105	128	1 052	584	8	2 112	
KWc	26	12	14	116	64	1	232	
KWc Cumulée	26	37	51	167	231	232	232	
EE primaire cumulée (Ktep)	0,01	0,02	0,02	0,07	0,1	0,1	0,3	
EE sur Durée de vie (Ktep)	0,2	0,1	0,1	1,0	0,6	0,0	2	0,1

PROSOL Elec	2005	2006	2007	2008	2009	2010	Impacts cumulés 2005-2008	Economies Ktep-an
Nbre logement						235	235	
KWc						408		
KWc Cumulée						408	408	
EE cumulée (Ktep)						0,18	0,18	
EE sur Durée de vie (Ktep)						3,5	4	0,2

Tableau 20 : Facteurs emploi des programmes de promotion du photovoltaïque

PV connecté au réseau		
Puissance moy par système		1,7 Kw
Fourniture & Installation	20 hj/sys	12 hj/kw
		49 h-an/MW
Maintenance	1 hj/sys	0,6 hj/kw
		2,5 h-an/MW

Electrification rurale		
Puissance moy par système		0,11 Kw
Fourniture & Installation	2 hj/sys	18 hj/kw
		76 h-an/MW
SAV	0,18 hj/sys	1,6 hj/kw
		7 h-an/MW

Source : ANME/DER

6.3.3 La filière éolienne

Le nombre d'emplois créés dans le domaine de l'éolien est estimé en se basant sur les ratios établis dans l'étude GIZ et ANME[3], étant donné l'indisponibilité de données statistiques précises en la matière.

Dans ce cadre, l'éolien permettrait de créer 15 emplois/an (emplois intermittents) par MW installé dans la fabrication de turbines, la fabrication de composants, le développement, l'installation. En outre, l'opération et la maintenance représentent 0,4 emploi par MW de capacité installée totale (voir figure 16).

Dans le cas de la Tunisie, nous estimons que le nombre d'emplois créés dans le cadre des réalisations de la STEG est d'environ 2,9 par MW, répartis comme suit (voir tableau 22) :

- étude, appui, formation : 1,3 homme/an par MW installé, soit 0,1 Eq emploi par MW ;
- construction, installation et fourniture d'accessoires : 3,7 hommes/an par MW installé, soit 0,2 Eq emploi par MW ;
- exploitation et maintenance : 0,4 Eq emploi permanent par MW installé.

En appliquant ces ratios aux 54 MW installés par la STEG, le nombre d'emplois créés est estimé comme suit (voir tableau 23) :

- 8 emplois permanents pour l'exploitation et la maintenance des fermes éoliennes ;
- 168 emplois/an pour la phase de mise en œuvre, soit près de 8 équivalents emplois permanents.

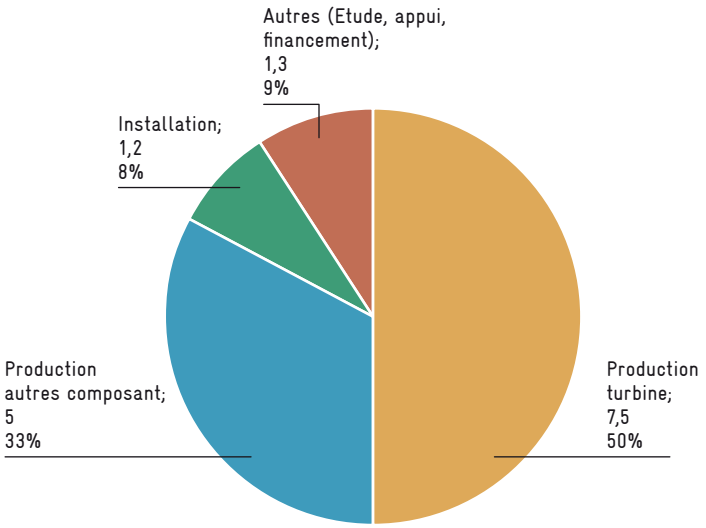
En 2012, lorsqu'on aura atteint 245 MW de capacité éolienne installée, les emplois créés devraient atteindre 100 emplois

3 Production d'électricité renouvelable en Tunisie : Perspectives et opportunités - Partie 3 : Potentiel et scénarios de développement de la production d'électricité renouvelable en Tunisie ; ANME-GIZ, février 2011

Tableau 21 : Evolution du nombre d'emplois dans la filière photovoltaïque

Secteur/Filière	Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Solaire Photovoltaique								
PROSOL Elec.	Nombre de Systèmes						234	234
	KW						408	408
	CA (MDT)						3	3
	Nombre fournisseurs						50	50
	Nombre Installateurs						50	50
	dont actifs						10	10
	Nombre emplois-an							
	Fourniture et installation							
	dont emplois fixes						20	20
	dont hommes-an temporaires						10	10
	Maintenance						2	2
	S/TOTAL PROSOL Elec	0	0	0	0	0	22	32
Electrification Rurale	Nombre Systèmes	235	105	128	1.052	584	8	2.112
	Puissance (KW)	26	12	14	116	64	1	232
	Puissance SAV (KW)	26	52	63	77	193	257	
	CA (MDT)	0,4	0,2	0,2	1,8	1,0		3,6
	Nombre fournisseurs	3	3	3	3	3	50	50
	Nombre Installateurs						50	
	Nombre emplois-an							
	Fourniture et installation	2	1	1	9	5	0	18
	Maintenance (Garantie)	0,2	0,4	0,4	0,5	1,3	1,8	5
	S/TOTAL Elec rurale	2	1	1	10	6	2	22
S/Total Solaire PV	Investissement (MDT)	0	0	0	2	1	3	7
	Nombre emplois-an	2	1	1	10	6	24	42

Figure 16 : Facteurs emploi de la filière éolienne (international)



Source : EWEA (2008)

Tableau 22 : Facteurs emploi de la filière éolienne (Tunisie)

	Hommes-an/MW	Eq Emploi/MW
Construction et installation	3,7	0,2
Exploitation et maintenance	–	0,4
Autres (Etude, formation, Appui,...)	1,3	0,1
Total		0,7

Source : GIZ/ANME (2010)

Tableau 23 : Evolution du nombre d'emplois dans la filière éolienne

Secteur/Filière	Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Eolien Centralisé	MW Cumulée	20	20	20	20	54	54	54
	CA (MDT)	50				70		120
	Emplois hommes-an							
	Fourniture et installation					124	0	124
	Appui (Formation, étude, financement)					44	0	44
	Exploitation & Maintenance	8	8	8	8	8	8	8
S/Total Eolien (Equivalent Emploi)		8	8	8	8	16	8	16

Tableau 24 : Evolution du nombre d'emplois dans la filière des énergies renouvelables

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Investissement (MDT)	62	16	29	41	111	46	305
Emplois Permanents	560	712	1 231	1 427	1 549	1 535	1 558

permanents dans l'opération et la maintenance et environ 25 équivalents emplois permanents dans la mise en œuvre des projets.

Le nombre total d'emplois créés dans les filières des énergies renouvelables est donné dans le tableau 24.

6.3.4 Les audits énergétiques et les contrats-programmes

Pour les activités institutionnelles et celles qui concernent les audits énergétiques obligatoires et périodiques, ainsi que les contrats-programmes qui en découlent, le nombre d'emplois permanents a été estimé sur la base des ratios suivants qui ont été déterminés en tenant compte de l'ensemble du processus, c.-à-d. depuis l'élaboration de la convention d'audit jusqu'à l'assistance à la réalisation des actions d'économie d'énergie :

- 0,4 emploi permanent/audit
- 0,7 emploi permanent/CP

En conséquence, le nombre d'emplois créés sur la période 2005-2010 est évalué à environ 154 emplois permanents répartis par secteur comme suit (voir tableau 25) :

- 106 emplois permanents dans le secteur industriel ;
- 33 emplois permanents dans le secteur tertiaire ;
- 15 emplois permanents dans le secteur des transports.

6.3.5 Les autres programmes d'efficacité énergétique

Les autres mesures d'efficacité énergétique concernent le secteur des bâtiments, la cogénération, les bancs de diagnostic moteurs et les établissements de services énergétiques.

Le nombre d'emplois directs créés par les mesures institutionnelles dans ces filières est donné dans le tableau 26.

6.3.5.1 Le secteur du bâtiment

Pour l'activité des audits sur plan, nous estimons le nombre d'emplois permanents à 61 sur la période 2005-2010.

Pour le marché de l'isolation thermique, 31 fournisseurs emploient environ 560 personnes de manière intermittente réparties comme indiqué dans le tableau 27.

Par ailleurs, dans le cadre d'un changement d'échelle, ce domaine présente de grandes opportunités de création d'emplois directs, notamment dans la réalisation des travaux.

6.3.5.2 Les établissements de services énergétiques (ESE)

On estime que 9 emplois permanents sont créés par les ESE.

6.3.5.3 Le programme des bancs de diagnostic

Les stations de diagnostic des moteurs de véhicules sont des équipements nécessitant un bon niveau de technicité et un minimum d'expérience pour pouvoir réaliser les tests, contrôles et réglages dans les règles de l'art.

À cet effet, cette activité nécessite généralement le recrutement de techniciens répondant aux spécifications du cahier des charges relatif à l'organisation d'exercice de l'activité de diagnostic des automobiles élaboré par l'ANME et promulgué par l'arrêté du 10 août 2007.

Dans ce cadre, nous estimons que les emplois permanents créés par cette activité s'élèvent à 109 dans la période 2005-2010, sur la base des ratios suivants :

- fourniture, installation et maintenance : 3 emplois permanents pour 100 stations installées ;
- exploitation: 1 emploi permanent par station installée.

Tableau 25 : Evolution du nombre d'emplois dans la filière des audits énergétiques et CP

Secteur/Filière	Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Transport	Nombre experts agréés	9	9	9	9	9	9	9
	Nbre audits	1	1	3	5	3	15	28
	Nbre Contrat-Programme	1	1	0	10	5	14	31
	Montants audits (MDT)	0,008	0,35	0,01	0,03	0,02	0,08	0,5
	Investissement (MDT)	0,3	0,04	0,00	2,9	7,4	1,8	12
	Emplois hommes-an (Etude & Développement)	**1**	**1**	**1**	**9**	**5**	**15**	15
Industrie	Nombre experts agréés	32	43	53	62	67	68	68
	Nbre Audits	11	30	37	49	63	48	238
	Nbre Consultation préalable			25	13	7	6	51
	Nbre CP	18	75	108	70	84	128	483
	Montants audits (MDT)	4	11	46	11	13	14	100
	Investissement (MDT)	11	25	80	20	24	43	203
	Emplois hommes-an (Etude & Développement)	**16**	**62**	**91**	**68**	**82**	**106**	106
Tertiaire	Nombre experts agréés	28	39	49	66	73	75	75
	Nbre Audits	12	18	18	26	34	46	154
	Nbre Consultation préalable							0
	Nbre CP	11	36	14	27	26	23	137
	Montants audits (KDT)	0,10	0,16	0,13	0,25	0,95	1,06	2,6
	Investissement (MDT)	1	6	2	4	4	4	20
	Emplois hommes-an (Etude & Développement)	**12**	**31**	**16**	**28**	**30**	**33**	33
TOTAL AUDITS ENERGETIQUES ET CP								
	Investissements (MDT)	12	31	82	27	35	49	235
	Méthode analytique: Total emplois-an	29	94	108	105	117	154	154
	Méthode par inventaire: Total Emplois	69	91	111	137	149	152	152

6.3.5.4 La cogénération

La cogénération est une filière hautement capitalistique dont l'essentiel de la chaîne de valeur est réalisé à l'étranger. Le taux d'intégration est en effet estimé au maximum à 25 %.

Les indicateurs moyens d'employabilité issus du retour d'expérience tunisien dans ce domaine se présentent comme suit (voir tableau 28)

Sur cette base, à la fin de 2010, le nombre d'emplois créés peut être estimé à environ 24 (emplois permanents) et 500 hommes/an d'emplois occasionnels, ce qui, économiquement, correspond à une vingtaine d'emplois équivalents permanents.

Jusqu'à la fin de 2012, les emplois créés peuvent être estimés à près de 60 emplois permanents répartis comme suit :

- 25 pour l'étude, l'exploitation et la maintenance ;
- 35 pour la fourniture et l'installation.

6.3.6 Le marché des équipements électroménagers efficaces en énergie

6.3.6.1 Le marché des lampes à basse consommation (LBC)

Nous nous intéressons ici au marché des LBC et à celui des isolants thermiques qui présentent un potentiel d'intégration et d'industrialisation. Pour le marché des LBC, on compte 42 fournisseurs, dont 6 fabricants locaux, qui détiennent 50 % de part de marché. Le chiffre d'affaires global cumulé sur la

Tableau 26 : Evolution du nombre d'emplois dans les autres programmes d'efficacité énergétique

Secteur/Filière	Réalisations	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Batiments (Audits sur plan)	Nombre experts agréés	22	22	22	22	22	22	22
	Nbre Audits	1	0	0	2	4	5	12
	Nbre CP	1	0	0	2	4	5	12
	Surface (m²)						200 000	200 000
	Investissement (MDT)	0	0	0	0	0	2	2
	EE (Ktep)						0,54	0,54
	Nombre emploi direct						61	61
ESE	Nombre CPE		3	4	7	1	8	23
	Investissement (MDT)		0,8	2,2	3,5	0,9	11,4	19
	Nombre hommes-jours		417	543	1 051	200	1 996	4 207
	Emplois-an (Etude & Développement)		2	2	5	1	9	9
Cogénération	MW installée			1,5	10	10	6	28
	Nbre Projets			1	2	2	1	6
	Investissement (MDT)	0	0	1,3	5,9	7,1	5,8	20
	Nbre fournisseurs			1	1	2	2	2
	Nombre emplois directs							
	Exploitation/Maintenance			4	8	8	4	
	Emplois hommes-ans							
	Appui (Etude, formation, financement)			0,07	0,13	0,13	0,07	0,40
	Fourniture et installation			6	12	12	6	35
	Exploitation & Maintenance			4	8	8	4	24
	S/Total Cogénération	**0**	**0**	**10**	**20**	**20**	**10**	60
Banc de diagnostic	**Nombre fournisseurs agréés**	0	0	6	8	3	4	21
	Nombre de stations			33	59	2	11	105
	CA(MDT)	0	0	0,2	1	0,4	0,2	1,6
	Emplois hommes-ans							
	Fourniture & installation et maintenance			1	2	0,1	0,4	4
	Exploitation & Maintenance			33	59	2	11	105
	S/Total BD	**0**	**0**	**34**	**61**	**2**	**11**	109
Total Autres programmes d'Efficacité Energétique								
	Investissements (MDT)	0	0	1	7	7	8	42
	Emplois Permanents	0	2	47	86	23	91	239

période 2005-2010 s'élève à plus de 27 MDT pour environ 11 millions de LBC (voir tableau 29).

Nous considérons que la fabrication des LBC est une transformation du marché de l'incandescent vers le fluo compacte et qu'elle ne permet pas une création significative d'emplois nouveaux. Seuls des importateurs participent à la création d'emplois à raison d'un emploi par fournisseur (42 emplois en moyenne).

Tableau 27 : Facteurs emploi de la filière isolation thermique

Désignation	A	D	F	Nombre d'entreprises	Effectif moyen
Activité/ Service	x			3	50
		x		6	100
	x	x		10	200
	x		x	1	6
		x	x	7	105
	x	x	x	4	100
Total				31	561

A : Applicateur D : Distributeur F : Fabricant

Tableau 28 : Facteurs emploi de la filière cogénération

Domaine	Valeur	Unités
Études et accompagnement	1	hommes/an
Études	0,5	hommes/an
Accompagnement	0,5	hommes/an
Réalisation	88	hommes/an
Génie civil	8	hommes/an
Électricité	40	hommes/an
Mécanique	40	hommes/an
Exploitation	4	emplois

Source : Alcor/2011

6.3.6.2 Les appareils électroménagers

Les programmes d'étiquetage des réfrigérateurs, des climatiseurs et des appareils électroménagers ne constituent qu'une transformation de marché et ne permettent pas, à notre sens, la création significative de nouveaux emplois.

6.4 Synthèse de l'évaluation des emplois directs dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique

En conclusion, les programmes de maîtrise de l'énergie ont, durant la période 2005-2010 et comme indiqué dans le tableau ci-dessous, créé plus de 2 500 emplois directs, dont 60 % par le programme PROSOL dans le secteur résidentiel (voir tableau 30).

La part la plus importante des emplois créés dans les domaines EE et ER concerne les programmes à caractère diffus qui touchent une part plus importante de la population cible et qui, par conséquent, entraînent la création d'un marché assez important suscitant un intérêt pour certains corps de métiers.

On note également l'importance de l'intégration locale de la production des nouvelles technologies pour la création d'emplois, à l'instar des chauffe-eau solaires.

Tableau 29 : Évolution du marché des LBC

Marché LBC	2005	2006	2007	2008	2009	2010	TOTAL
Nbre importateurs	7	13	12	20	19	16	36
Nbre LBC importés	257 277	646 243	511 023	1 785 343	1 282 572	1 187 786	5 670 244
CA (TND)	739 765	1 593 140	1 126 731	2 670 348	2 429 234	2 868 850	11 428 067
Nbre fabricants	2	2	3	4	5	6	6
Nbre LBC locales	690 000	653 750	989 000	715 000	1 138 000	1 062 000	5 247 750
CA (TND)	2 070 000	1 961 250	2 967 000	2 145 000	3 414 000	3 186 000	15 743 250
TOTAL							
Fournisseurs	9	15	15	24	24	22	42
Nbre LBC	947 277	1 299 993	1 500 023	2 500 343	2 420 572	2 249 786	10 917 994
CA (TND)	2 809 765	3 554 390	4 093 731	4 815 348	5 843 234	6 054 850	27 171 317

NB : Cet état ne tient pas compte des 2 millions de lampes importées par l'Office du commerce en 2006 et 2007.

Tableau 30 : Évolution du nombre d'emplois dans le domaine de la maîtrise de l'énergie

Programme ▼ / Métier ▶	Essais & tests	Etude & développe-ment	Fourniture	Installation	Exploitation & Mainte-nance	Appui & gestion	Total emplois 2005-2010
Efficacité Energétique	**30**	**162**	**210**	**425**	**129**		**956**
Audits Energétiques et CP	-	152	-	-	-		152
Efficacité énergétique dans les bâtiments	25	-	-	36	-		61
ESE		9					9
Cogénération	-	1	-	35	24		60
Bancs de diagnostic	-	-	-	4	105		109
Equipements de maitrise d'énergie	5	-	210	350	-		565
Energies Renouvelables	**15**	**10**	**374**	**1 159**	**14**	**-**	**1 572**
PROSOL Résidentiel	15	-	374	1 100			1 489
PROSOL Tertiaire		4		19	4		27
PROSOL Elec	-	-		38	2		40
Electrification rurale	-	-					
Eolien	-	6	-	2	8		16
TOTAL RE + EE	45	172	584	1 584	143	-	2 528

7 IDENTIFICATION ET ÉVALUATION DES PRINCIPAUX ACTEURS D'APPUI

Les actions d'appui et de soutien à la maîtrise de l'énergie concernent les volets formation, enseignement, essais et recherche-développement, ainsi que la promotion et l'encadrement.

7.1 Enseignement et formation

Sur le plan de la qualification et de l'amélioration des compétences, la Tunisie a parié sur le développement des ressources humaines, notamment dans les domaines innovants à l'instar des technologies de l'information. En effet, au cours des deux dernières décennies, l'État a fait le choix politique de poursuivre et d'adapter l'œuvre engagée en matière d'enseignement et de formation professionnelle, secteur qui reçoit actuellement 7,5 % du PIB et dont le budget augmente en moyenne de 10 % chaque année.

Le développement des compétences en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique a souvent constitué une composante essentielle des programmes nationaux de maîtrise de l'énergie. Cette composante a été intégrée dans différents cursus universitaires ou professionnels et a fait l'objet d'actions de formation continue et de renforcement de capacités ciblées.

7.1.1 Formation universitaire

Des établissements universitaires ont lancé des cursus de spécialisation (doctorats, masters professionnels, DESS, etc.) en vue de répondre aux besoins sectoriels. La Tunisie compte 6 établissements universitaires publics et privés (écoles d'ingénieurs et instituts supérieurs d'études technologiques - ISET) qui enseignent des sujets relatifs à la maîtrise de l'énergie. Ces établissements forment des ingénieurs, des maîtrisards et des techniciens supérieurs qui devront contribuer à réaliser des projets de fourniture et de gestion de l'énergie. Ces compétences fournissent aussi du conseil auprès des diverses institutions (collectivités, entreprises, etc.) concernées par les questions énergétiques en général et celles qui sont liées à la maîtrise de l'énergie en particulier.

L'importance de la formation dans le domaine de la maîtrise de l'énergie est renforcée par la création, à partir de 2006, d'un établissement universitaire spécialisé, l'Institut Supérieur des Sciences et Technologies de l'Énergie de Gafsa, qui forme à 4 spécialités liées aux services et techniques de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables.

À la fin de 2010, environ 300 diplômés opéraient dans le secteur et plus de 700 étudiants suivaient une formation dans les établissements spécialisés publics et privés.

7.1.2 Formation professionnelle

Le programme de mise à niveau de la formation (MANFORM) vise, depuis son lancement au début des années 1990, la création d'une nouvelle génération de centres sectoriels de formation professionnelle chargés de former, de façon ciblée, une main-d'œuvre spécialisée et rapidement opérationnelle dans différentes branches d'activité : énergétique, mécanique, électricité, plomberie sanitaire, bâtiments, etc., et ce en vue d'assurer les besoins des entreprises en compétences et en qualifications.

Le dispositif de formation professionnelle compte environ 150 centres publics et privés avec une capacité de l'ordre de 60 000 postes de formation, dont plus de 90 % dans les centres publics et environ 40 % dans les centres sectoriels spécialisés (4 centres sectoriels sont spécialisés dans le secteur énergétique avec un effectif d'environ 600 postes de formation et emploient 200 personnes à raison de 50 par centre).

Le dispositif de formation professionnelle constitue un maillon important du développement de l'offre en main-d'œuvre qualifiée. Il bénéficie de l'appui du secteur privé, principal employeur des stagiaires diplômés, mais souffre d'un manque de coordination avec les acteurs publics comme l'ANME. Notons que la seule action de coordination a concerné les installateurs de CES dans le cadre des besoins du programme PROSOL.

7.1.3 Formation continue et renforcement des capacités nationales

Le dispositif tunisien de formation continue compte parmi les plus développés de la région méditerranéenne. Grâce à des outils et mécanismes de financement adéquats comme la ristourne sur la taxe de formation professionnelle (TFP) et le soutien aux investissements technologiques (ITP), environ 2 000 entreprises et 120 000 candidats bénéficient annuellement de quelques 20 000 actions de formation continue. Compte tenu de la spécificité du secteur, le marché de formation dans le domaine de la maîtrise de l'énergie n'est pas suffisamment structuré, ce qui explique le manque de données sur les actions réalisées.

En fait, c'est souvent l'ANME qui, dans le cadre de sa mission, développe des activités de formation continue en vue de doter les différents secteurs des compétences requises (industrie, résidentiel, tertiaire et transport). Cette formation couvre les filières des énergies renouvelables (solaire thermique et photovoltaïque, éolien, biomasse) et de l'efficacité énergétique. L'ANME estime disposer de compétences locales capables d'accompagner les programmes nationaux : auditeurs énergéticiens, ingénieurs conseils, architectes, experts relais, installateurs d'équipements, responsable énergie des différents établissements, économistes de projets, etc., exerçant dans des bureaux d'études spécialisés, les établissements de services énergétiques (ESE), les institutions financières, les compagnies d'assurance, les centres techniques et autres.

L'ensemble de ces actions a permis de capitaliser les connaissances, d'améliorer durablement la compétitivité des entreprises et de favoriser l'émergence de professionnels aussi bien dans le domaine de l'efficacité énergétique que dans celui des énergies renouvelables.

7.2 Essais et Recherche & Développement

La maîtrise de l'énergie fait, à partir des années 2000, l'objet de plusieurs programmes de recherche et développement au niveau de différentes structures spécialisées en vue de maîtriser et d'adapter les technologies au contexte tunisien et surtout de renforcer les liens de collaboration avec l'environnement économique. Parmi ces programmes, on cite particulièrement les programmes de recherche fédérés (PRF) dont l'objectif est d'améliorer l'organisation du système national de R&D grâce à la mobilisation des compétences et la création de partenariats entre les structures de recherche et les opérateurs publics et privés concernés.

En matière de maîtrise de l'énergie, les PRF ont été coordonnés par l'ANME en tant que structure porteuse et ont concerné un certain nombre de projets tels que le chauffage de l'eau par énergie solaire, le développement des procédés de refroidissement par énergie solaire, la climatisation par utilisation du gaz naturel, l'utilisation de l'énergie éolienne dans le secteur industriel, le développement de prototypes d'un système d'énergie éolienne et la production d'énergie à partir de l'hydrogène. Ces projets ont mobilisé plus d'une vingtaine d'équipes de recherche avec la coopération d'organismes économiques et de structures publiques spécialisées et près de 1,5 million de dinars tunisiens (TND) de ressources financières.

Parmi les structures de recherche, on cite notamment le technopôle de Borj Cédria qui abrite trois centres déjà opérationnels dotés d'un équipement d'essaies et de recherche et de ressources humaines qualifiées et expérimentées.

C'est le Centre de recherche et des technologies de l'énergie (CRTEn) qui est le plus concerné par le volet efficacité énergétique et énergies renouvelables. Fonctionnel depuis 2006, ce centre est appelé à développer les technologies de l'énergie et garantir leur intégration dans le domaine économique et social, à assurer la veille scientifique et technologique dans le domaine énergétique et à participer à la formation des cadres. À ce jour, le centre a mis l'accent sur l'utilisation des systèmes photovoltaïques pour l'éclairage, l'irrigation et le dessalement de l'eau grâce aux énergies renouvelables, l'utilisation de l'énergie solaire et éolienne et les recherches sur les matériaux à usage photovoltaïque.

D'autre part, un dispositif de laboratoires de tests et d'essais s'est développé pour les besoins d'évaluation de l'admissibilité des produits économes en énergies aux avantages fiscaux et aux programmes dédiés comme PROSOL, PROSOL ELEC, PROMO-ISOL, etc., ainsi que pour les besoins du contrôle avant la mise sur le marché.

À ce niveau, citons :

- le CETIME, pour les essais sur les LBC, les réfrigérateurs et les climatiseurs (environ 15 emplois) ;
- le CTMCCV, pour les essais sur les CES et les matériaux d'isolation (environ 15 emplois) ;
- le laboratoire de Borj Cedria, pour les essais sur les CES (environ 5 emplois) ;
- le laboratoire de l'ENIT, pour les essais sur les CES (environ 5 emplois).

7.3 Promotion et encadrement

La fonction promotion et encadrement des programmes de maîtrise de l'énergie est assurée par l'ANME, la STEG et les représentations professionnelles concernées par les programmes. À compter de 2005, nous estimons que 200 emplois ont été créés auprès de ces acteurs :

- l'ANME, avec un effectif d'environ 140 personnes réparties sur 6 régions, est chargée de la mise en œuvre de la politique de l'État dans le domaine de maîtrise de l'énergie ;
- la STEG, avec sa participation aux programmes de communication et à la réalisation de projets par l'intermédiaire de sa filiale STEG ER, emploie plus de 50 agents ;
- les représentations professionnelles, et notamment les chambres syndicales, les associations professionnelles et l'organisation de défense du consommateur, emploient une dizaine de personnes.

8 IDENTIFICATION DES ENTREPRISES OPÉRANT DANS LE DOMAINE DE LA MAÎTRISE DE L'ÉNERGIE EN TUNISIE

La Tunisie a capitalisé des expériences industrielles dans plusieurs domaines comme la mécanique, l'électricité, les composants électroniques, les composants automobiles, etc. Le contexte technologique et industriel tunisien se prête donc bien à des opérations types de partenariat entre des promoteurs tunisiens et des constructeurs étrangers, notamment pour des projets de fabrication d'équipements aussi bien pour les énergies renouvelables que pour l'efficacité énergétique.

8.1 Au niveau des énergies renouvelables

8.1.1 Le solaire thermique

Le tissu industriel s'est tout particulièrement développé pour le secteur des chauffe-eau solaires (CES) où la visibilité donnée par les programmes de soutien au marché du solaire thermique a permis de susciter des initiatives industrielles tunisiennes et de faire émerger des opérations de partenariat. D'ores et déjà, la Tunisie dispose d'importantes capacités de fabrication et de montage des CES. Aujourd'hui six unités de production sont déjà opérationnelles, à savoir les sociétés SOFTEN, SINES, SIER, BSI, Tech-Sol et Soltech. En plus, une quarantaine d'entreprises importent des CES de différents pays, et notamment de la Grèce, la Turquie, l'Italie et la Chine, et les distribuent sur le marché tunisien.

Au niveau de l'installation, la Tunisie compte plus d'un millier de micro-entreprises spécialisées dans les systèmes individuels de chauffage solaire et réparties sur la totalité du territoire tunisien. On compte également une douzaine d'entreprises spécialisées et éligibles pour le montage et l'installation des systèmes collectifs.

8.1.2 Le solaire photovoltaïque

Pour cette filière, des projets d'intégration industrielle pour la fabrication locale et l'assemblage des modules photovoltaïques ont été lancés, avec notamment deux unités de production qui sont actuellement en cours de construction. Une première unité à Béja, avec une puissance de production de 20 MWc et dont le coût s'élève à 4,5 millions d'euros, et une seconde à Manouba, d'une puissance de 15 MWc, pour un coût d'investissement d'environ 4 millions d'euros. La mise en exploitation de ces deux unités est prévue pour fin 2010.

Concernant les autres composants, deux sociétés tunisiennes fabriquent actuellement les batteries utilisées pour le stockage de l'énergie électrique produite par les installations photovoltaïques. D'autres composants, comme les régulateurs, les câbles, les boîtiers et les connecteurs, sont produites par plus de 300 entreprises du secteur des industries électriques et électroniques. Des équipements spécifiques tels que les on-

duleurs pourraient être fabriqués par certaines de ces sociétés moyennant une adaptation de leurs chaînes de fabrication.

En matière d'installation des systèmes photovoltaïques, on enregistre la création de plusieurs sociétés qui assurent les activités d'assemblage en important les modules de différents pays (Japon, Allemagne, Espagne, France, Chine, etc.).

8.1.3 L'éolien

Il s'agit d'une nouvelle filière prometteuse en termes d'intégration industrielle, avec actuellement la fabrication de tours d'aérogénérateurs par une société spécialisée dans la construction métallique, la SOCOMENIN.

Par ailleurs, la Tunisie dispose d'une industrie locale capable de fournir divers composants de parcs éoliens (tours, câbles, transformateurs, tableaux de commande et d'affichage, régulateurs, transformateurs, etc.). Les industriels tunisiens pouvant fournir ces composants relèvent du secteur des industries électriques et mécaniques. L'industrie tunisienne est également en mesure d'assurer des services logistiques, de transport et de construction, ainsi que des services liés à l'exploitation et la maintenance des centrales éoliennes.

8.2 Au niveau de l'efficacité énergétique

Les actions réalisées jusqu'ici ont contribué au développement de compétences nationales dans différents domaines, notamment les audits énergétiques où la Tunisie dispose d'un bon nombre de spécialistes opérationnels par secteur (industrie, tertiaire et transport). L'ANME a également constitué un réseau d'experts-relais, sur lesquels elle fonde une bonne partie de ses interventions auprès des opérateurs économiques. En outre, un réseau de bureaux d'études nationaux, d'ingénieurs-conseils et d'architectes intervient aujourd'hui dans les différents programmes de maîtrise de l'énergie : études stratégiques, développement du solaire et de l'éolien, etc. Des compétences tunisiennes ont également accumulé une expérience considérable dans les domaines de la certification des équipements électroménagers, de l'efficacité énergétique dans les bâtiments ainsi qu'en matière de mécanismes de financement, y compris le mécanisme de développement propre (MDP).

La fabrication de lampes basse consommation (LBC), qui existe déjà localement, est en train de se développer dans le but de répondre aux besoins croissants dans ce domaine (on compte actuellement 4 fabricants de LBC).

Par ailleurs, les fabricants d'appareils électroménagers ont intégré les dernières nouveautés destinées à améliorer les performances énergétiques des équipements de froid. Pour le bâtiment, on constate un intérêt pour l'isolation, domaine où plusieurs opérateurs commencent à se positionner sur le marché. Des capacités de production sont également en train de créer des partenariats avec des firmes européennes spécialisées.

Ces actions ont permis de favoriser une intégration commerciale et industrielle avec l'émergence de partenariats dans différentes filières de maîtrise de l'énergie.

9 SYNTHÈSE

En Tunisie, pendant la période 2005-2010, l'activité de maîtrise de l'énergie a permis de créer environ 4 000 équivalents-emplois dont presque 90 % d'emplois permanents (3 500 ; voir tableau 31).

Les énergies renouvelables représentent 45 % du total des emplois directs créés, devant les activités horizontales (28 %) et l'efficacité énergétique (27 %). Hors activités horizontales, les ER représentent à elles seules 60 % des emplois.

Afin d'apprécier l'impact de l'employabilité des différents programmes et filières, nous avons défini deux principaux indicateurs, à savoir :

- le ratio d'employabilité « énergétique » (emplois/Ktep-an) défini comme le rapport entre les emplois créés et la quantité d'énergie annuelle économisée ;
- le ratio d'employabilité « économique » (emplois/MDT) défini comme le rapport entre les emplois créés et les capitaux investis.

La filière des énergies renouvelables présente le plus fort ratio d'employabilité énergétique avec 31 emplois/Ktep/an contre seulement 2 emplois/Ktep/an pour l'efficacité énergétique et 6 emplois/Ktep/an pour l'ensemble des filières. Pour les énergies renouvelables, les ratios d'employabilité énergétique de la filière solaire sont les plus élevés alors que pour l'efficacité énergétique, c'est le secteur du bâtiment qui l'emporte. Cela confirme l'importance des programmes à caractère diffus sur l'employabilité des filières à faible taux d'économie d'énergie dont le coût de la tep (tonne équivalent pétrole) économisée est plus élevé (voir figure 17).

Tableau 31 : Évolution du nombre d'emplois dans le domaine de la maîtrise de l'énergie

Programme ▼ / Métier ▶	Essais & tests	Etude & développe-ment	Fourniture	Installation	Exploitation & Mainte-nance	Appui & gestion	Total emplois 2005-2010
Efficacité Energétique	**30**	**162**	**210**	**425**	**129**		**956**
Audits Energétiques et CP	-	152	-	-	-		152
Efficacité énergétique dans les bâtiments	25	-	-	36	-		61
ESE		9					9
Cogénération	-	1	-	35	24		60
Bancs de diagnostic	-	-	-	4	105		109
Equipements de maitrise d'énergie	5	-	210	350	-		565
Energies Renouvelables	**15**	**10**	**374**	**1 159**	**14**	**-**	**1 572**
PROSOL Résidentiel	15	-	374	1 100			1.489
PROSOL Tertiaire		4		19	4		27
PROSOL Elec	-	-		38	2		40
Electrification rurale	-	-					
Eolien	-	6	-	2	8		16
Activités horizontales						**975**	**975**
Promotion et encadrement						200	200
Formation et enseignement						200	200
R&D						25	25
Energy Manager						500	500
Consulting spécialisé						50	50
TOTAL	45	172	584	1 584	143	975	3 503

Figure 17 : Ratios d'employabilité « énergétique » (emplois/Ktep-an)

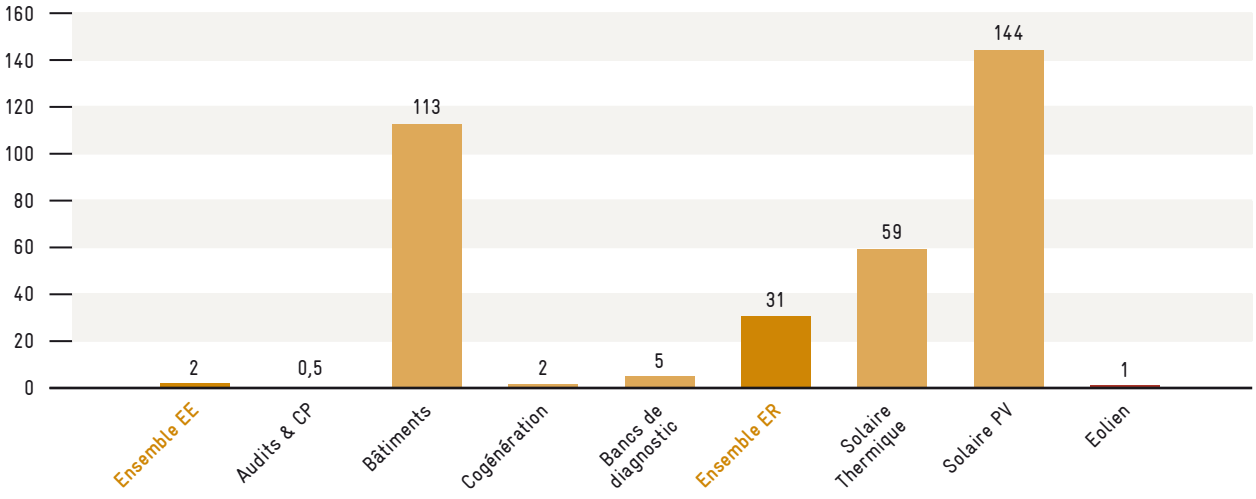
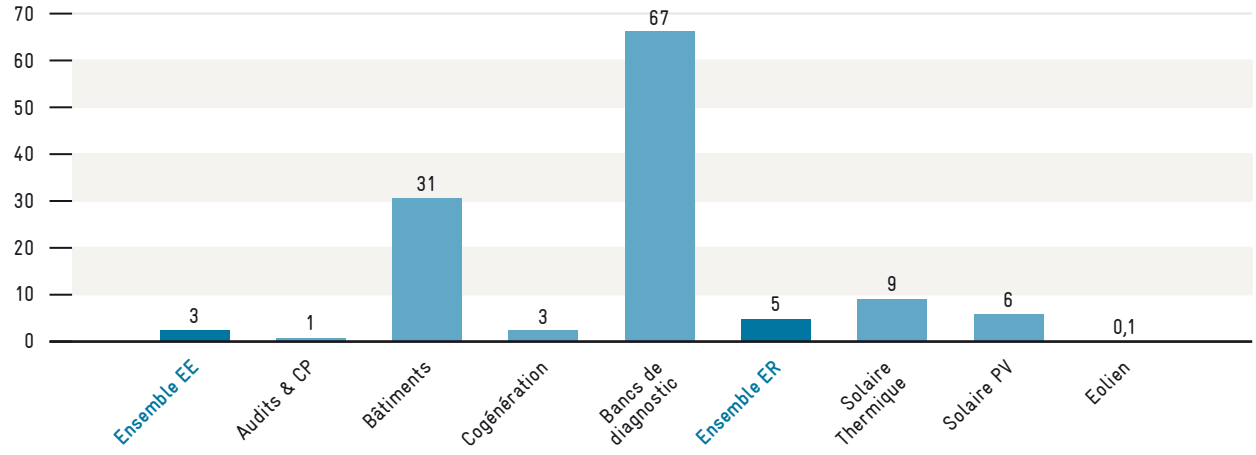


Figure 18 : Ratios d'employabilité « économique » (emplois/MDT)



Par ailleurs, en termes d'employabilité économique, les programmes d'efficacité énergétique sont les plus intenses en emplois, comme le montre la figure 18, essentiellement marqué par les secteurs de l'efficacité énergétique des bâtiments et des bancs de diagnostic moteurs.

Cette analyse permet de dégager les enseignements suivants :

- la maîtrise de l'énergie peut avoir un impact social positif se traduisant par la création d'emplois et le développement de métiers en général ;
- le secteur des bâtiments est la filière la plus intense en employabilité ; le renforcement du programme EE dans le bâtiment permettrait de créer plus d'emplois ;
- les ER semblent être un secteur aussi intéressante que l'EE pour l'employabilité ;
- l'analyse rétrospective montre que l'emploi a été considéré comme un cobénéfice et non pas comme un critère de choix des activités de ME ;
- le maintien et la stabilité des emplois permanents sont liés à la durabilité des marchés des équipements, des biens et des services de ME ;
- sur le long terme, le critère de l'emploi et le développement industriel peuvent justifier des investissements publics dans des filières de ME à forte valeur ajoutée.

Ainsi, la priorité donnée au développement des filières de maîtrise de l'énergie se baserait dorénavant sur une analyse multicritère prenant en considération, entre autres, la capacité de la filière à réaliser des économies d'énergie, l'employabilité, le montant de la subvention publique par emploi créé, etc.

Enfin, les emplois créés à ce jour par la maîtrise de l'énergie en Tunisie restent, à notre avis, fragiles, car ils dépendent de marchés encore fluctuants et volatiles (mis à part les programmes appuyés par un cadre règlementaire comme le PROSOL, le marché d'audit, la cogénération). Il appartient alors à l'État de pérenniser ces emplois grâce à la mise en place de mécanismes favorisant la maturation de ces marchés à moyen et long terme.

PARTIE III : PERSPECTIVES POUR LA CRÉATION D'EMPLOI DANS LE DOMAINE DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EN TUNISIE

1 APPROCHE GLOBALE

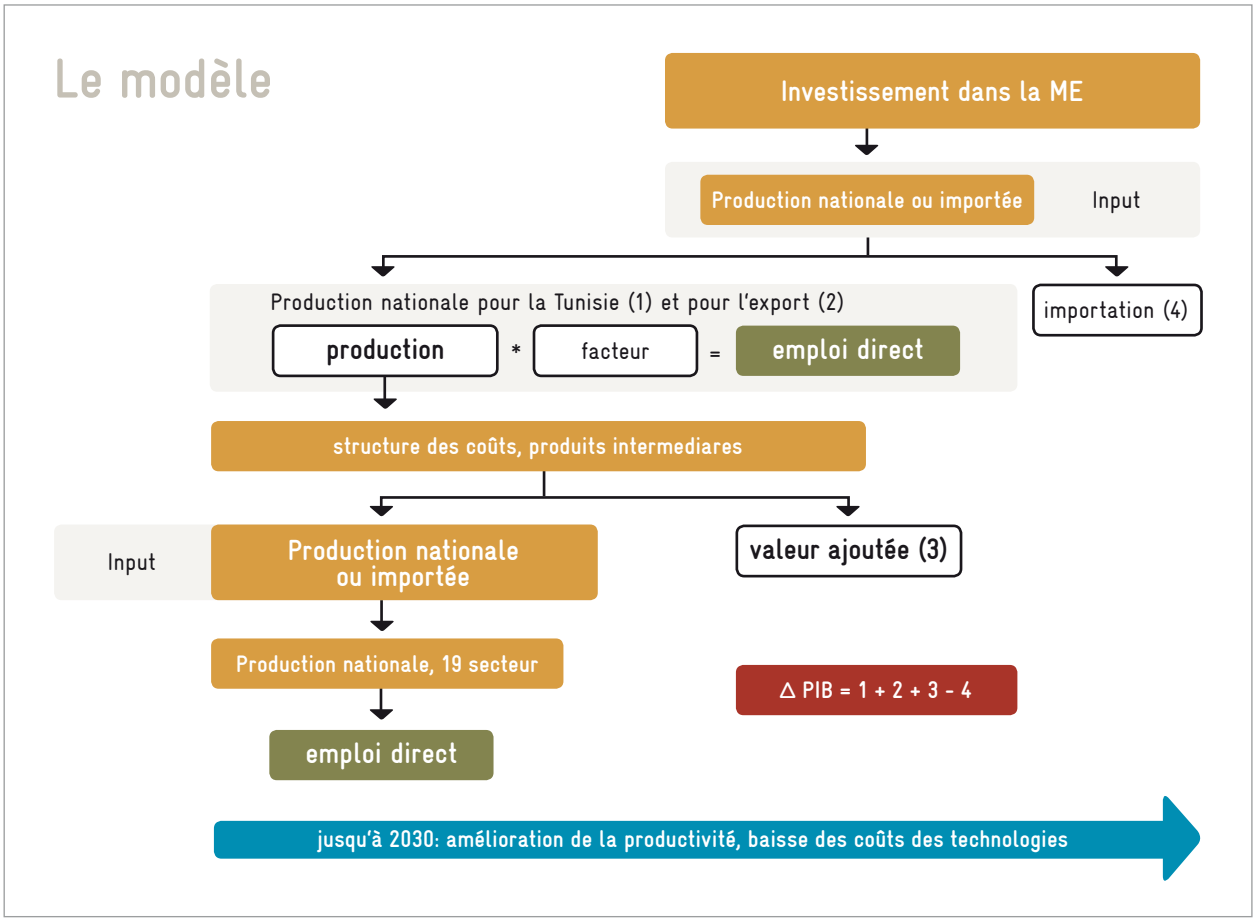
1.1 Emploi le long de la chaîne de valeur

La première partie de ce rapport a donné un aperçu des différentes méthodes qui peuvent être appliquées pour mesurer les effets du développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique sur l'emploi. Certaines approches sont plus utiles que d'autres pour les pays en développement. L'approche choisie doit se fier aux données disponibles spécifiques au pays car les impacts dépendent de la structure de production de chaque pays, du niveau de capacité et de qualification de la main-d'œuvre, ainsi que des ressources naturelles en énergie renouvelable.

À ce stade, nous allons appliquer et adapter l'approche input-output à un petit modèle de la Tunisie. Notre approche est une combinaison des tableaux input-output spécifiques à la technologie en question, à l'intensité en main-d'œuvre de la production en question, et aux données statistiques propres au pays. À partir des tableaux spécifiques à la technologie, nous établissons des informations sur la structure de coût des 5 différentes technologies d'énergies renouvelables (ER) et sur l'efficacité énergétique dans les bâtiments et dans les principaux secteurs industriels. Suivant la part des produits et services importés et celle de la production nationale, nous pouvons obtenir l'emploi local en combinant ces tableaux avec la structure input-output intérieure. Cette méthode est aussi recommandée par RETD-AIE dans son guide consacré à la mesure des effets des énergies renouvelables sur l'emploi (à paraître prochainement).

Afin de combiner autant de connaissances que possible, nous suggérons cette procédure en deux étapes. La demande en installations ER en Tunisie est modélisée selon le PST jusqu'en 2016. Comme mentionné précédemment, pour le développement des ER utilisées pour produire de l'électricité au-delà de 2016, nous utilisons des scénarios élaborés par la coopération tuniso-allemande (GIZ/ANME) avec l'Institut Wuppertal/Alcor. Pour les autres mesures ER et EE, la Tunisie

Figure 1 : Création d'emplois le long de la chaîne de valeur



2 SCENARIO POUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EN TUNISIE

n'a pas encore de plan détaillé officiel à long terme[4]. Les auteurs ont donc proposé leur propre plan d'investissement à long terme basé sur leur connaissance du contexte tunisien et des perspectives de développement des ER et de l'EE dans le pays. Les paramètres les plus importants du scénario sont l'investissement dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique et la part de la production intérieure pour l'installation nationale et internationale. La production intérieure crée une demande intérieure pour plus d'apports suivant la structure de production intérieure donnée dans les tableaux input-output tunisiens, alors que les importations vont également créer des emplois et une valeur ajoutée dans les pays producteurs. La figure 1 montre les moteurs de création d'emplois le long de la chaîne de valeur. Les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique peuvent être produites au niveau national ou importées. Pour la production intérieure des technologies, l'emploi est à une première étape de la chaîne de valeur créée dans l'outil de production. Les effets indirects proviennent des intrants (inputs) (matières, planification, services et composantes techniques) s'ils sont également produits localement. Si les produits sont compétitifs sur les marchés internationaux, les exportations s'ajouteront à cette production pour créer une valeur et des emplois supplémentaires. L'emploi total est la somme des emplois directs et indirects et cela est vrai pour la production des éoliennes, des panneaux solaires, des chauffe-eau solaires et des technologies EE, ainsi que pour leur exploitation et leur maintenance.

Du fait de la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée et de la croissance démographique prévue, il n'est pas envisagé d'avoir à faire face à un problème de manque de main-d'œuvre.

On peut connaître l'incidence du PST sur l'emploi en comparant l'emploi dans un scénario de référence sans augmentation des ER et EE avec l'emploi dans un scénario qui contient les nouvelles voies d'investissement. Toutes les autres hypothèses et relations restent les mêmes dans les scénarios.

2.1 Quantification de la capacité installée, énergie économisée et investissement

La voie de développement futur des ER et de l'EE en Tunisie fait encore l'objet de discussions. Les contributions les plus récentes prises en considération dans cette étude sont :

1. le Plan solaire tunisien (PST), sur l'efficacité énergétique et l'énergie renouvelable en matière d'électricité et de chaleur ;
2. le document « Production d'électricité renouvelable en Tunisie - Perspectives et opportunités à l'Horizon de 2030 » GIZ/ANME, Alcor, Octobre 2010 ;
3. l'étude stratégique sur le mix énergétique pour la production de l'électricité en Tunisie, partie 5 « Modèles et scénarios », Institut Wuppertal et Alcor, Janvier 2012.

Les deux dernières études mettent l'accent sur la production d'électricité.

Dans le Plan solaire tunisien (PST), les objectifs ER et EE sont définis pour 2016 et 2030. Pour l'énergie renouvelable, le PST fixe un objectif de 1 000 MW en termes de capacité installée d'ici à 2016 et de 4 600 MW d'ici à 2030. Le développement de la capacité conventionnelle atteint 5 100 MW en 2016 et 7 000 MW en 2030. Ainsi, l'ER représentera 16 % de la capacité totale installée d'ici à 2016 et atteindra 40 % en 2030. Lorsqu'on compare ces valeurs cibles avec le scénario suggéré ci-dessus, il faut garder à l'esprit que les parts des ER dans l'électricité produite seront moindres puisque l'énergie conventionnelle présente un ratio énergie/capacité plus élevé.

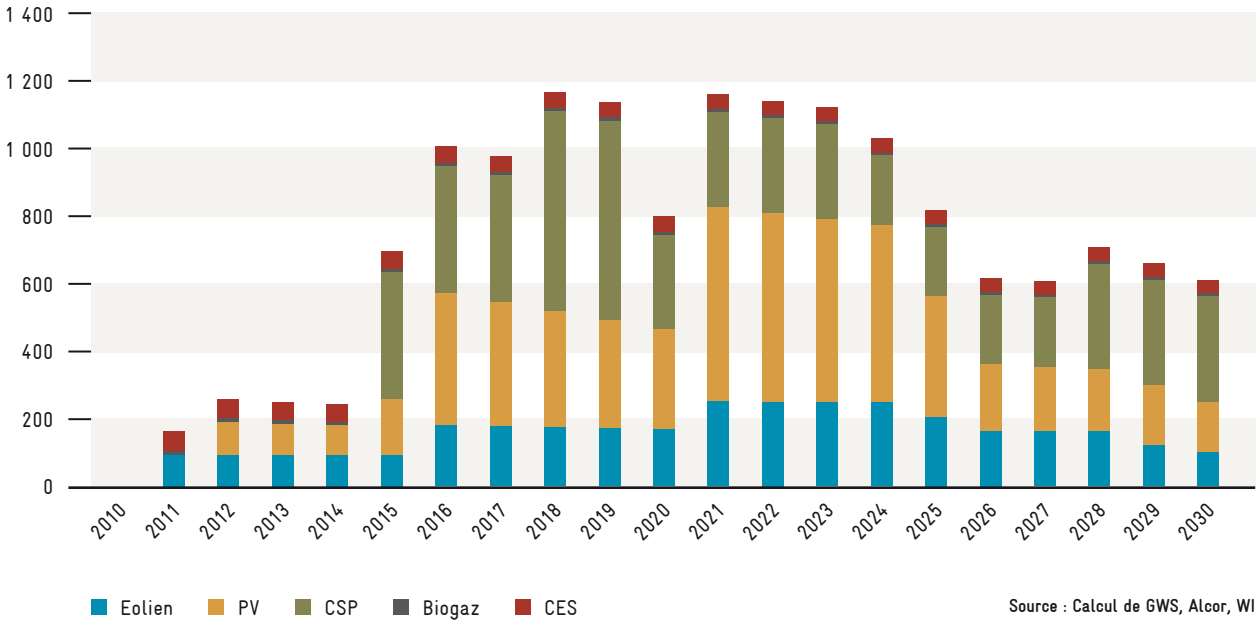
La seconde étude élaborée par l'GIZ/ANME (2010) a donné les perspectives pour les 3 technologies de production d'énergie (vent, PV, ESC) avec plus de détails jusqu'en 2030. Deux scénarios sont présentés : un scénario à forte pénétration ER, soit 25 % de la production d'électricité, et un scénario à faible pénétration ER, avec 15 % de la production d'électricité. Aucune des deux études ne donne l'estimation du coût relatif au bouquet de production d'électricité.

Le présent travail adopte les suggestions de l'étude la plus récente sur les stratégies de production d'électricité pour la Tunisie, effectuée par l'Institut Wuppertal, Allemagne, et Alcor, Tunisie[5], qui a élaboré 5 scénarios pour la production future d'énergie en Tunisie. Pour la demande, les auteurs suggèrent un scénario modéré avec une baisse annuelle moyenne de 1,1 % de l'intensité électrique. Cela mène à une consommation électrique totale en 2030 de 33,2 TWh, alors

4 Deux études sont en cours sur la stratégie ER et la stratégie EE mais les résultats ne seront pas prêts avant la fin 2012.

5 Étude stratégique du mix énergétique pour la production d'électricité en Tunisie, modélisation et scénarios, Institut de Wuppertal, Alcor, Janvier 2012.

Figure 2 : Investissement prévu dans les ER, en million TND[2011]



Source : Calcul de GWS, Alcor, WI

qu'elle se situait à 12,9 TWh en 2009 (GIZ/ANME 2010). Par rapport aux estimations de la STEG (2010), cette projection se place à l'extrémité supérieure et cela s'explique notamment par les hypothèses de WI/Alcor 2012 qui supposent une plus grande croissance économique.

Cette demande peut être satisfaite grâce à différents mix énergétiques. WI/Alcor (2012) suggère un scénario de référence (tendanciel) et 4 autres scénarios plus avancés et les compare en termes de coûts et de bénéfices quantifiables et non quantifiables. Étant donné que l'objectif de l'étude est d'estimer les emplois qui pourraient être créés par le PST et au-delà, nous considérons le scénario DivRen (diversification des énergies renouvelables), avec un taux de pénétration des ER dans le secteur électrique de l'ordre de 30 % à l'horizon 2030. Ce scénario définit une voie qui permettra d'atteindre une capacité installée d'énergie éolienne de 1 520 MW, de PV de 1 930 MW et d'ESC de 595 MW en 2030. Un total de 11,335 GWh d'électricité sera généré à partir de sources renouvelables. Entre aujourd'hui et 2030, 7,1 milliards TND seront dépensés pour l'achat et l'installation de ces équipements. Un total de 343 millions TND devra être dépensé pour l'exploitation et la maintenance des équipements.

Le scénario DivRen est complété par une voie de développement pour les chauffe-eau solaires et la production d'électricité à partir du biogaz et des déchets. Selon notre analyse, dans la partie II du rapport, nous savons qu'un total de 358 000 m² de chauffe-eau solaires a été installé depuis 2005. Durant les 3 dernières années, une capacité supplémentaire annuelle équivalente à 25 MW a été installée. Un tissu industriel s'est développé et emploie jusqu'à 270 personnes dans la production des chauffe-eau solaires. Entre 2005 et 2010, environ 1 500 personnes ont été employées dans la production, l'exploitation et l'installation des chauffe-eau solaires. Notre scénario suppose un développement continu avec une capacité annuelle additionnelle de 37 MW et une capacité supplémentaire totale installée de 700 MW à l'horizon de 2030.

La production du biogaz et du gaz de décharge est la cinquième colonne de notre scénario ER. Une augmentation annuelle des capacités de l'ordre de 3 MW est prévue.

Les capacités installées sont présentées en termes monétaires par les voies d'investissement du scénario. La voie d'investissement dans la production d'électricité suit les résultats de WI/Alcor (2012). Le modèle utilisé calcule l'investissement pour les grands projets sur des sites typiques caractérisés par des vitesses de vent et des rayonnements solaires différents. Par conséquent, les résultats montrent une voie d'investissement discontinue. Une voie d'investissement plus lisse conduit à un développement plus lisse de l'emploi.

En tout et pour tout, après 2020, l'investissement dans l'ER sera dominé par le PV, lorsque la compétitivité de cette technologie sera totalement assurée. Avant cela, une part considérable des investissements ira à l'énergie éolienne ; la production de l'énergie solaire à concentration commencera plus tard. En Tunisie, le programme de soutien PROSOL a favorisé le bon démarrage des chauffe-eau solaires et cette réussite continue dans le scénario. Pour toutes les technologies ER, plus de 8,3 milliards TND seront dépensés d'ici à 2030 (voir figure 2).

L'investissement total et la capacité installée par type de technologie jusqu'en 2030 sont illustrés dans le tableau 1.

Les mesures de l'EE proviennent de différentes sources :

1. le Plan solaire tunisien prévoit une baisse de l'utilisation de l'énergie primaire de l'ordre de 40 % à l'horizon de 2030 ;

2. Programme d'activités KfW- Note d'idée de projet, (PoA-PIN), (Promo-Isol), date de soumission : 19.11.2010 (version 02) ;

3. Changement climatique et énergie dans la Méditerranée, Plan Bleu, BEI 2008 ;

4. Mécanisme financier pour le développement de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables dans les pays sud- et est-méditerranéens.

Le scénario d'efficacité énergétique a été élaboré en se basant sur ces références. Il couvre les mesures d'efficacité énergétique dans le secteur résidentiel et dans le secteur industriel. Les ménages peuvent économiser de l'énergie grâce à l'isolation des maisons, au remplacement des lampes conventionnelles par des lampes économiques et à l'achat d'équipements à faible consommation tels que les réfrigérateurs, les fours, les machines à laver, les TV et les ordinateurs. L'industrie peut améliorer l'EE avec un équipement adéquat. De plus, dans les 4 scénarios, la section EE contient les bancs de diagnostic pour les véhicules et les procédés de cogénération.

La répartition des économies d'énergie dans le secteur résidentiel et dans l'industrie est donnée dans le tableau 2.

Le Plan Bleu (2008) estime le coût d'une tonne équivalent pétrole (TEP) économisée à 40€ en moyenne, ce qui donne 7 740 TND/GWh. Notre scénario suppose des réductions au niveau des coûts de la technologie d'ici à 2030.

La figure 3 montre les voies d'investissement pour l'EE. Par rapport aux données sur l'investissement contenues dans WI/Alcor (2012), l'investissement dans l'EE est plus homogène dans le temps. En unités monétaires, la cogénération possède une grande part. L'isolation des bâtiments résidentiels et publics se place à la deuxième place et l'investissement dans les équipements à faible consommation énergétique occupe la troisième place. En moyenne, 80 millions TND sont investis annuellement dans l'EE, ce qui donne un total de 1,5 milliard TND à dépenser d'ici 2030.

2.2 Exploitation et maintenance

Les dépenses en exploitation et maintenance (E&M) sont dérivées de ce scénario. L'expérience internationale montre que les coûts d'exploitation et de maintenance varient selon les coûts d'investissement en installation, c'est-à-dire que la baisse du coût des technologies ER est reflétée par une augmentation des coûts pour l'E&M (voir figure 4).

Tableau 1 : Investissement total par technologie, en milliards TND[2011]

Technologie	Capacité installée totale supplémentaire en MW	Investissement total (milliard TND)
Éolien	1 520	1,65
PV	1 930	2,87
ESC	595	2,65
Chauffe-eau solaires	700	0,93
Biogaz	50	0,18
Total	4 845	8,28

Source: WI/Alcor; GWS/Alcor

Tableau 2 : Économie d'énergie grâce aux mesures d'efficacité énergétiques, en GWh

		2016	2030
Résidentiel	56 %	-20 279	-67 596
Industrie	44 %	-16 007	-53 356
Plan Bleu – calcul effectué par les auteurs			

2.3 Les hypothèses

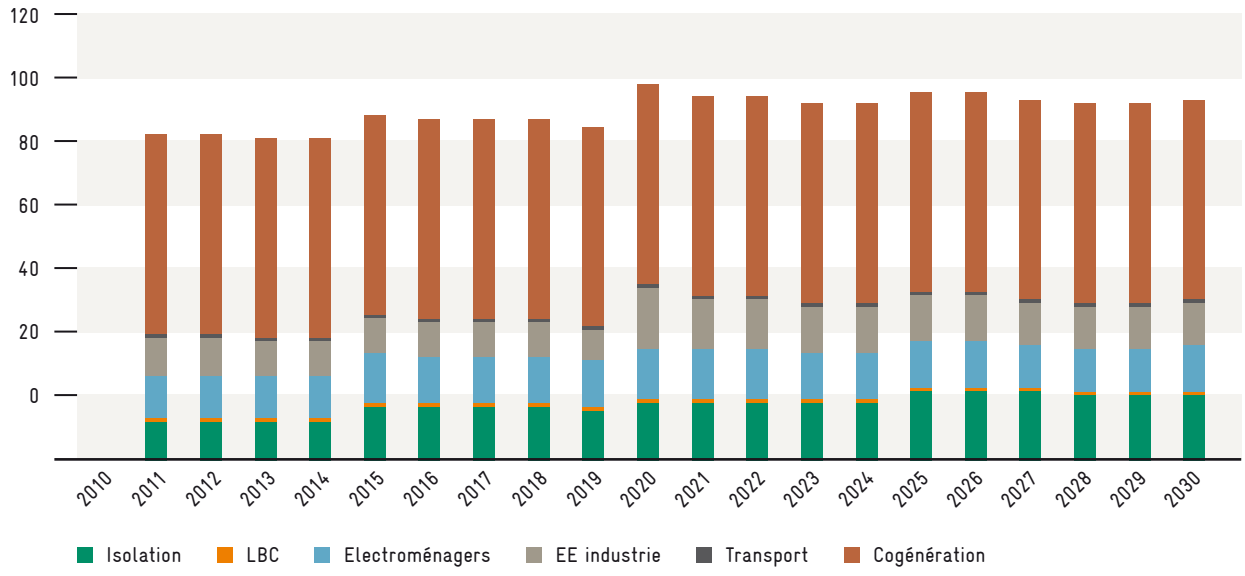
En plus des données monétaires, physiques et quantitatives sur l'EE et l'ER dans le scénario, il faut ajouter d'autres hypothèses sur l'intégration industrielle et les opportunités des industries tunisiennes concernées sur les marchés régionaux et internationaux.

2.3.1 Importations

Pour déterminer la valeur ajoutée locale et les importations, notre analyse commence en considérant un système ER déjà installé produisant de l'électricité ou de la chaleur ou, respectivement, un appareil électroménager efficace ou un bâtiment bien isolé économe en énergie. C'est cet équipement qui correspond à nos données d'investissement. À partir de cela, nous analysons ce qu'il a été nécessaire de faire pour obtenir l'équipement considéré, c'est-à-dire les intrants matériels, la main-d'œuvre au niveau des produits intermédiaire, l'installation et la planification. Ensuite, l'analyse porte sur l'avenir, pour déterminer ce qu'il faut faire pour garder ce système opérationnel, c'est-à-dire que nous déterminons les intrants matériels et les ressources humaines pour l'exploitation et la maintenance.

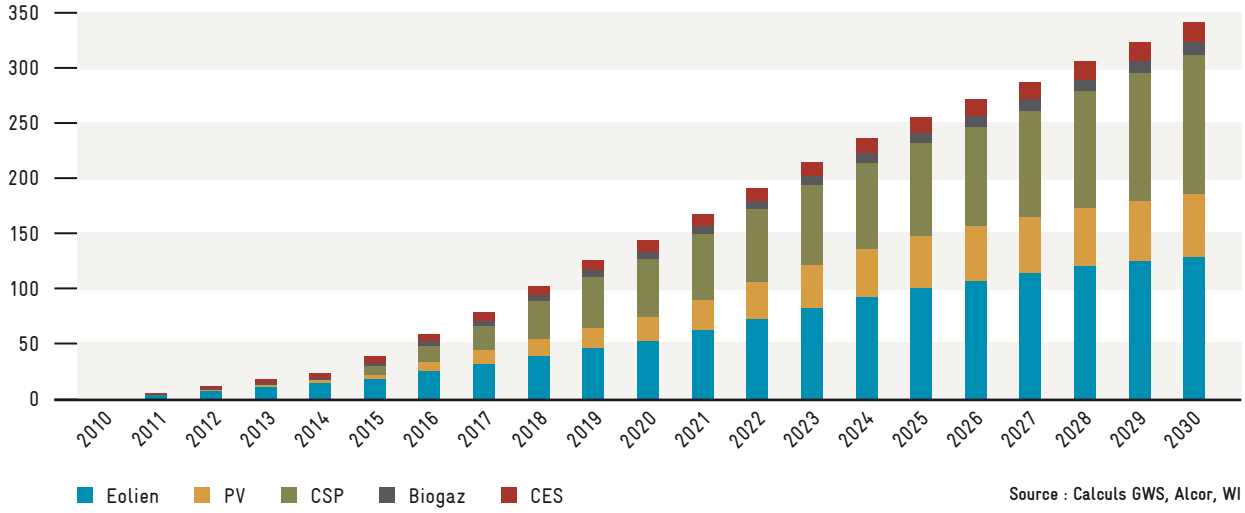
Pour expliquer ce type d'analyse, prenons un exemple de technologie ER. Nous devons déterminer, dans un parc éolien, la part importée des éoliennes et quelles sont les composants qui peuvent être produites en Tunisie. En revenant sur la chaîne de valeur, nous examinons les intrants en termes

Figure 3 : Investissement prévu dans l'efficacité énergétique, en millions TND2011



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

Figure 4 : Dépenses en E&M, en millions TND2011



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

d'input, de planification et d'installation. Nous devons encore une fois poser la question suivante : quelle part de ces intrants peut être produite en Tunisie ? Les informations à ce propos ont été recherchées dans les études internationales, le Plan solaire tunisien, l'étude « Production d'électricité renouvelable en Tunisie - Perspectives et opportunités à l'horizon 2030 » (GIZ/ANME 2010) et grâce à des discussions avec les experts tunisiens.

La GIZ et l'ANME (2010) ont choisi une approche emploi basée sur les données 2008 de l'Association européenne de l'énergie éolienne concernant les estimations d'énergie éolienne. Les parts de la production des turbines, l'installation et la production d'autres composants sont déterminées en termes d'emploi et les taux d'intégration sont définis pour chaque part. Les taux d'intégration utilisés ne sont pas mentionnés dans l'étude. Le Plan solaire tunisien considère un taux d'intégration de 43 %, selon les chiffres pour l'installation du parc éolien à Bizerte. Dans notre étude, nous utilisons la part de la valeur ajoutée dans la production des éoliennes, plus la part de la valeur ajoutée intérieure dans tous les secteurs d'input. La situation réelle de ces parts a été examinée avec les experts tunisiens. Le tableau 3 donne un aperçu de la situation utilisée pour les quotas d'importation de toutes les technologies ER.

La structure des intrants intermédiaires est le résultat d'une enquête effectuée au niveau des industries des énergies renouvelables. Les résultats sont largement documentés dans Lehr et al. (2012).

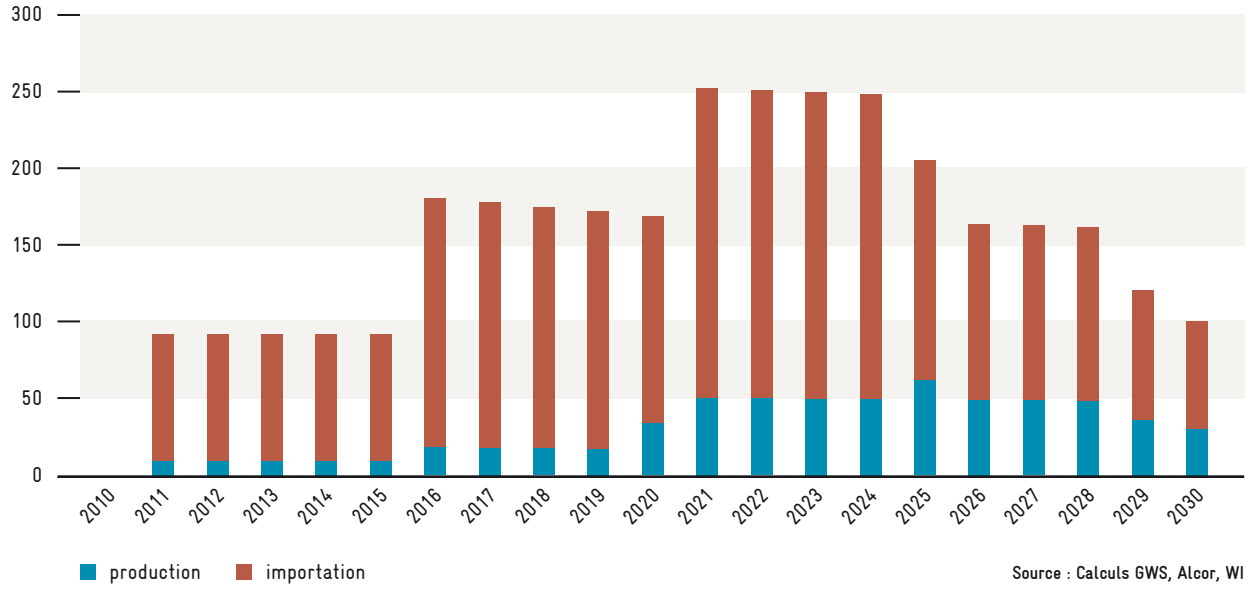
Tableau 3 : Quotas d'importation des secteurs industriels sélectionnés

	Céramique	Machines	Appareils électriques	Systèmes pour le mesurage et le contrôle	Grues	Préparation du chantier	Installation et autre Construction	Commerce	Services immobiliers	Services planification
Éolien										
2010	n.a	100 %	30 %	75 %	100 %	20 %	20 %	70 %		0 %
2015	n.a	100 %	20 %	50 %	100 %	10 %	10 %	60 %		0 %
2020	n.a	100 %	20 %	40 %	0 %	0 %	0 %	50 %		0 %
2025	n.a	100 %	10 %	30 %	0 %	0 %	0 %	50 %		0 %
2030	n.a	100 %	10 %	20 %	0 %	0 %	0 %	50 %		0 %
PV										
2010	50 %		30 %				20 %			0 %
2015	50 %		20 %				10 %			0 %
2020	50 %		20 %				0 %			0 %
2025	50 %		10 %				0 %			0 %
2030	50 %		10 %				0 %			0 %
Énergie solaire à concentration										
2010	n.a		30 %					70 %	0 %	100 %
2015	n.a		20 %					60 %	0 %	50 %
2020	n.a		20 %					50 %	0 %	0 %
2025	n.a		10 %					50 %	0 %	0 %
2030	n.a		10 %					50 %	0 %	0 %
Chauffe-eau solaires										
2010	n.a	70 %		100 %			0 %	0 %		0 %
2015	n.a	60 %		100 %			0 %	0 %		0 %
2020	n.a	50 %		100 %			0 %	0 %		0 %
2025	n.a	40 %		100 %			0 %	0 %		0 %
2030	n.a	40 %		100 %			0 %	0 %		0 %

Tableau 4 : Importation de systèmes complets pour l'ER et l'EE, en % des investissements totaux

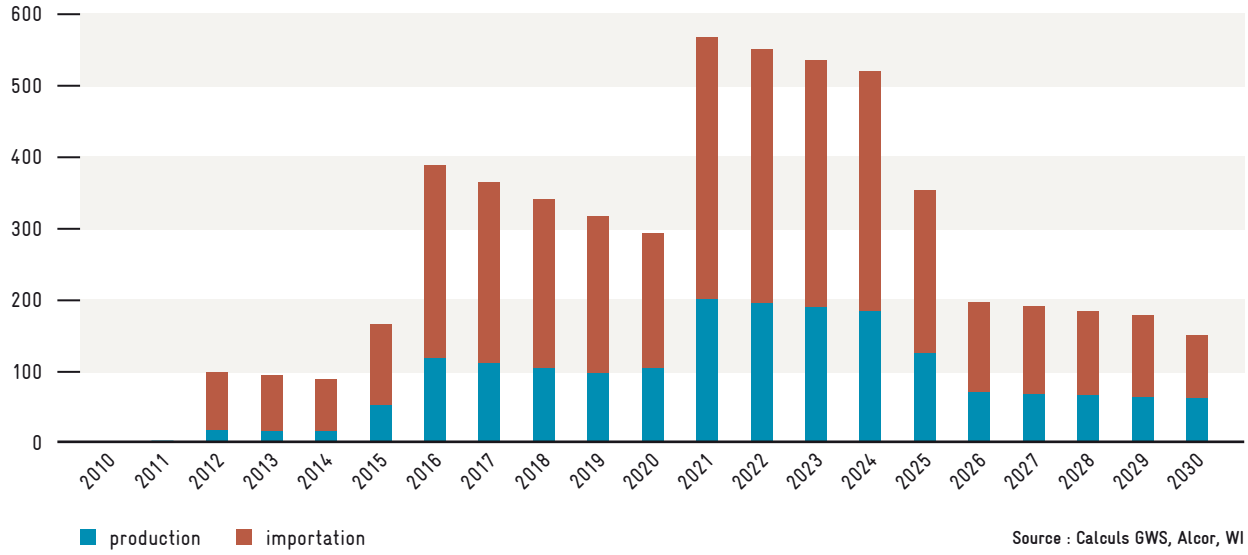
	Éolien	PV	ESC	Biogaz	CES	Isolation	LBC	Électroménager efficace	Équipement efficace (industrie)
2010	90 %	85 %	90 %	85 %	40 %	75 %	50 %	50 %	90 %
2015	90 %	70 %	90 %	85 %	40 %	65 %	40 %	40 %	90 %
2020	80 %	65 %	80 %	85 %	30 %	60 %	40 %	30 %	80 %
2025	70 %	65 %	70 %	85 %	20 %	50 %	30 %	30 %	80 %
2030	70 %	60 %	70 %	85 %	10 %	50 %	30 %	20 %	80 %

Figure 5 : Relation entre les importations et la production nationale, énergie éolienne, en millions TND[2011]



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

Figure 6 : Relation entre les importations et la production intérieure, PV, en millions TND[2011]



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

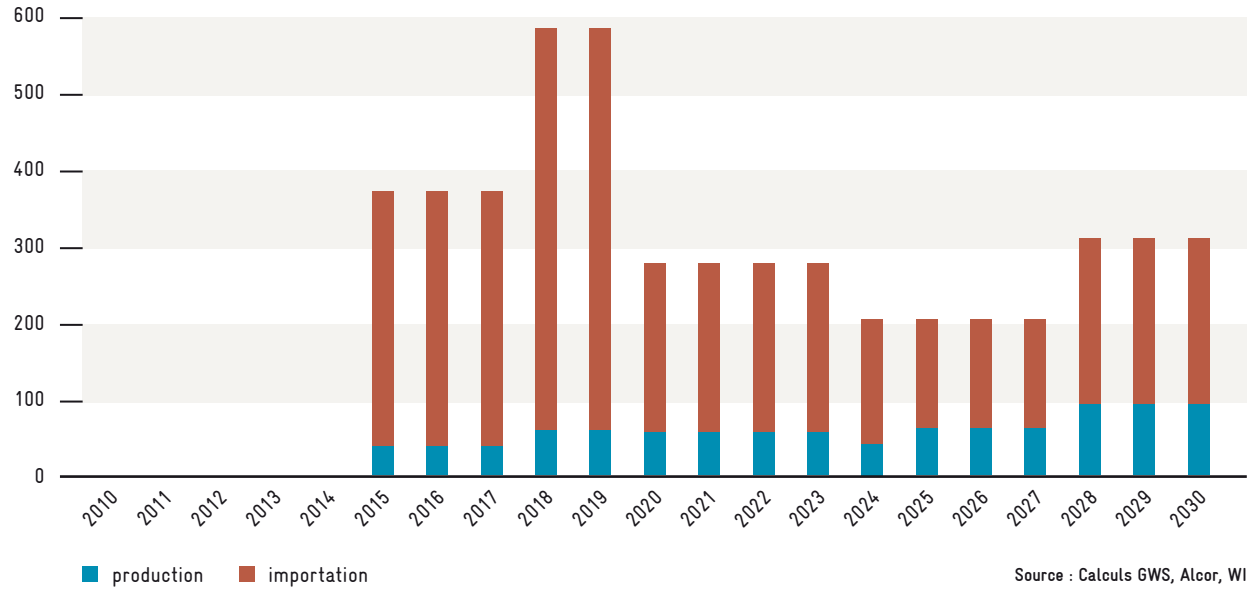
L'exploitation et la maintenance sont traitées séparément dans ce rapport. On considère que les services d'exploitation et de maintenance sont totalement assurés par des professionnels locaux et ne sont donc pas importés.

Pour le produit fini (ER et EE), les quotas sont donnés dans le tableau 4. Nous constatons un taux d'intégration plus élevé pour les produits d'EE (sauf pour les équipements industriels) que pour le secteur ER, à l'exception du chauffe-eau solaire, qui se caractérise par un taux d'importation plutôt faible de l'ordre de 40 %.

Les chiffres suivants illustrent les hypothèses sous-jacentes.

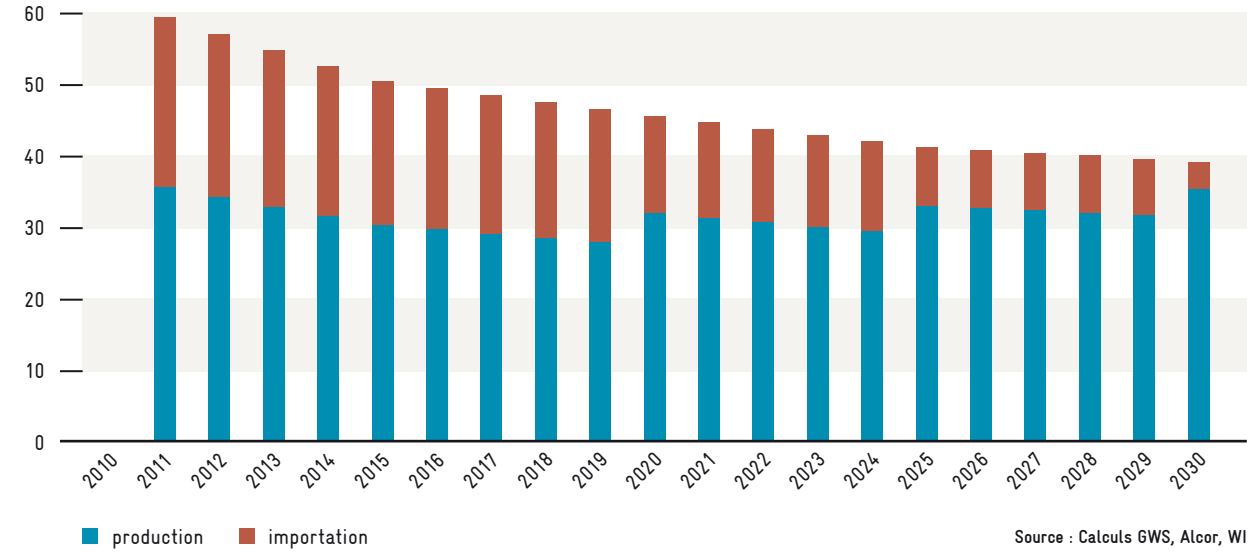
Les éoliennes importées proviennent des plus grands producteurs internationaux. Les contributions intérieures sont la planification et l'administration, ainsi que les travaux génériques de construction, les tours et certains équipements électriques. Avec le temps, plus d'intrants en termes de planification et de prévision des gisements éoliens, et tous les services, ainsi que certains composants, peuvent être produits par l'industrie tunisienne. Si les conditions s'y prêtaient, la Tunisie pourrait attirer une filiale de l'un des producteurs internationaux pour produire pour toute la région. Toutefois, cette hypothèse n'est pas prise en compte dans le scénario pour ne pas présenter un scénario trop optimiste (voir figure 5).

Figure 7 : Relation entre les importations et la production intérieure, énergie solaire à concentration, en millions TND2011



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

Figure 8 : Relation entre les importations et la production nationale, chauffe-eau solaires, en millions TND2011



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

Au niveau de l'installation et de la planification PV, les intrants nationaux sont supposés être plus importants car les compétences nécessaires pour l'installation existent déjà en Tunisie. Les compétences pour l'installation des centrales PV peuvent être facilement disponibles moyennant une petite formation supplémentaire.

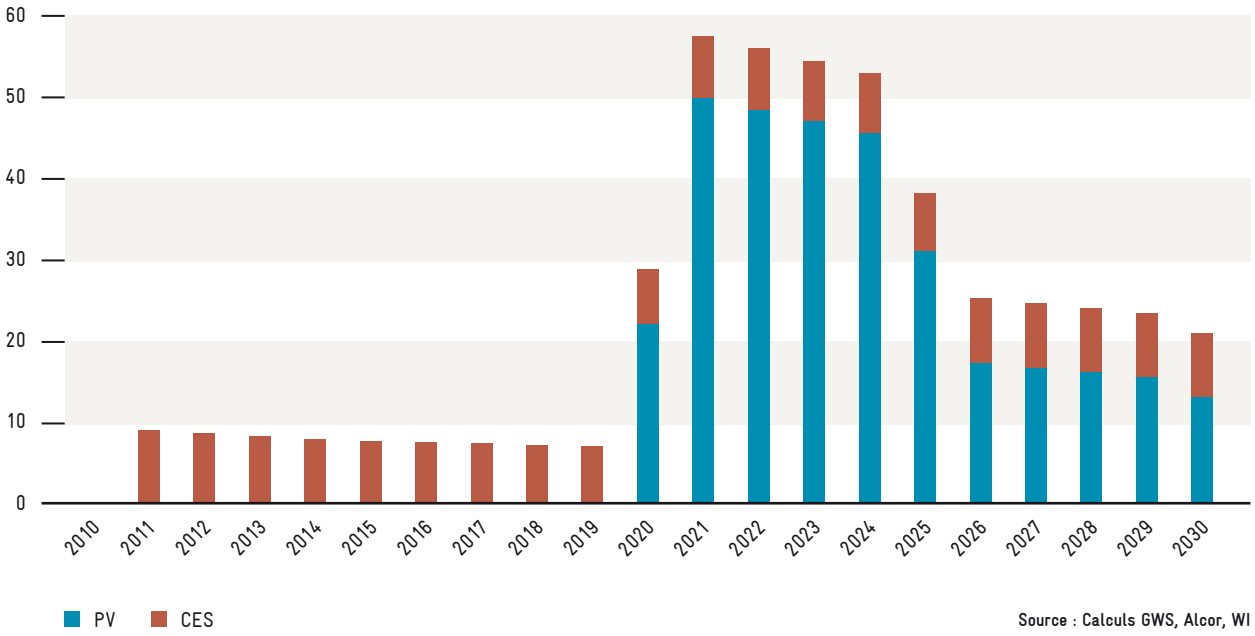
Le PV offre la solution la plus rapide pour une industrie nationale : les équipements d'assemblage peuvent être achetés tous prêts sur le marché international et peuvent être montés dans le pays. Néanmoins, ces équipements ne nécessitent pas un grand volume de main-d'œuvre et les matières premières (cellules) doivent être importées (voir figure 6).

L'énergie solaire à concentration (ESC) entre plus tard en scène dans les scénarios du mix électrique. Le développement de cette énergie dépend, entre autres, de la réussite de l'Initiative DESERTEC et/ ou du Plan solaire méditerranéen. Si les installations prévues dans le scénario sont réalisées, la part des importations sera considérable, du moins au départ. Comme pour les autres technologies, davantage d'intrants seront ultérieurement produits dans le pays (voir figure 7).

Tableau 5 : Exportations d'ER, en % des investissements totaux

	Éolien	PV	Énergie solaire à concentration	Biogaz	Chauffe-eau solaires
2010	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
2015	0 %	0 %	0 %	0 %	7,6 %
2020	0 %	22,2 %	0 %	0 %	6,9 %
2025	0 %	31,3 %	0 %	0 %	7,2 %
2030	0 %	13,1 %	0 %	0 %	7,9 %

Figure 9 : Total des exportations par technologie, en millions TND[2011]



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

Les chauffe-eau solaires sont déjà très répandus en Tunisie et il existe aujourd'hui une production nationale. Il est vrai qu'une part de la production se limite à l'assemblage mais cette partie se développera avec le temps. D'autres intrants seront produits localement (voir figure 8).

2.3.2 Exportations

Dans la première partie du rapport, des succès internationaux ont été analysés. Les opportunités sur les marchés internationaux constituent un important facteur de succès des industries ER et EE grâce aux exportations vers d'autres pays. En ce qui concerne la Tunisie, les exportations réalisées à ce jour ne concernent que la production des chauffe-eau solaires. Étant donné les nombreuses installations PV prévues dans le scénario DivRen, nous avons également inclus des exportations PV dans notre analyse. D'autres exportations peuvent être développées à partir de la production des composants pour l'industrie éolienne et peuvent être ajustées dans l'outil[6].

Les exportations incluses dans notre analyse du scénario sont données dans le tableau 5 et représentées dans la figure 9.

6 Les discussions avec des experts tunisiens ont également souligné les possibilités d'exportation dans l'industrie éolienne (tours notamment). Si des données supplémentaires sont disponibles à la suite d'une étude en cours, elles pourront être utilisées pour créer un nouveau scénario avec l'outil existant. Actuellement, nous incluons une hausse des exportations dans une analyse de sensibilité distincte.

2.4 Présentation rapide du scénario

Tableau 6 : Intrants du scénario ; investissements dans les différentes activités EE et ER

	Energies renouvelables					Efficacité énergétique					
	Eolien	PV	CSP	Biogaz	CES	Matériaux d'isolation	LBC	Electro-ménagers efficaes	Equipments efficaces (industrie)	Transport	Co-génération
Installation											
	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]
2011	92	0	0	11	60	41	2	23	98	1	52
2015	92	167	376	10	51	40	2	21	90	1	52
2020	169	296	282	9	46	38	2	19	82	1	52
2025	205	357	206	8	41	36	2	17	59	1	52
2030	100	150	313	8	39	34	1	15	53	1	52
Exploitation & Maintenance											
	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]
2011	4	0	0	1	1	-	-	-	-	1	2
2015	18	4	8	3	6	-	-	-	-	1	2
2020	53	22	53	6	10	-	-	-	-	1	2
2025	101	47	84	9	15	-	-	-	-	1	2
2030	130	56	127	12	19	-	-	-	-	1	2
Importation de totalité des systèmes											
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
2011	90	85	90	85	40	75	50	50	90	-	-
2015	90	70	90	85	40	65	40	40	90	-	-
2020	80	65	80	85	30	60	40	40	80	-	-
2025	70	65	70	85	20	50	30	30	80	-	-
2030	70	60	70	85	10	50	30	20	80	-	-
Importation des intrants de production: services											
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
2011	50	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
2015	50	-	80	-	-	-	-	-	-	-	-
2020	40	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-
2025	40	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-
2030	40	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-
Exportations											
	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]	[mnTD]
2011	-	0	-	-	9	-	-	-	-	-	-
2015	-	0	-	-	7	-	-	-	-	-	-
2020	-	22	-	-	7	-	-	-	-	-	-
2025	-	31	-	-	7	-	-	-	-	-	-
2030	-	13	-	-	8	-	-	-	-	-	-

3 EFFETS SUR L'EMPLOI – LEVIERS ET DÉFIS

Au-delà de la contribution des technologies ER à la sécurité d'approvisionnement énergétique, à la baisse de la dépendance à l'importation et surtout à la réduction des gaz à effets de serre, on s'attend à des avantages croissants au niveau de l'emploi et de l'économie. De tels espoirs sont nourris par les réussites internationales, par exemple en Allemagne, au Portugal ou en Chine.

Pour une première estimation très approximative des emplois qui pourraient être créés à partir du PST et au-delà, il serait opportun de jeter un coup d'œil sur les expériences d'autres pays. La première partie de ce rapport a donné un aperçu sur l'expérience internationale. L'Allemagne est le pays européen le mieux classé en termes d'emploi et de capacité installée. L'économie allemande est très axée sur l'exportation et met l'accent sur la production des machines, des appareils électriques et des instruments optiques et électriques. Ainsi, l'Allemagne a utilisé sa force pour développer le nouveau secteur des technologies ER. Des technologies ER d'une valeur dépassant 120 milliards d'euros ont ainsi été installées en Allemagne jusqu'en 2011. À titre de comparaison, le scénario analysé dans ce cadre pour la Tunisie prévoit un total de 7,2 milliards d'euros d'ici à 2020. Au début, la plupart des systèmes PV allemands devaient être importés du Japon et la majeure partie des installations éoliennes de Vestas au Danemark. Par la suite, de grandes entreprises PV ont été créées. Elles passent aujourd'hui par une phase de consolidation car le marché connaît actuellement une concurrence rude, notamment de la part de la Chine. Mais il ne s'agit pas uniquement de l'emploi direct dans la production d'éoliennes ou de modules PV. Par ailleurs, et du fait de la structure industrielle allemande, plus de la moitié des 382 000 emplois du secteur ER concernent la production des produits intermédiaires ou des intrants au profit de cette production.

Pour la Tunisie, le point de départ est différent. La structure industrielle n'est pas aussi développée et une grande partie des systèmes ER sera, au début, importée. Si la Tunisie avait le même taux installation/habitant que l'Allemagne, la même structure de production et les mêmes opportunités d'exportation, globalement 35 000 emplois seraient atteints. Nos résultats devraient se situer quelque part entre ce chiffre et les 3 500 emplois créés au cours des 5 dernières années.

Un pays plus petit et moins industrialisé conviendrait mieux comme pays de référence. Au Portugal, 11 950 personnes travaillent dans l'industrie ER. Ce pays a 2 857 MW d'énergie éolienne installée, presque autant que le scénario ER prévu pour la Tunisie en 2030. Environ 3 000 personnes travaillent dans le secteur de l'industrie éolienne. Pour 34 153 MW d'énergie photovoltaïque installée, 1 500 personnes travaillent dans ce secteur. À ce jour, le Portugal ne dispose pas d'une énergie solaire à concentration, par conséquent, nous ne pouvons pas faire de comparaison à ce niveau. Le Portugal soutient les technologies ER en combinant les tarifs d'achat, l'appui budgétaire et une procédure d'appel d'offres pour l'énergie éolienne. En 2004, au début des mécanismes de soutien, la plupart des produits devaient être importés. Parallèlement, au Portugal, plusieurs sociétés produisent des intrants technologiques pour l'industrie éolienne et notamment pour l'industrie solaire. Efacec a fourni des onduleurs, des transformateurs et des tableaux électriques pour une valeur de 5,3 millions d'euros à la République tchèque en 2010 et a, en 2011, exporté pour 11,2 millions d'euros d'équipements pour un projet grec. Les sociétés de services planifient et mettent en œuvre des projets dans le monde entier.

Les facteurs suivants se sont avérés importants pour ce développement des ER :

- un cadre stable,
- un plan national de développement ER et EE,
- un effort d'intégration de la chaîne de valeur,
- le développement des compétences pour disposer de la main-d'œuvre nécessaire (GIZ/Action 2011),
- le développement des compétences en matière de service et de planification (GIZ/Action 2011),
- l'exploration des marchés pour l'exportation.

Étant donné la complexité et la forte interdépendance des facteurs, nous avons développé un outil qui permet à l'utilisateur de changer certains de ces facteurs et de visualiser les résultats en termes d'accroissement du PIB et de l'emploi.

4 RÉSULTATS

Comme nous l'avons déjà vu, les effets induits sur l'emploi par l'accroissement des énergies renouvelables et l'amélioration de l'efficacité énergétique dépendent de l'investissement et de la structure de production nationale. Notre scénario de référence ne comprend aucun investissement supplémentaire en ER ou EE. Le modèle suggéré permet un changement de l'investissement et l'ajustement des capacités de production de la Tunisie. Un scénario, élaboré par des experts allemands et tunisiens, prévoit certaines voies d'investissement et une structure de production (Cf. chapitre 3). Si la Tunisie introduit une dispense quant aux exigences de contenu local imposées aux investisseurs internationaux comme l'a fait la Chine, ou si elle les inclut, par exemple, dans une procédure d'appel d'offres pour les installations éoliennes, comme l'a fait le Portugal, le quota d'importation sera inférieur à ce qui est supposé actuellement.

Avec cette structure, le PST devrait permettre de créer plus de 10 000 emplois supplémentaires en Tunisie. Ce scénario sera ci-dessous appelé S1: ER+EE (énergies renouvelables + efficacité énergétique ; figure 10).

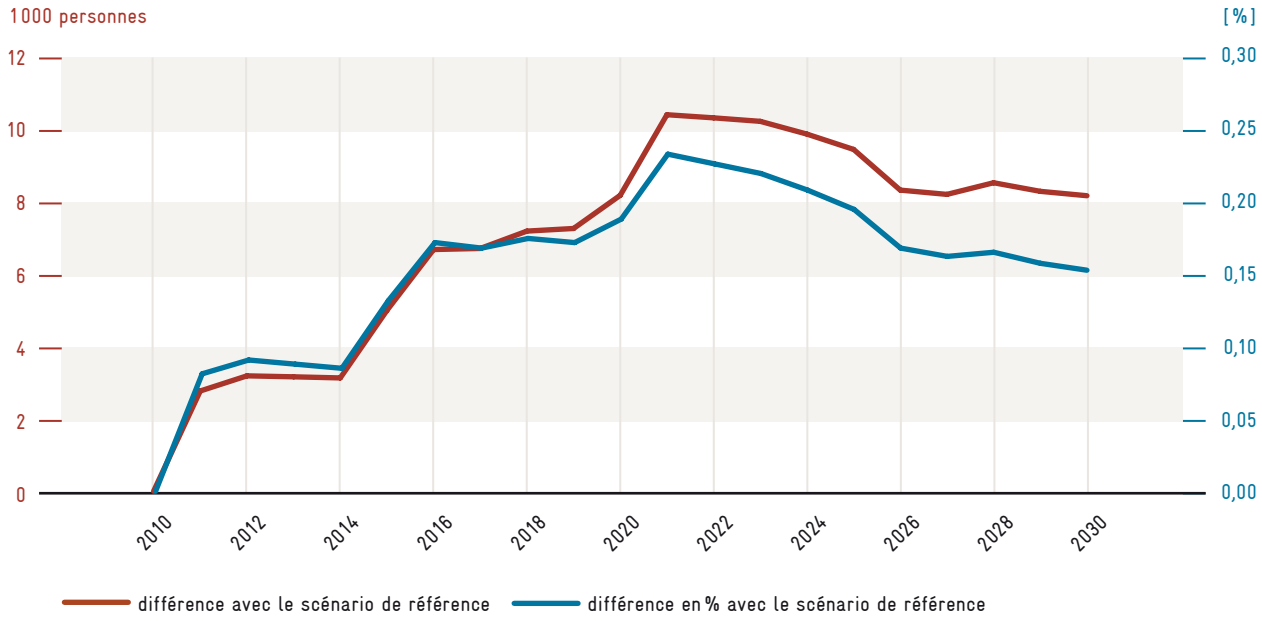
La forme de la courbe reflète les voies d'investissement et l'amélioration de la productivité. L'effet emploi est plutôt faible au départ car une partie importante des nouvelles installations sera importée. Seules de petits intrants seront produits localement.

Il suffirait que les importations baissent de seulement 10 % en moyenne (Scénario S2: ER++ ; figure 11) pour que le nombre d'emplois dépasse les 20 000, soit plus de 0,6 % de l'emploi national. Cela constitue le seuil maximum qui pourrait être réalisé grâce à la voie d'investissement considérée. Vers la fin de la période prise en considération dans la simulation, la productivité augmentera et le coût des ER baissera, ce qui se traduira par une perte au niveau des emplois créés par suite d'investissements similaires.

La forme de la courbe de l'emploi reflète plus fortement la structure de l'investissement dans le scénario car la voie de l'investissement n'est plus tempérée par les importations et frappe l'économie de plein fouet. Particulièrement, les investissements en énergie solaire à concentration ne sont pas continus dans le temps.

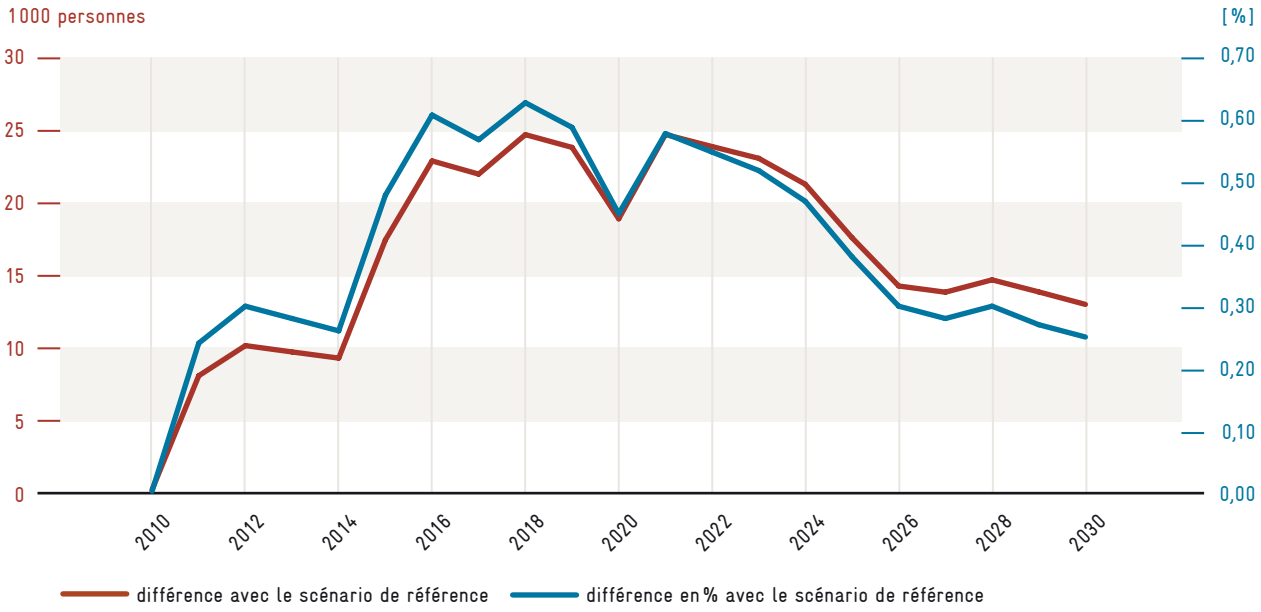
Le PST donne une estimation de l'intégration locale de la production en matière d'industrie éolienne. Si nous faisons une simulation des effets sur l'emploi en utilisant les 43 % d'intégration suggérés à partir de 2011, les résultats passent de 10 000 emplois à un total de plus de 12 000 emplois (S3 ER+EE intégration éolien ; figure 12). Cela montre bien les avantages d'une bonne stratégie d'intégration.

Figure 10 : Emplois supplémentaires créés grâce au PST, en milliers d'emplois (S1: ER+EE)



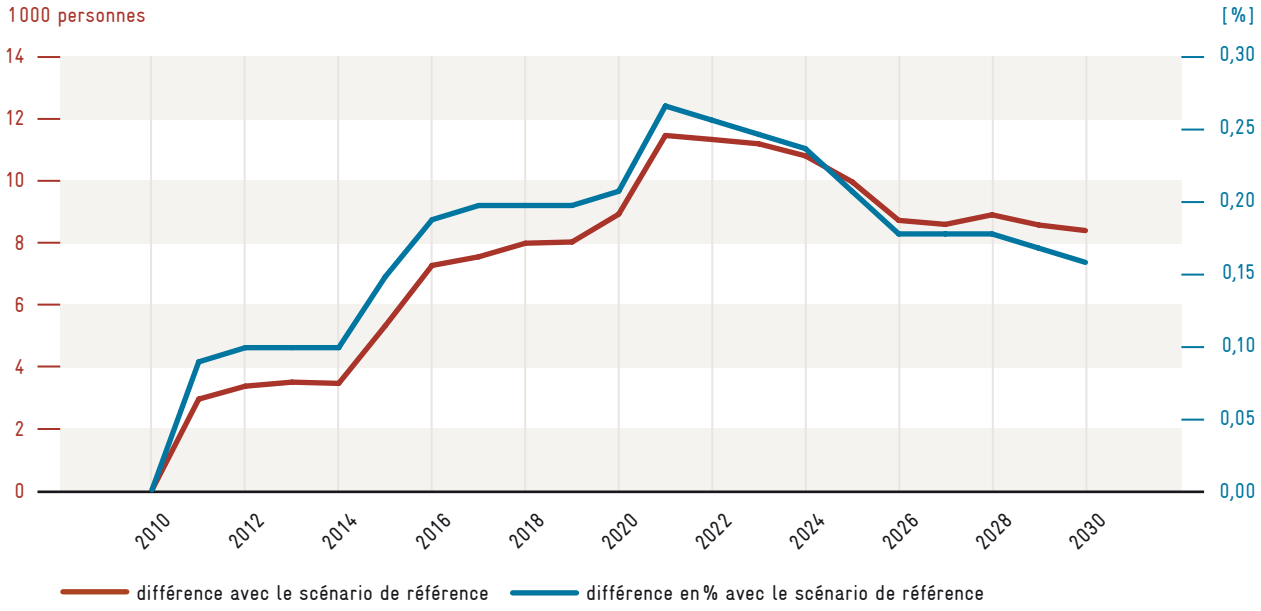
Source : Calculs GWS, Alcor, WI

Figure 11 : Effet sur l'emploi dans le cas d'une forte intégration locale (S2: ER+EE)



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

Figure 12 : Effets sur l'emploi dans le cas d'une forte intégration locale de l'énergie éolienne (S3 ER+EE intégration éolien)



Source : Calculs GWS, Alcor, WI

L'emploi peut être analysé par secteur économique mais également par technologie. La figure 13 montre la tendance globale à la croissance dans tous les secteurs. Cela reflète la voie de croissance sous-jacente ainsi que l'investissement accordé aux secteurs productifs.

Comme nous l'avons déjà vu dans la comparaison pour les scénarios, une part importante des investissements globaux dans le PST est réservée à l'ER. Cela est reflété dans la figure 14 par le fait qu'une grande partie de l'emploi additionnel provient de l'augmentation enregistrée par l'ER. La part de la filière des chauffe-eau solaires dans le développement des emplois est minime, mais elle reste constante. Toutes les autres technologies nécessitent un important investissement (étranger) et dépendront de la rigueur avec laquelle le PST sera mis en œuvre.

Les effets globaux sur le PIB sont positifs dans tous les scénarios analysés. Comme nous l'avons vu plus haut, aucun mécanisme de financement n'a été intégré dans le modèle de

Figure 13 : Emploi par secteur dans le scénario S1: ER+EE

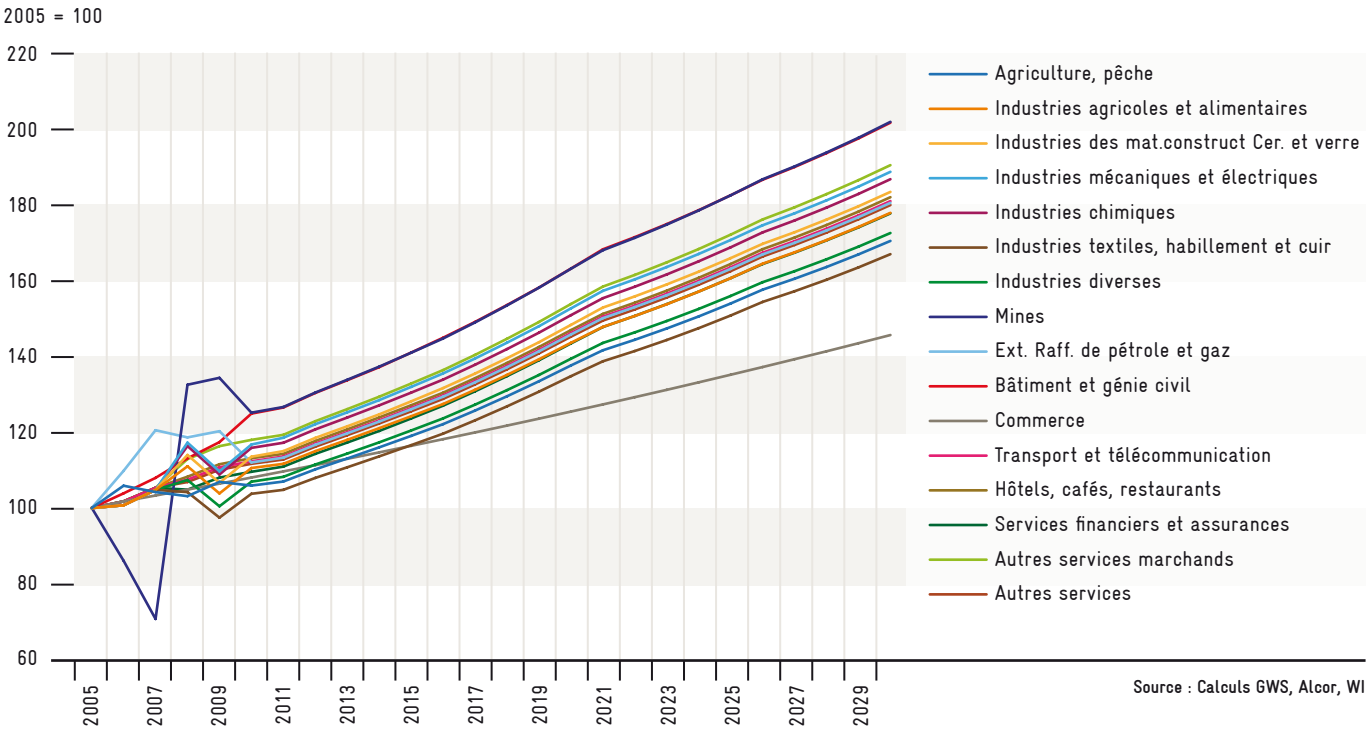


Figure 14 : Emploi total par technologie ER (S1: ER+EE), en milliers de personnes

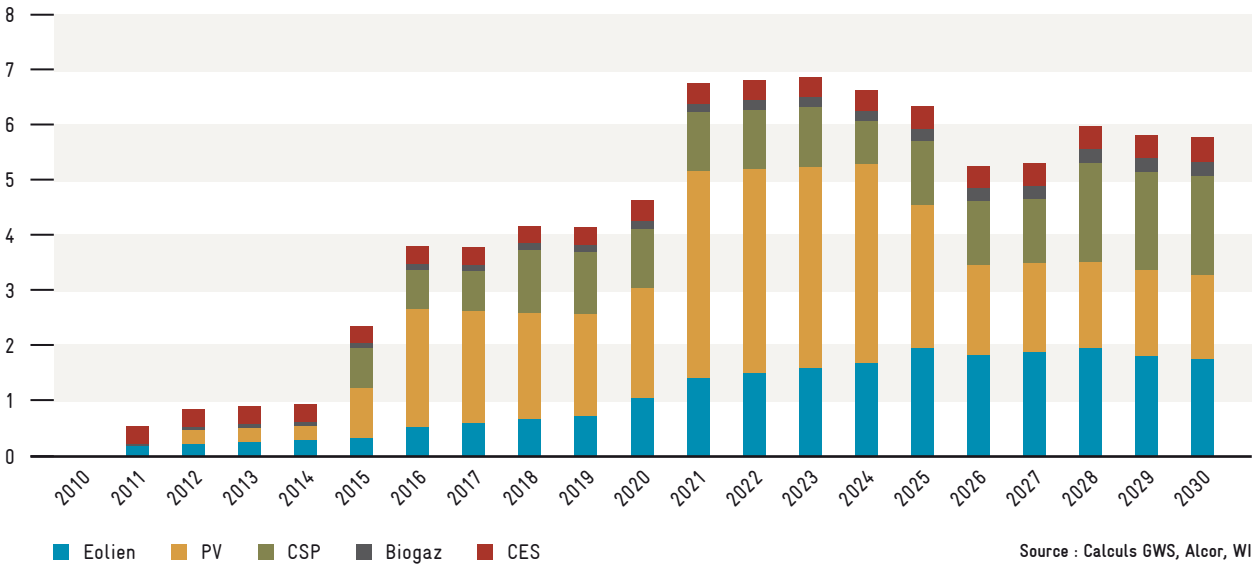
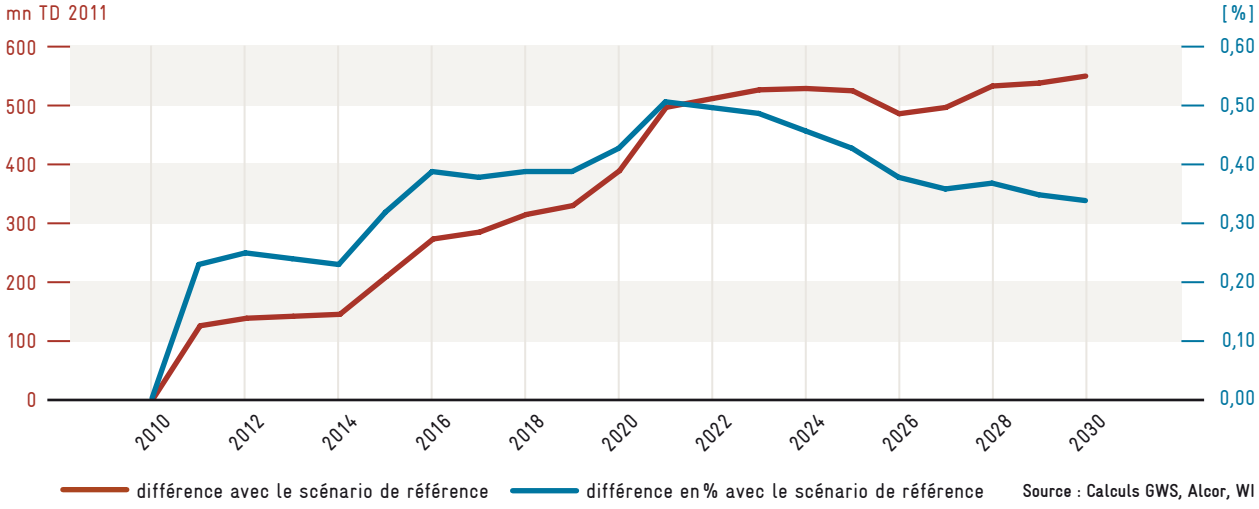
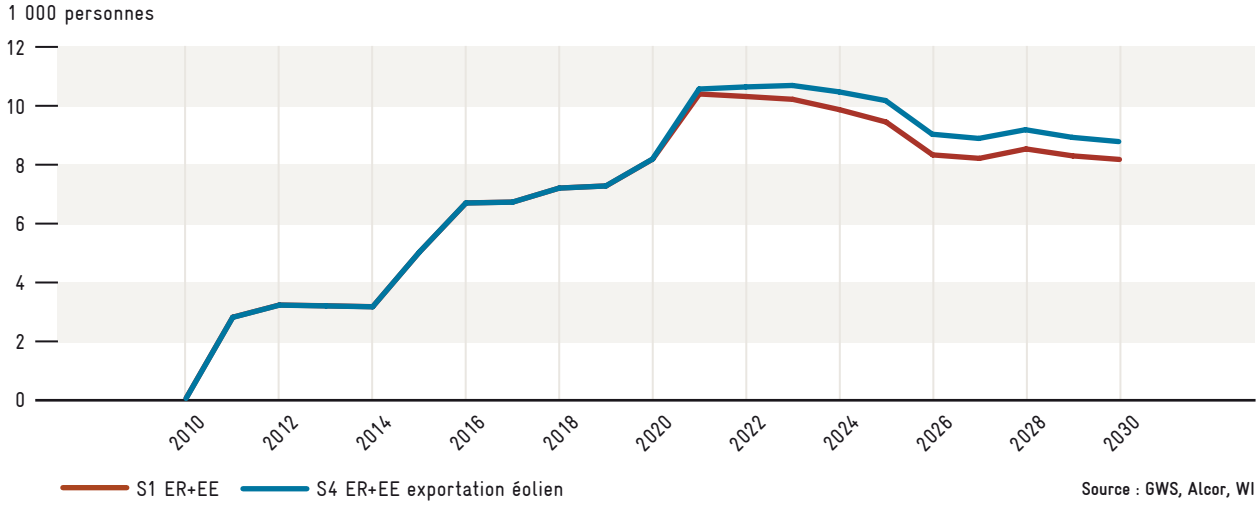


Figure 15 : Développement du PIB réel, différence par rapport au scénario de référence en termes absolu et en pourcentage. (S1 ER+EE)



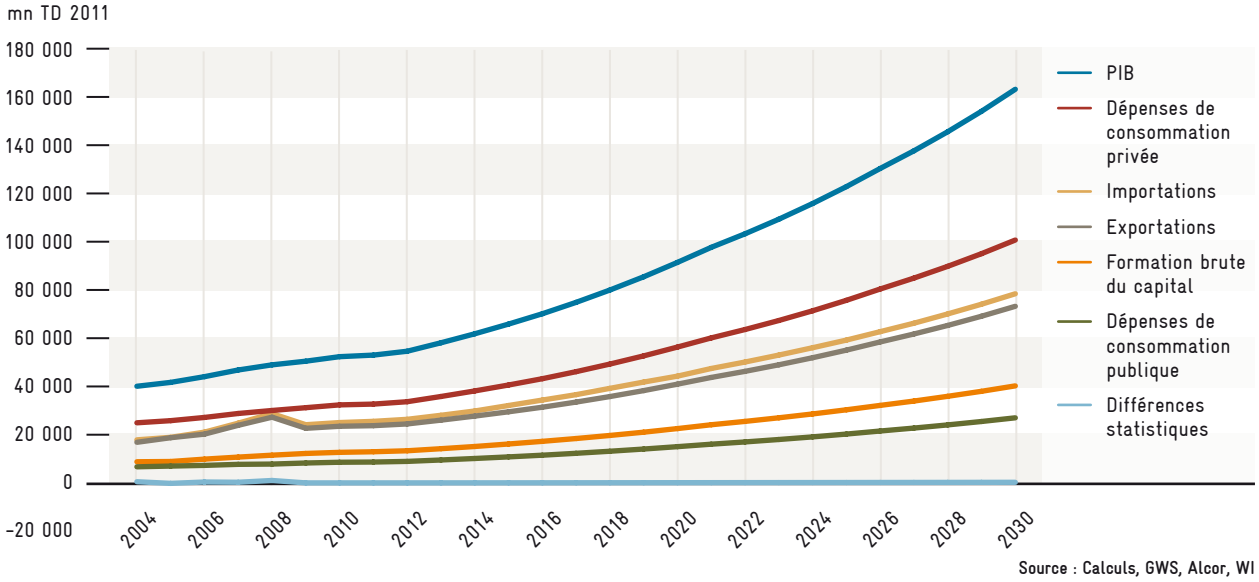
Source : Calculs GWS, Alcor, WI

Figure 16 : Emplois obtenus par l'augmentation de l'export dans le secteur éolien, différence par rapport au scénario S1 (S1 ER+EE et S4 ER+EE exportation éolien)



Source : GWS, Alcor, WI

Figure 17 : Développement du PIB réel et de ses composantes (S1 ER+EE) en millions TND^{2011}



Source : Calculs, GWS, Alcor, WI

simulation. L'investissement dans le PST est considéré être un investissement supplémentaire à l'économie. Le PST ne donne pas d'informations sur un processus de partage des charges tel que le tarif d'achat ou d'autres instruments. Si une telle analyse est nécessaire, le modèle devra être complété par de nouveaux modules d'analyse (voir figure 15).

En tenant compte des exportations dans le secteur éolien et à supposer que les exportations de la Tunisie de 2021 à 2030 soient d'environ 800 millions TND 2011, l'emploi global augmenterait de près de 200 personnes supplémentaires (voir figure 16).

Par rapport au scénario de référence, le PIB réel variera d'environ 375 millions TND, soit 0,42 %. La figure 17 illustre le PIB réel et ses composantes pour le scénario S1 ER+. Le PIB réel enregistre un taux moyen de croissance d'environ 5,8 % pour les années 2010 à 2030. Dans ce scénario, l'amélioration économique est principalement due au développement de la formation brute de capital fixe et aux exportations. La formation brute de capital fixe détermine sommairement un quart du PIB réel à la fin de la période considérée pour la projection. Les exportations seront également en croissance constante par rapport au scénario de base. Mais le déficit de la balance commerciale persistera jusqu'en 2030 à cause de la croissance des flux d'importation.

5 ANALYSE DE SENSIBILITÉ – COMBIEN D'EMPLOIS 100 MILLIONS DINARS TUNISIENS PEUVENT-ILS CRÉER?

Pour mieux comprendre les détails des mécanismes d'emploi, nous effectuons une analyse de sensibilité puis nous examinons les résultats d'une dépense de 100 millions TND pour chacune des technologies contenues dans le scénario ci-dessus[7]. Cela permet de séparer les effets et de voir que les résultats dépendent de :

- la technologie,
- la capacité des industries locales,
- la capacité de la main-d'œuvre, et
- des opportunités se présentant sur les marchés régionaux et mondiaux.

Cet exercice nous aide donc à comprendre les différents leviers de l'emploi tout le long de la chaîne de valeur et le fonctionnement du modèle utilisé.

5.1.1 Emplois créés par les investissements dans l'énergie éolienne

Le premier exemple est l'emploi créé par un investissement de l'ordre de 100 millions TND^{2011} dans l'énergie éolienne entre 2012 et 2016. Cet investissement suit l'ordre de grandeur des projets déjà en place en Tunisie ou ceux qui viennent d'être planifiés. 100 millions TND représentent l'investissement dans un parc éolien ayant une capacité installée d'environ 50 MW. Une étude de la GIZ et l'ANME (2011) estime les emplois créés par un parc de 54 MW à 27 emplois permanents.

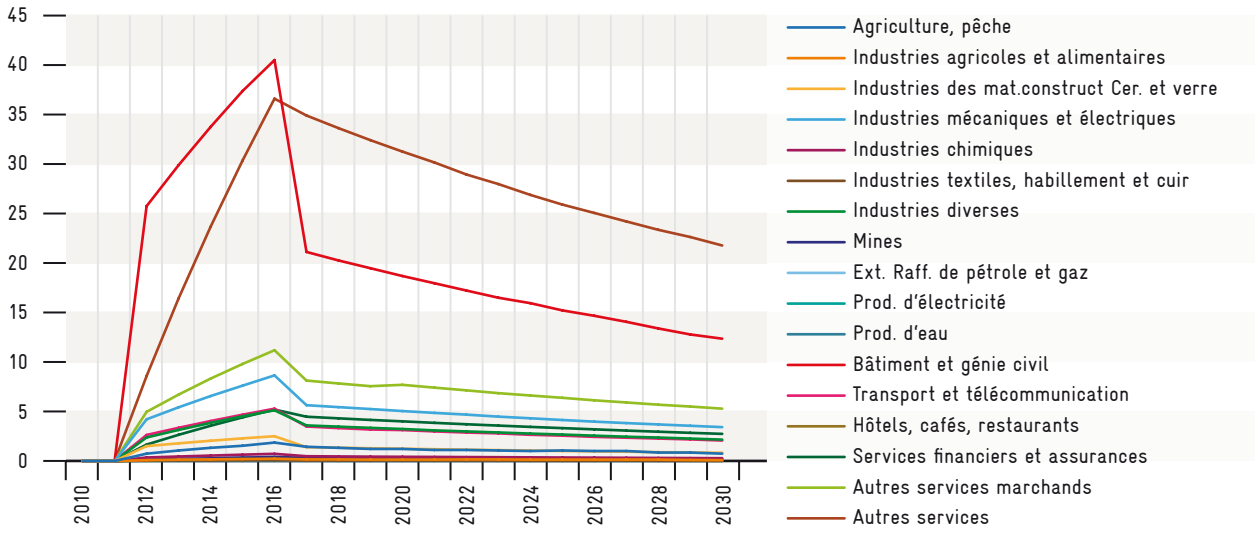
Notre analyse donne les résultats suivants : Une part importante d'un investissement de 100 millions TND^{2011} est réservée aux produits importés. En ce qui concerne le secteur de l'énergie éolienne, les estimations des composants et des services produits au niveau national varient entre 30 % et 40 %. Dans le cas présent, nous supposons que tous les systèmes complets seront importés mais que les composants (turbines, électronique) seront produites à hauteur de 32 % dans le pays. Les travaux de construction (y compris les tours) seront assurés à 80 % en interne, la planification sera assurée à 50 % en Tunisie. Le nombre global d'emplois supplémentaires créés par un investissement de 100 millions TND dans le parc éolien pendant la phase de construction de 5 ans est de 122. Ensuite, pendant les phases d'exploitation et de maintenance, ce nombre tombe à 50 emplois permanents.

La différence par rapport aux calculs de la GIZ et de l'ANME s'explique par la prise en considération des emplois directs et indirects. En tenant compte d'une proportion donnée d'intégration du secteur tunisien de production, nous retrouvons les impacts économiques de 100 millions TND

7 Le biogaz n'est pas pris en considération dans cet exercice parce qu'il ne figure pas de façon élargie dans le scénario.

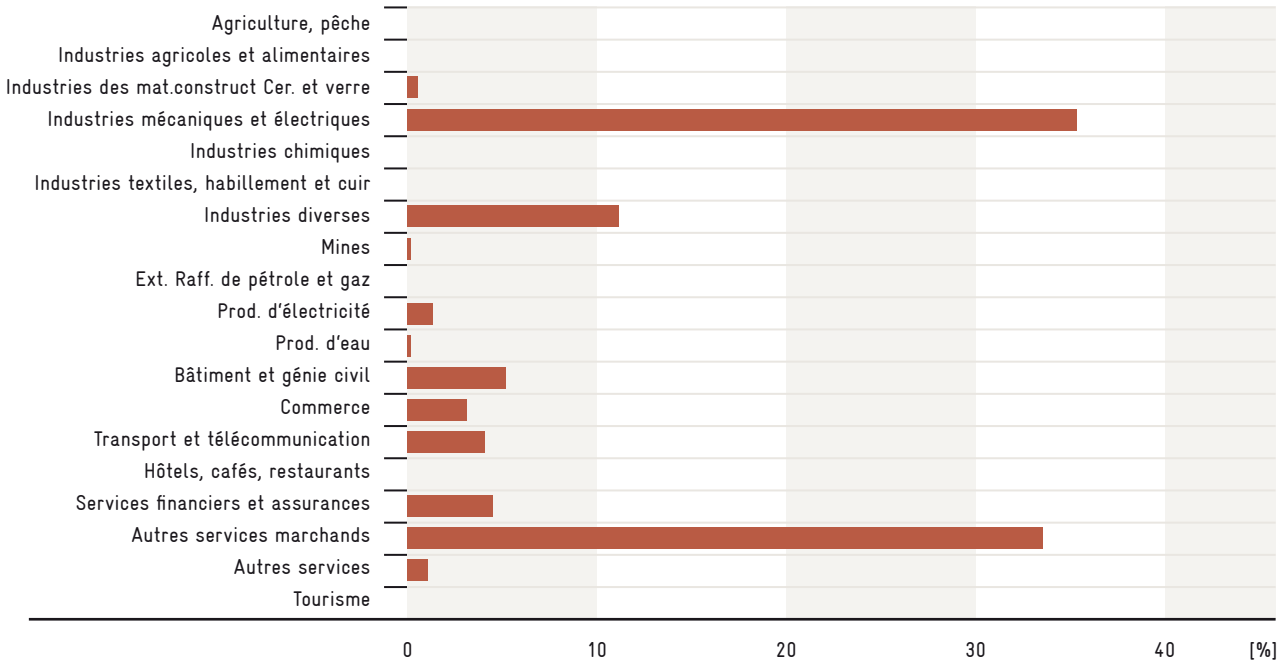
Figure 18 : Effets sur l'emploi et valeur ajoutée par l'énergie éolienne

(a) Emplois par secteur (personnes)



Source : Calculs GWS, Alcor

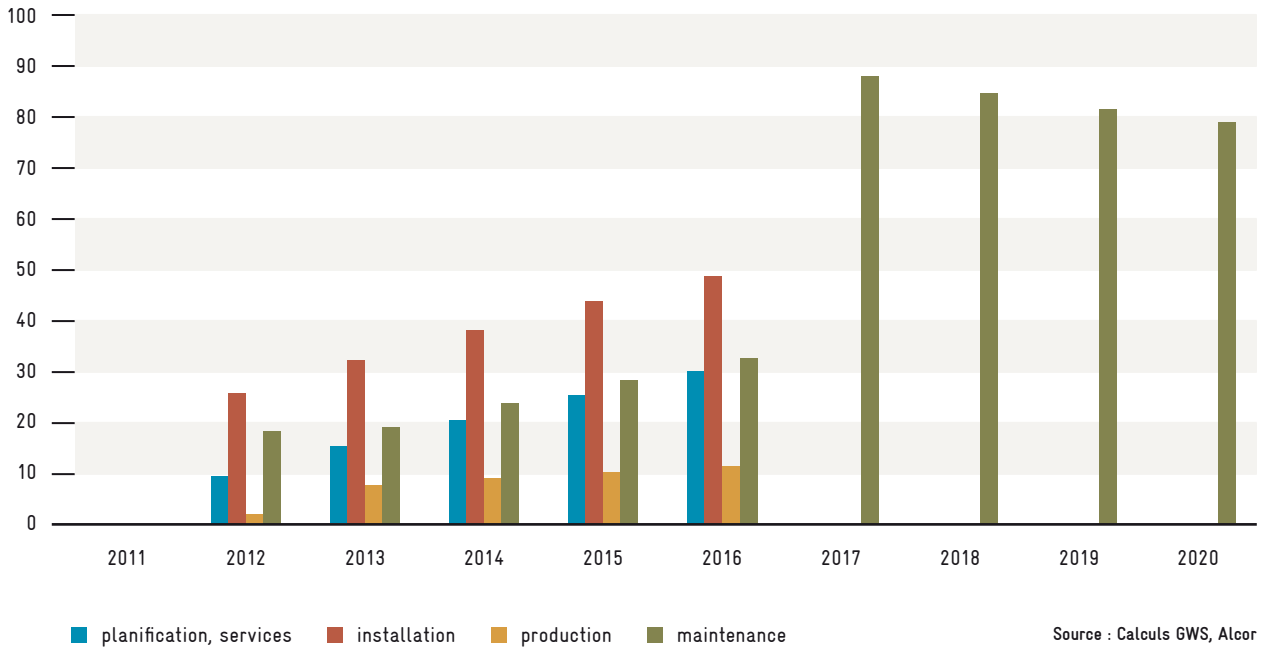
(b) Valeur ajoutée par secteur



Source : Calculs GWS, Alcor

(c) Emplois créés tout au long de la chaîne de valeur (personnes)

Emploi dans l'éolien



Source : Calculs GWS, Alcor

d'investissement dans tous les secteurs économiques. L'emploi total indirect est légèrement supérieur à la moitié de l'emploi direct (31 années-personnes) lors de la phase de construction. Une grande partie des emplois se situe au niveau des travaux de construction, des services financiers, de la production énergétique et des services industriels.

La figure 18(a) illustre la répartition des emplois (directs et indirects) dans tous les secteurs économiques concernés. La figure 18 (b) donne, à partir de données internationales, la répartition des secteurs d'intrants pour le secteur de l'énergie éolienne. La figure 18 (c) représente les emplois créés tout au long de la chaîne de valeur.

5.1.2 Emplois créés par les investissements dans la production de l'électricité photovoltaïque

Le deuxième exemple met l'accent sur les emplois créés à partir d'un investissement de 100 millions TND dans le secteur PV entre 2012 et 2016. Jusqu'à maintenant, une moindre part des investissements a été consacrée aux installations PV, mais le scénario DivRen prévoit un investissement total, dans le secteur PV, de plus de 2,6 milliards de dinars à l'horizon de 2030. Environ 30 MW pourraient être installés aux prix actuels.

Notre analyse donne les résultats suivants : Pour un investissement de 100 millions de dinars, une part importante sera réservée aux produits importés. En ce qui concerne le secteur PV, les estimations des composants et des services produits au niveau national varient entre 85 % et 30 %. Dans ce cas, nous supposons que tous les systèmes complets seront importés mais que les produits en verre et les composants électriques seront de plus en plus (90 % d'ici à 2030) produits dans le pays. Les travaux de construction seront assurés à 90 % dans le pays et la planification sera faite à hauteur de 50 % en Tunisie. Le nombre global d'emplois supplémentaires obtenus à partir des 100 millions TND investis dans le secteur PV pendant la phase de construction (de 5 ans) est de 70 au départ. Lorsque les importations baisseront, la dernière année des 5 ans pris en compte dans cet exemple, le chiffre atteindra 130 emplois. Ensuite, pendant les phases d'exploitation et de maintenance, le nombre tombe à 8 emplois permanents.

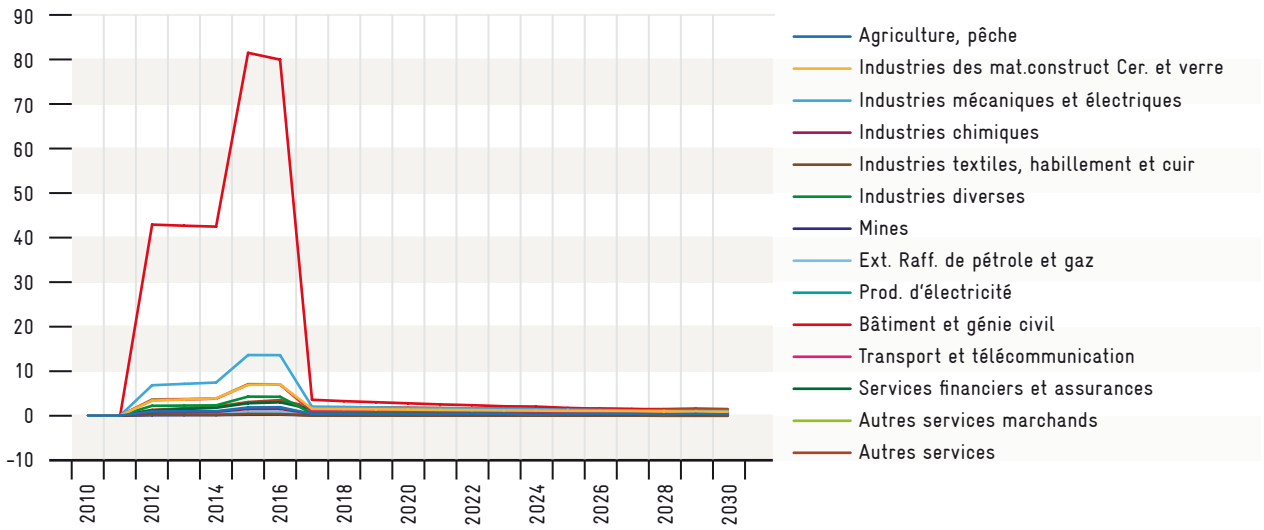
La figure 19 (a) illustre la répartition des emplois (directs et indirects) dans tous les secteurs économiques concernés. La partie (b) illustre, à partir de données internationales, la répartition des secteurs d'intrants pour le secteur PV.

5.1.3 Emplois créés par les investissements dans la production de l'électricité à partir de l'énergie solaire à concentration

Le troisième exemple met l'accent sur les emplois créés à partir de 100 millions TND investis dans l'énergie solaire à concentration entre 2015 et 2019 car cette technologie pourrait être mise en œuvre dans le cadre de l'initiative Desertec ou du Plan solaire méditerranéen qui prévoient tous les deux de démarrer vers 2015. Toutefois, cela reste un peu artificiel dans la mesure où 100 millions de dinars ne couvrent pas une seule installation solaire à concentration de taille raisonnable. Des publications récentes (GTM research 2012) ont trouvé que la taille la plus réaliste d'une installation solaire à concentration devrait se situer aux alentours de 150 MW. Actuellement, les prix varient encore entre 3,6 €/W et 8,72 €/W.

Figure 19 : Effets sur l'emploi et valeur ajoutée à partir de l'énergie PV

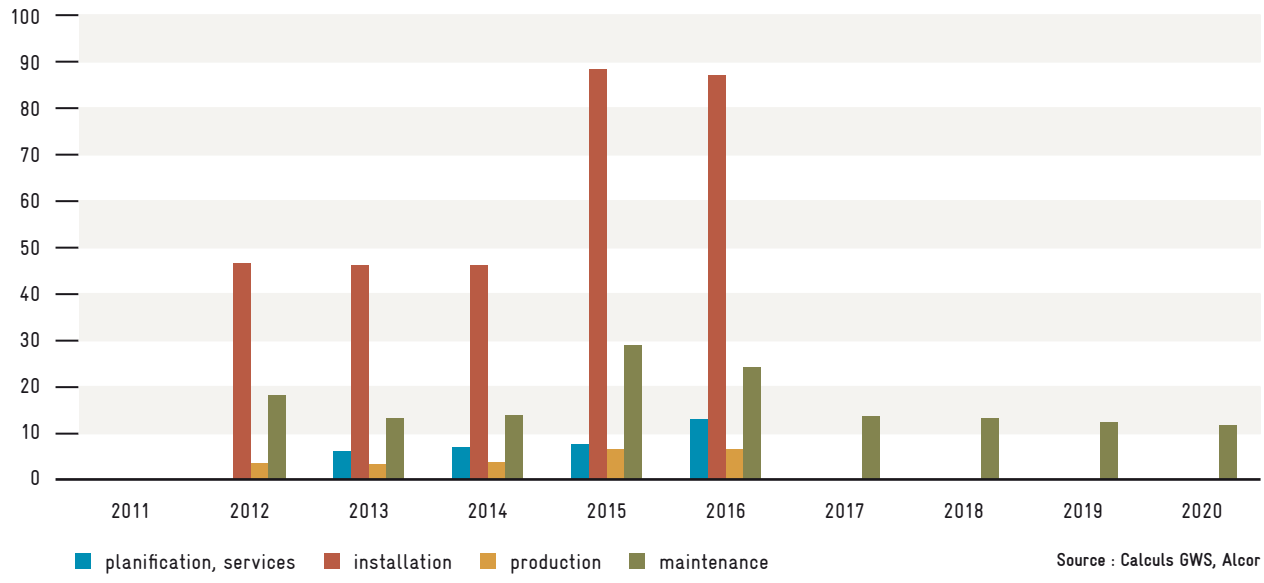
(a) Emplois par secteur (personnes)



Source : Calculs GWS, Alcor

(b) Emplois créés tout au long de la chaîne de valeur du PV (personnes)

Emplois dans le PV



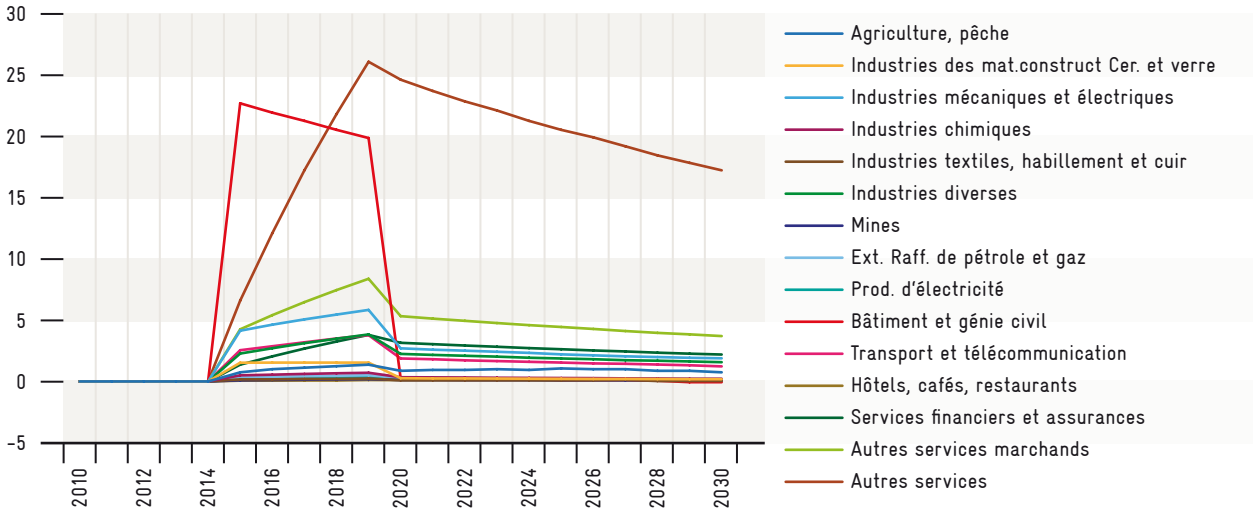
Source : Calculs GWS, Alcor

L'énergie solaire à concentration a du mal à concurrencer l'énergie PV dont les prix sont en train de baisser très rapidement. Néanmoins, le stockage de la chaleur du jour et la production pendant la nuit sera toujours un plus en faveur de l'énergie solaire à concentration.

Notre analyse donne les résultats suivants : Pour un investissement de 100 millions de dinars, la majeure partie des technologies utilisées dans le scénario DivRen sera réservée aux produits importés. En ce qui concerne l'énergie solaire à concentration, les estimations des composants et des services produits au niveau national varient entre 85 % et 30 %. Dans le cas présent, nous supposons que tous les systèmes complets seront importés mais que les produits en verre et les composants électriques seront de plus en plus (90 % d'ici à 2030) produits dans le pays. Les travaux de construction seront assurés à 90 % dans le pays et la planification sera faite

Figure 20 : Effets sur l'emploi pour la chaîne de valeur de l'ESC

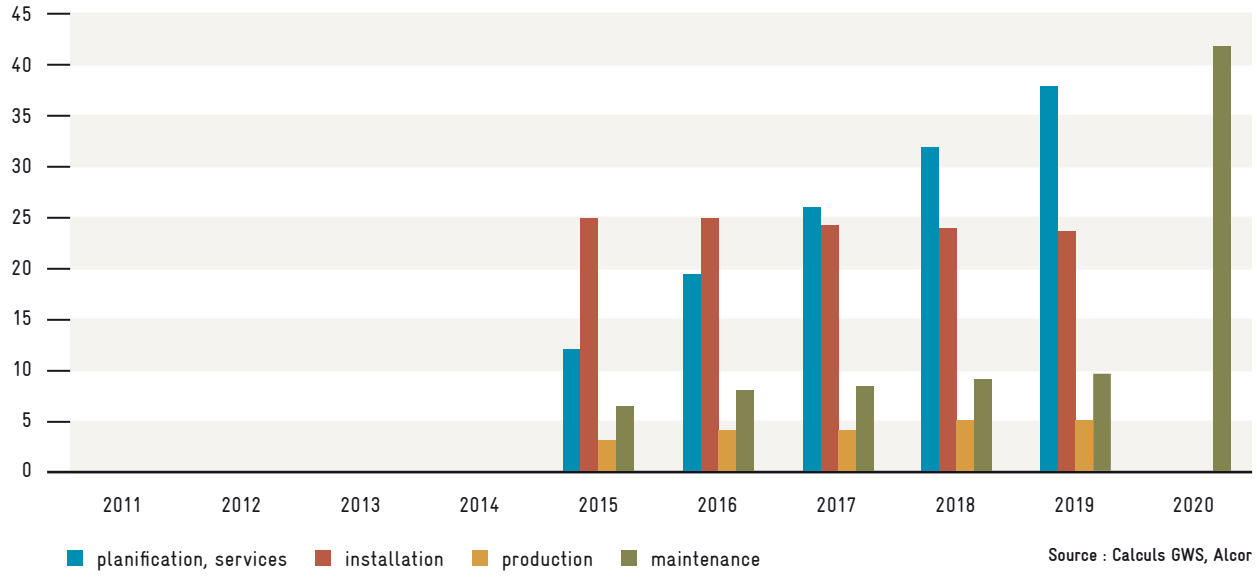
(a) Emplois par secteur (personnes)



Source : Calculs GWS, Alcor

(b) Emplois créés tout au long de la chaîne de valeur de l'ESC (personnes)

Emplois dans le CSP



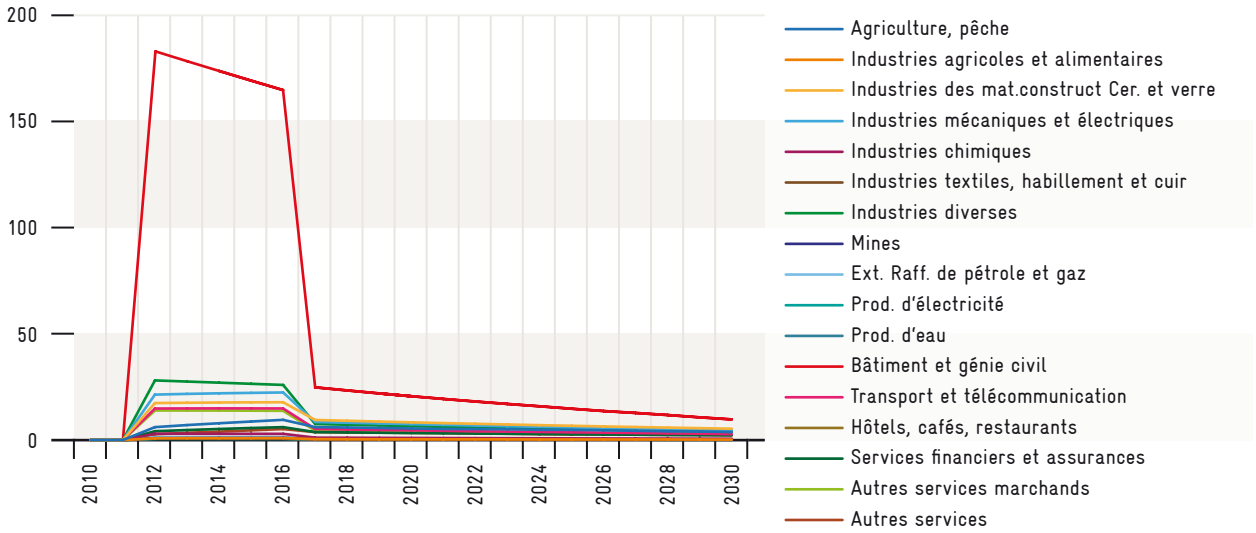
Source : Calculs GWS, Alcor

à hauteur de 50 % en Tunisie. Le nombre global d'emplois supplémentaires créés à partir des 100 millions TND investis dans le secteur de l'énergie solaire à concentration pendant la phase de construction (qui dure 5 ans) est de 76, notamment à grâce aux emplois générés par les travaux de construction. Ensuite, pendant les phases d'exploitation et de maintenance, le nombre retombe à 30 emplois permanents.

La figure 20 (a) illustre la répartition des emplois (directs et indirects) dans l'ensemble des secteurs économiques concernés. La partie (b) illustre, à partir de données internationales, la répartition des secteurs d'intrants pour le secteur de l'énergie solaire à concentration.

Figure 21 : Effet sur l'emploi et valeur ajoutée de la production de chauffe-eau solaires

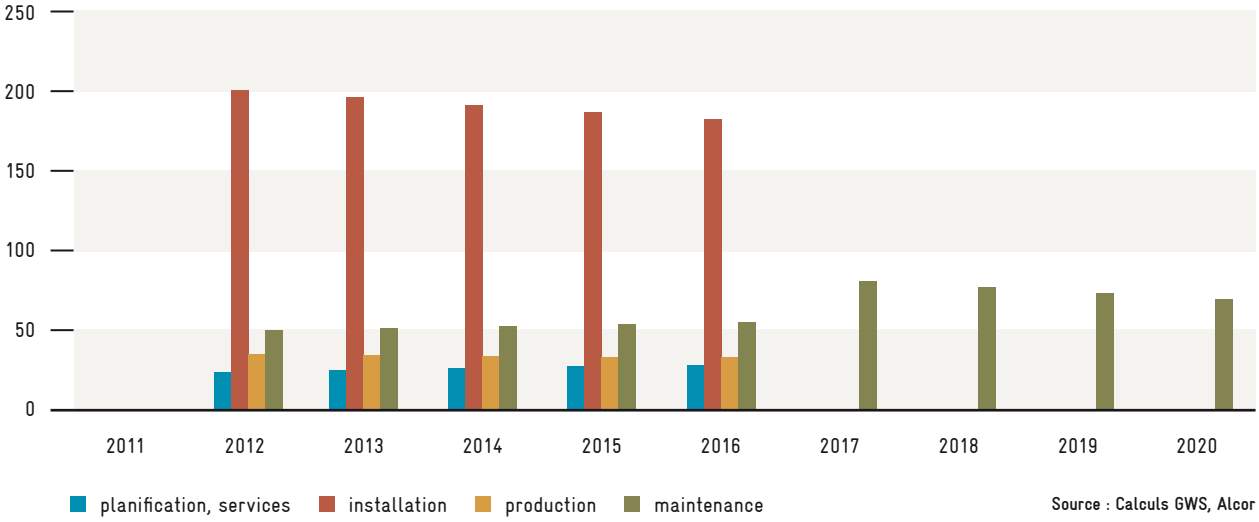
(a) Emplois par secteur (personnes)



Source : Calculs GWS, Alcor

(b) Emplois créés tout au long de la chaîne de valeur du CES (personnes)

Emplois dans le CES



Source : Calculs GWS, Alcor

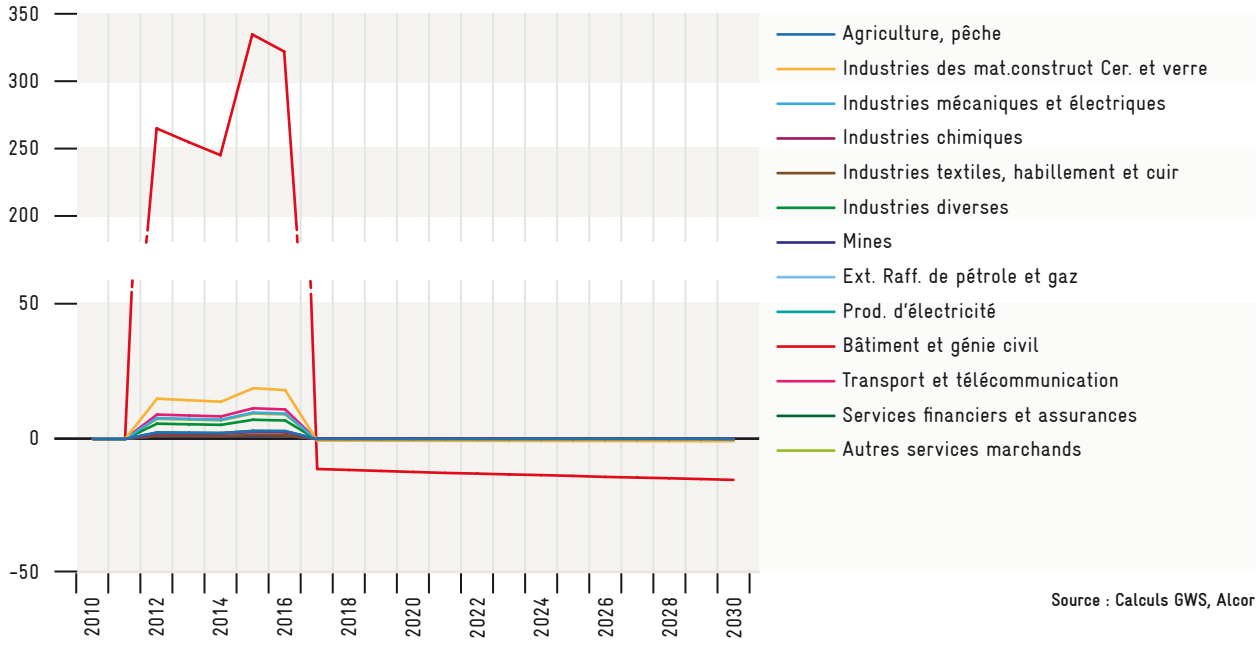
5.1.4 Emplois créés par les investissements dans la production de chauffe-eau solaires

La dernière analyse de sensibilité pour les secteurs ER concerne un investissement de 100 millions TND entre 2012 et 2016 dans la production de chauffe-eau solaires. Ce même montant, ou presque, a été dépensé sur les deux années 2009 et 2010 pour le programme PROSOL (Alcor 2011).

Notre analyse donne les résultats suivants : Les chauffe-eau solaires sont, en grande partie, montés en Tunisie. Jusqu'en 2010, le pays comptait 7 entreprises produisant de manière autonome (80 % du marché local) et 1 100 microentreprises en mesure d'assurer les installations, ainsi que l'exploitation et la maintenance (E&M). Sur un investissement de 100 millions TND, une part importante reste dans le pays et a un impact sur l'économie locale. Dans ce secteur, les estimations des

Figure 22 : Effets sur l'emploi et valeur ajoutée de l'isolation thermique des bâtiments

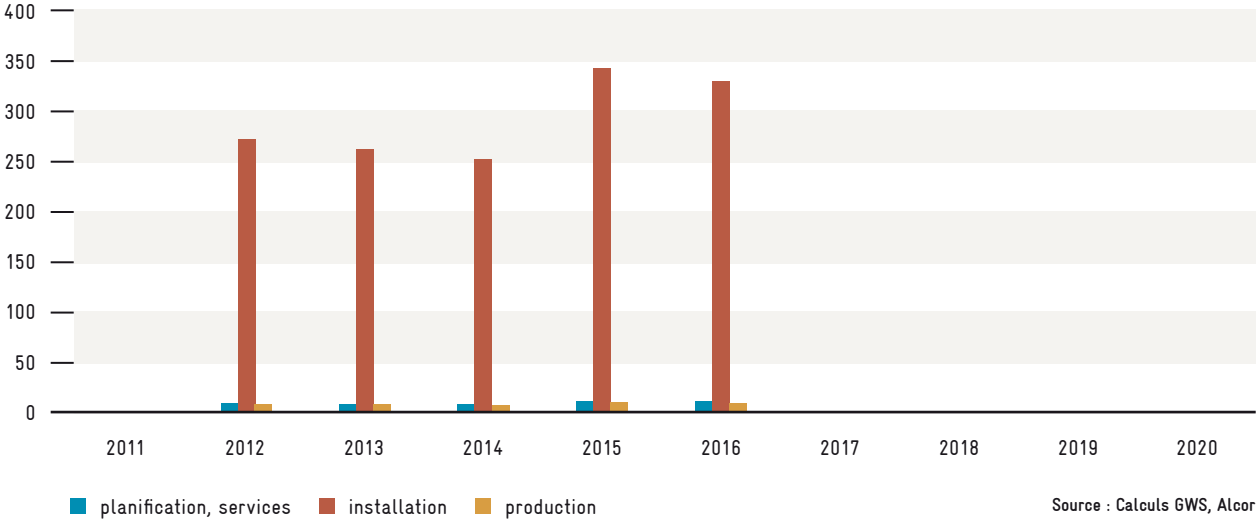
(a) Emplois par secteur (personnes)



Source : Calculs GWS, Alcor

(b) Emplois créés tout au long de la chaîne de valeur (personnes)

Emplois dans l'isolation thermique des bâtiments



Source : Calculs GWS, Alcor

composants et services produits localement varient entre 85 % et 50 %. Nous estimons qu'une grande partie des chauffe-eau solaires est, au moins, montée en Tunisie, et que l'installation, l'exploitation et la maintenance seront également assurées en majorité par des travailleurs tunisiens. 90 % des travaux de construction seront effectués localement et la planification sera, elle aussi, assurée à 90 % en Tunisie. Le nombre global d'emplois supplémentaires obtenus à partir des 100 millions TND investis dans le secteur des chauffe-eau solaires pendant la phase de construction qui dure 5 ans est de 300. Étant donné que les chauffe-eau solaires nécessitent très peu de maintenance, seules 50 personnes garderont un emploi en E&M. La figure 21 (a) montre la répartition des emplois (directs et indirects) sur tous les secteurs économiques concernés. La partie (b) montre, à partir de données internationales, la répartition des secteurs d'intrants pour les chauffe-eau solaires.

6 RÉSUMÉ ET RECOMMANDATIONS

5.1.5 Emplois créés par les investissements dans les bâtiments de basse consommation d'energie

Afin de montrer les impacts dans l'EE, nous avons simulé un exemple dans lequel 100 millions TND sont dépensés pour l'isolation thermique des bâtiments entre 2012 et 2016.

Notre analyse donne les résultats suivants : L'isolation thermique peut être assurée en grande partie par des produits locaux mais certains composants et certains matériaux devront malgré tout être importés. Le nombre d'emplois supplémentaires créés à partir de 100 millions TND investis dans l'isolation thermique pendant la phase de construction, qui dure 5 ans, est de l'ordre de 394. Ce secteur enregistre donc le plus grand nombre d'emplois par dinar investi. L'isolation thermique est également très rentable en termes d'énergie économisée par dinar dépensé et sera rentabilisée sur une durée plutôt courte grâce aux économies d'énergie réalisées sur le chauffage et la climatisation des bâtiments. Ainsi, un programme de soutien de l'investissement initial tel que suggéré par KfW (2009) sera recommandé ci-dessous (voir le chapitre : Recommandations). L'E&M ne sont pas nécessaires pour les mesures d'EE. La figure 22 illustre la répartition des emplois (directs et indirects) sur tous les secteurs économiques concernés.

5.2 Analyse de sensibilité faisant apparaître des exportations plus élevées

Les exportations peuvent réguler la production et mener vers une meilleure utilisation des capacités de production existantes. Au niveau de cette analyse de sensibilité, nous montrons les effets de l'exportation de certains composants dans le secteur éolien. Pour un volume d'exportations supplémentaires d'une valeur de 100 millions TND, le nombre d'emplois créés pourrait être de l'ordre de 1 200. Les exportations supplémentaires concernent plus particulièrement les machines. Le secteur de la construction, qui a contribué le plus à la création d'emplois à partir d'investissements intérieurs, ne peut pas bénéficier de la demande dans les pays voisins parce que la construction sera assurée localement. Les services et les composants peuvent être exportés, jusqu'à une certaine limite, mais selon les experts tunisiens, il n'y pas eu à ce jour des exportations en matière de technologies EE.

L'analyse montre qu'en Tunisie, et dans certaines conditions, l'investissement dans les énergies renouvelables et dans l'efficacité énergétique peut induire une hausse des emplois qualifiés et durables. La détermination d'objectifs ambitieux en matière d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique est une condition nécessaire à la création d'emplois dans ces secteurs. Tout investisseur, local ou étranger, voudra des conditions fiables et stables pour assurer un retour sur son investissement. L'électricité produite à partir de sources renouvelables doit avoir un accès prioritaire au réseau pour assurer au producteur la commercialisation de son produit. Les réseaux et l'infrastructure doivent être en mesure d'absorber des quantités de plus en plus grandes d'inputs énergétiques caractérisés par leur intermittence. Pour cela, un cadre réglementaire approprié doit être adopté.

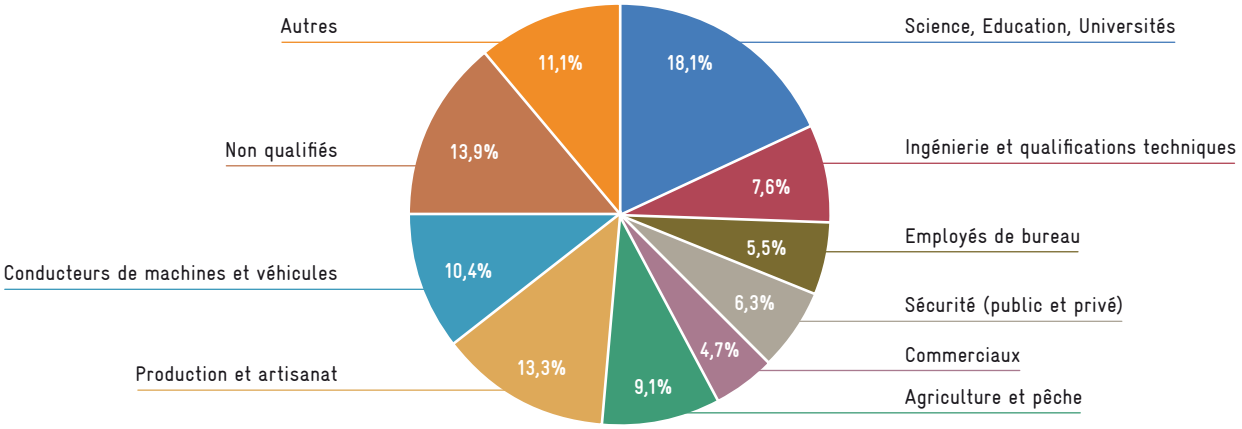
Les subventions et les crédits doivent être sécurisés dans le temps. Cela vaut pour les entreprises et les ménages qui sont obligés de supporter les coûts supplémentaires initiaux, notamment quand il s'agit de technologies EE. Sur leur durée de vie, ces technologies sont rentables du fait qu'elles consomment moins d'énergie.

Avant toute autre mesure, par exemple les mesures de qualification, le futur mix d'énergies renouvelables doit être décidé au niveau politique.

6.1 Aperçu

En Tunisie, le renforcement du secteur des énergies renouvelables et de celui de l'efficacité énergétique, dans le cadre du Plan solaire tunisien et au-delà, permettra de créer entre 7 000 et 20 000 emplois supplémentaires. Plusieurs scénarios ont été élaborés pour analyser l'impact d'une intégration locale et des exports sur l'emploi. Une analyse de sensibilité additionnelle a été réalisée pour montrer quels sont les secteurs les plus prometteurs pour la création d'emplois. La réponse à cette question n'est pas aussi directe qu'on pourrait l'espérer car elle dépend de plusieurs facteurs. La comparaison des emplois créés par un investissement de 100 millions TND montre que c'est l'amélioration de l'efficacité énergétique des bâtiments qui crée le plus d'emplois, devant la production de chauffe-eau solaires et les installations PV. L'exploitation de l'énergie éolienne et celle de l'énergie solaire à concentration viennent ensuite. Toutefois, ces résultats ont été obtenus en prenant en considération une certaine structure d'importation (voir la présentation du scénario, plus haut) pour les différents secteurs. Les chauffe-eau solaires ont été une réussite dans le cadre du programme PROSOL et, pour 100 millions TND investis, le nombre d'emplois qu'ils ont permis de créer se classe au deuxième rang, devant le nombre d'emplois créés par l'exploitation de l'énergie PV, bien qu'aucune production tunisienne de panneaux photovoltaïques n'ait été considérée.

Figure 23 : Emploi par activité, en pourcentage, 2010



Source : Ministère de la Formation Professionnelle et de l'Emploi

Les équipements de production peuvent être facilement importés et installés dans n'importe quel pays, comme la Chine l'a fait ces dernières années, mais les nouvelles capacités de production ne semblent pas être possibles au vu de la phase de consolidation actuelle sur les marchés PV internationaux. La Tunisie devrait tirer profit de la chute des prix de la technologie PV et créer des emplois dans le domaine de l'installation et dans la production des composants électriques et électroniques pour les systèmes PV. Une analyse plus détaillée des possibilités de production dans ce secteur pourrait se pencher davantage sur les politiques industrielles.

L'énergie éolienne ne contribue pas autant que les trois autres technologies à la création d'emplois, mais elle offre des possibilités de développement technologique. Nous n'avons inclus dans notre analyse que l'expérience capitalisée à travers les projets montés jusqu'en 2010 et les avis des experts. Toutefois, les chances de développement technologique et d'exportation dans le domaine de l'énergie éolienne sont considérables dans la mesure où la fabrication des composants crée souvent une demande supplémentaire d'inputs de la part d'autres secteurs tunisiens de production.

6.2 Qualification

Le secteur des énergies renouvelables et celui de l'efficacité énergétique nécessitent-ils une main-d'œuvre spécialisée ? Comment un pays peut-il disposer d'une main-d'œuvre bien formée et se préparer à faire face aux changements dans le secteur de l'énergie ?

L'Allemagne, un pays qui réussit pourtant bien dans le secteur des énergies renouvelables, cherche encore à résoudre ces problèmes. La GIZ a soutenu une revue globale des exigences dans les différents secteurs technologiques. La plupart des qualifications exigées par le secteur des énergies renouvelables sont des spécialisations par rapport aux qualifications existantes : les électriciens se spécialisent dans le photovoltaïque, les plombiers dans la technologie des chauffe-eau solaires, etc.

Les données sur l'emploi par activité économique, niveau d'étude ou domaine professionnel, et par conséquent sur le niveau de qualification, peuvent être obtenues auprès du ministère tunisien de la Formation professionnelle et de l'Emploi, (http://www.emploi.gov.tn ; voir figure 23). Il est par conséquent possible d'effectuer une analyse quantitative des besoins en qualification et, par exemple, une analyse a déjà été réalisée par FEMISE (2010) qui a examiné les principaux éléments qui déterminent l'intégration sur le marché du travail. La comparaison de la répartition sectorielle actuelle en Tunisie avec la répartition sectorielle des emplois supplémentaires à partir du scénario DivRen est prometteuse.

Les emplois supplémentaires selon le scénario import/export se situent entre 0,2 % et 0,5 % de l'emploi national. Selon le scénario ER+, c'est dans le domaine de la construction et celui de la production de machines et d'équipements électriques que la contribution sectorielle sera la plus forte. Dans ces secteurs, globalement, les emplois supplémentaires font progresser de 1,4 % les chiffres de la main-d'œuvre en 2016 par rapport à ceux d'aujourd'hui. Ce résultat peut facilement être atteint grâce aux activités de formation suggérées par la GIZ/Action (2011).

Néanmoins, d'autres études sont nécessaires. Par exemple, la répartition des emplois par activité économique met en évidence qu'il existe un besoin de qualifications par technologie énergétique. En ce qui concerne les besoins en main-d'œuvre, il est également essentiel d'en savoir plus sur la structure démographique et les changements en Tunisie, en général, et plus particulièrement sur le système éducatif.

Ainsi, si les objectifs du scénario DivRen sont acceptés au niveau politique, une telle étude devrait être effectuée. Aucun programme de qualification ne peut être suggéré tant qu'on ne sait pas de quoi on dispose actuellement en matière de main-d'œuvre qualifiée et qu'on ignore quelle sera l'évolution de cette dernière. L'avancée technologique en Tunisie et les secteurs industriels qui sont indirectement liés à la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique auront besoin de personnel qualifié dans tous les secteurs économiques.

Pour réussir sur les marchés internationaux, les produits doivent être certifiés et doivent toujours répondre à des normes strictes de qualité. Pour les procédures de certification, de nouvelles qualifications dans le secteur des services doivent être adoptées conformément aux normes internationales. Ces dispositions permettraient à leur tour de créer des opportunités de qualification dans le secteur tertiaire. Il est conseillé d'assurer la formation avec des sociétés internationales et selon des normes internationales. Il est possible de prévoir des programmes d'échanges avec les institutions concernées, par exemple, dans les pays européens.

Plus la part de l'énergie éolienne est grande, plus les services de prévision du gisement éolien seront importants. Pour ces services, les qualifications sont diversifiées (diplômes universitaires en météorologie, statisticiens et techniciens). Encore une fois, les expériences des pays européens et la coopération avec les sociétés européennes ne peuvent être qu'utiles pour mette en place les programmes nécessaires.

6.3 Politique de soutien et financement des énergies renouvelables

Le Plan solaire tunisien n'est pas très détaillé au niveau des aspects financiers, notamment pour la période qui va au-delà de 2016. En plus du financement et de l'appui assurés par le FNME (Fonds national de maîtrise de l'énergie), un cofinancement et un appui de la part de la Banque mondiale, de l'Union Européenne et de pays européens, d'autres financements internationaux en rapport avec le carbone et bien d'autres fonds internationaux sont prévus. Par conséquent, notre approche ne fait pas l'analyse des effets d'éviction des investissements alternatifs.

Les chauffe-eau solaires, les mesures d'isolation thermique et les installations PV dans les habitations privées peuvent devenir rentables dans un délai raisonnable (5-10 ans). Les chauffe-eau solaires permettent de faire des économies sur le coût d'autres sources d'eau chaude ; l'isolation thermique et l'électricité PV peuvent contribuer, en grande partie, à faire baisser les coûts de la climatisation. Pour l'isolation, cela s'explique par le fait que les besoins en climatisation baissent et pour l'électricité PV cela s'explique par le fait qu'une production élevée d'électricité est le corollaire d'une forte demande de climatisation. Toutefois, l'incitation dépend des prix de l'électricité dans l'avenir. La production d'électricité PV aux heures de pointe en milieu de journée aidera également à équilibrer la charge sur le réseau. Cela peut inciter la STEG à soutenir, dans une certaine mesure, la production individuelle d'électricité PV. Ces trois technologies n'ont besoin de crédits à des conditions raisonnables que pour l'investissement initial comme, par exemple, le programme PROSOL qui existe déjà pour les chauffe-eau solaires, le programme PROSOL-Elec pour le PV, ou le programme PROMO-ISOL qui a été proposé pour l'isolation thermique des toits.

La certification des produits peut améliorer les chances d'aller sur les marchés internationaux et notamment sur les marchés qui connaissent une forte concurrence de la part de la Chine et autres pays asiatiques. Cette certification peut être faite conformément à des normes internationales ou en élaborant des certificats spécialement conçus pour les besoins d'une région donnée (par exemple, les chauffe-eau solaires dans la région MENA pourraient nécessiter des normes techniques spécifiques à cause des conditions climatiques différentes de celles qui règnent en Allemagne ou en Chine, etc.).

L'expérience capitalisée grâce à la production dans des pays ayant des exigences en termes de contenu local montre que les investisseurs ont besoin de se fier aux normes de qualité des pays respectifs. En Chine, la production automobile dépense beaucoup d'argent pour assurer la conformité de cette production aux normes de qualité. Si des normes européennes ou internationales étaient appliquées, les exigences de contenu local deviendraient beaucoup plus faciles à respecter. Une analyse plus approfondie doit être effectuée sur les certificats existants applicables aux technologies en question ainsi qu'aux qualifications respectives des autorités de contrôle.

Le développement continu des énergies renouvelables est favorable aux perspectives d'emploi. Les grands projets d'infrastructure tels que les parcs éoliens mènent souvent vers des voies discontinues d'investissement. En termes d'emploi, les stratégies de qualification nécessitent un développement continu sinon elles perdent leur efficacité et risquent de décevoir la main-d'œuvre bien qualifiée.

Le deuxième volet du PST, c'est-à-dire l'efficacité énergétique, a besoin de stratégies d'information pour les ménages, les entreprises et les services. Les avantages à long terme des équipements efficaces doivent être expliqués aux consommateurs. Le conseil, la labellisation et les campagnes en faveur de l'efficacité énergétique constituent le minimum nécessaire pour la réussite des efforts consentis en faveur de cette dernière. Encore faut-il répéter et rappeler que les gains futurs à tirer de l'efficacité énergétique dépendent du système de tarification.

BIBLIOGRAPHIE

Agama, 2003. *Employment Potential of Renewable Energy in South Africa*. Study prepared for The Sustainable Energy and Climate Change Partnership: Johannesburg. Constantia.

APPA, 2009. *Study of the Macroeconomic Impact of Renewable Energies in Spain*. ed. Spanish Renewable Energy Association (APPA): elaborated by Deloitte.

Black & Veatch, 2004. *Economic Impact of Renewable Energy in Pennsylvania*. Report to Community Foundation for the Alleghenies and Heinz Endowments: Overland Park, Kansas.

Delphi, 2007. *Situational Analysis of the Canadian Renewable Energy Sector with a Focus on Human Resource Issues.* Final Report prepared by The Delphi Group for the Human Resources and Social Development: Canada.

DTI, 2004. *Renewable Supply Chain Gap Analysis*. Department of Trade and Industry: (ed.) London.

EPIA, 2009. *Solar Photovoltaic Employment in Europe: PV employment.* EPIA, WIP, Uni Flensburg, NTUA.

EPRI, 2001. *California Renewable Technology Market and Benefits Assessment*. Electric Power Research Institute: Palo Alto.

European Commission, 2011. *Communication from the Commission to the European Parliament and the Council, Renewable Energy: Progressing towards the 2020 target*: SEC(2011) 129 final, SEC(2011) 130 final, SEC(2011) 131 final.

Eurostat et al, 2001. *Tourism Satellite Account: Recommended Methodological Framework*. Eurostat, OECD, WTO, UN: Luxembourg, Madrid, New York, Paris.

Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU in German), 2010. *Re-newably employed: Short- and long-term impacts of the expansion of renewable energy on the German labour market*. Berlin.

FEMISE, 2010. *L'insertion des jeunes diplômés et le rendement des investissements dans l'enseignement supérieur.* Cas du Maroc et de la Tunisie. FEMISE research programme 2008–2009. Research n°FEM33-24, directed by Fayçal Lakhoua, IACE: Tunisia.

GIZ/Action, 2011. *Identification des besoins en formation dans le domaine de la maîtrise de l'énergie.*

Haas et al, 2006. *Technologien zur Nutzung Erneuerbarer Energieträger – wirtschaftliche Bedeutung für Österreich*. EEG, TU Wien, R. Haas, T. Biermyr, L. Kranzl.

Heavner/Churchill, 2002. *Renewables Work: Job Growth from Renewable Energy Development in California*. CALPIRG Charitable Trust: Sacramento.

Huber et al, 2004. *Green-X – Deriving optimal promotion strategies for increasing the share of RES-E in a dynamic European electricity market*. Final report, Energy Economics Group (EEG): Vienna University of Technology

ISI et al, 2010. *Einzel- und gesamtwirtschaftliche Analyse von Kosten- und Nutzenwirkungen des Ausbaus Erneuerbarer Energien im deutschen Strom- und Wärmemarkt*. Fh-ISI, GWS, DIW, IZES; B. Breitschopf, M. Klobasa, F. Sensfuß, J. Steinbach, M. Ragwitz, U. Lehr, J. Horst, U. Hauser, J. Diekmann, F. Braun, M. Horn.

Kammen et al, 2004, update 2006 (RAEL 2004). *Putting Renewables to work: How many jobs can the clean energy industry generate?*

Kratzat, M., Lehr, U., 2007. *International Workshop on 'Renewable Energies: employment effects'.* Models, discussions and results.

Lantz, 2009. *Economic Development Benefits from Wind Power in Nebraska: A Report for the Nebraska Energy Office*. National Renewable Energy Laboratory: Golden, Colorado.

Lehr et al, 2008. *Renewable energy and employment in Germany.* Energy Policy 36 (2008) 108-117.

Lehr et al, 2011. *Kurz- und langfristige Auswirkungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien auf den deutschen Arbeitsmarkt (short- and long-term impacts of RE deployment on the German job market).* U. Lehr, C. Lutz, D. Edler, M. O'Sullivan, K. Nienhaus, S. Simon, J. Nitsch, B. Breitschopf, P. Bickel, M. Ottmüller: GWS, DIW, Fh-ISI, ZSW.

Lehr, U., Lutz, C., Edler, D.,2012. *Green Jobs? Economic impacts of renewable energy in Germany.* Journal of Energy Policy: DOI:10.1016/j.enpol.2012.04.076

Loomis/Hinman, 2009. *Wind Energy Development in Illinois*. Center for Renewable Energy: Illinois State University.

Miller, R.E., Blair, P.D., 2009. *Input-output analysis – Foundations and extensions*. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press.

Moreno/Lopez, 2008. *The effect of renewable energy on employment. The case of Asturias (Spain).* In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12 (2008) 732–751.

OECD, 1999. *The Environmental Goods and Services Industry: Manual for Data Collection and Analysis*. Paris.

Openshaw, 2010. *Biomass energy: Employment generation and its contribution to poverty alleviation*. Biomass and Bioenergy 34 (2010) 365–378.

Pembina Institute, 2004. *Canadian Renewable Electricity Development: Employment Impacts*. Prepared by Pembina Institute for the Clean Air Renewable Energy Coalition.

Pfaffenberger et al, 2003 (BEI 2003). *Ermittlung der Arbeitsplätze und Beschäftigungswirkungen im Bereich EE (Assessment of jobs and employment by using RE).*

Pfaffenberger, W., 1995. *Employment effects of energy systems, expertise.* 1st ed. Frankfurt am Main, Verl.- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizit*ätswerke VWEW, Energiewirtschaf*tliche Studien.

Ragwitz et al, 2009. *Impact of Renewable Energy policy on economic growth and employment in the EU (Employ-RES).* Contractor: DG TREN.

Ratliff et al, 2010. *An Analysis of State-Level Economic Impacts from the Development of Wind Power Plants in San Juan County, Utah.* Prepared for the US Department of Energy.

Rothengatter W., Schaffer A., 2008. *Macro compact. Basics of macro economics*, 2nd ed., Physica Verlag Heidelberg: Heidelberg.

Rutowitz/Atherton, 2009. *Energy sector jobs to 2030: a global analysis.* Prepared for Greenpeace International by the Institute for Sustainable Futures:Sydney. University of Technology.

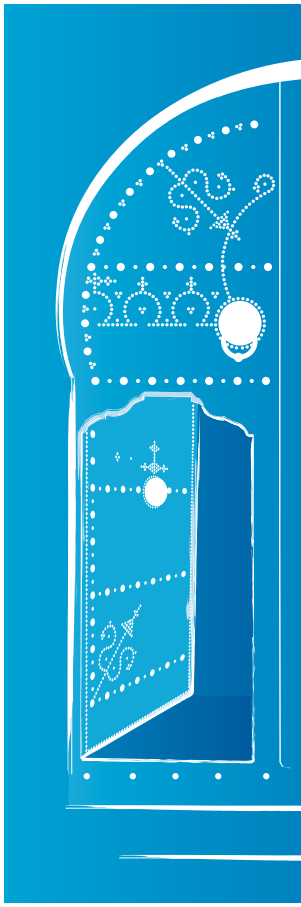
Singh/Fehrs, 2001. *The work that goes into renewable energy.* Renewable Energy Policy Project, Research report No. 13: Washington D.C.

Staiß et al, 2006. *Renewable Energies: Employment effects.* editor: BMU.

UBA, 2003. *Systematische Analyse der Eigenschaften von Energiemodellen im Hinblick auf ihre Eignung für möglichst praktische Politikberatung zur Fortentwicklung der Klimaschutzstrategie.*Umweltbundesamt.

Wei et al, 2010. *Putting renewables and energy efficiency to work: How many jobs can the clean energy industry generate in the US*? Energy Policy 38 (2010) 919–913.

Weiss et al, 2003. *Wirtschaftsfaktor Sonnenenergie*. AEE INTEC, by order of Ministry of Transportation, Innovation and Technology: Austria.



Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Bureau de la GIZ à Tunis
Le Grand Boulevard de la Corniche
Immeuble le Grand Boulevard
Les Berges du Lac II
Tunis
Tunisie
T +216 71 967 220
F +216 71 967 227
E GIZ-Tunesien@giz.de
I www.giz.de