



# ÉNERGIES RENOUVELABLES ET EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE EN TUNISIE

## EMPLOI, QUALIFICATION ET EFFETS ÉCONOMIQUES

Nouveaux cadres – Nouveaux résultats

Septembre 2016



Publié par :

**giz** Deutsche Gesellschaft  
für Internationale  
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

**Publié par:****Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5

65760 Eschborn, Germany

E : info@giz.de

I : www.giz.de

**Financé par :****Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (BMZ)****Responsable :****Projet régional RE-ACTIVATE** : « Promotion de l'emploi à travers les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique dans la région MENA »

Steffen Erdle, Chef de Projet – E : steffen.erdle@giz.de

Martin L. Bader, Conseiller technique – E : martin.bader@giz.de

**Titre :****« Énergies renouvelables et efficacité énergétique en Tunisie – emploi, qualification et effets économiques – Nouveaux cadres, nouveaux résultats »** (Septembre 2016)**Auteurs :****Ulrike Lehr, Anke Mönnig** - Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforchung (GWS) mbH**Ghazi Ben Salem, Rafik Missaoui** – Bureau d'études ALCOR, Tunis**Sami Marrouki** – Bureau d'études Eco-Ser, Tunis**Page de couverture** : Région MENA (RE-ACTIVATE) (*de gauche à droite*) : 1. Un opérateur en train d'installer des capteurs solaires photovoltaïques. © GIZ RE-ACTIVATE. / 2. Un utilisateur visualise un système de monitoring de consommation d'énergie. © Shutterstock. / 3. Un technicien coordonne le montage d'un stator. © Enercon GmbH. / 4. Des ouvriers en repérage sur un chantier. © GIZ Mosques vertes.**Tunis, Septembre 2016**



---

## **TABLE DES MATIÈRES**

---

TABLE DES MATIÈRES .....	i
LISTE DES SCHÉMAS.....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES ABRÉVIATIONS .....	vii
AVANT-PROPOS .....	1
SOMMAIRE EXÉCUTIF.....	2
INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	8
Partie I Mesures, méthodes et expériences régionales .....	10
1 Introduction.....	11
2 Mesure de l'emploi – concepts et définitions .....	12
2.1 Les emplois directs et indirects : La création d'emploi nette et brute .....	12
2.2 Méthodes .....	14
2.3 Méthodologie de la présente étude .....	21
3 Résultats à l'international et expériences régionales.....	23
3.1 Résultats globaux, Ex-post et ex-ante .....	23
3.2 Résultats des pays non industrialisés et des économies émergentes .....	25
3.2.1 Afrique du Sud .....	25
3.2.2 Chine .....	26
3.2.3 MENA et CCG .....	27
4 Conclusions .....	30
Partie II Expérience tunisienne en matière d'EE et d'ER et impacts sur l'emploi .....	31
1 Introduction.....	32
2 Situation énergétique à l'échelle nationale .....	34
2.1 Evolution du bilan énergétique à l'échelle nationale .....	36
2.2 Dépendance aux importations d'énergies fossiles .....	37
2.3 Vers une nouvelle politique de transition énergétique.....	37
2.3.1 Une politique orientée vers l'efficacité énergétique.....	37
2.3.2 Nouvelle politique de transition énergétique.....	39
3 Evaluation du marché des biens et des services dans le domaine de la maîtrise de l'énergie .....	42

3.1	Marché du solaire thermique .....	42
3.1.1	Secteur résidentiel.....	42
3.1.2	Secteur tertiaire .....	45
3.2	Marché du solaire photovoltaïque.....	46
3.3	Marché de l'éolien.....	48
3.4	Audits énergétiques et contrats-programmes (CP) .....	49
3.5	Marché de la cogénération .....	51
4	Evaluation des emplois créés .....	52
4.1	Approche méthodologique.....	52
4.2	Caractérisation des emplois directs .....	52
4.3	Evaluation des emplois directs actuels.....	54
4.3.1	Solaire thermique- secteur résidentiel.....	56
4.3.2	Solaire thermique- secteur tertiaire.....	58
4.3.3	Solaire photovoltaïque .....	58
4.3.4	Filière éolienne.....	59
4.3.5	Audits énergétiques et contrats-programmes.....	60
4.3.6	Efficacité énergétique dans les bâtiments .....	61
4.3.7	Cogénération.....	61
4.3.8	Bancs de diagnostic des moteurs de véhicules.....	62
4.3.9	Equipements économes en énergie.....	62
4.3.10	Activités transversales .....	63
5.	Conclusions .....	64
Partie III Future création d'emploi à partir des ER et de l'EE en Tunisie .....		66
1	Modéliser la création d'emploi à partir des ER et de l'EE .....	67
2	Scénario efficacité énergétique et énergies renouvelables en Tunisie .....	71
2.1	Cadre général.....	71
2.2	Quantification des capacités installées, de l'énergie économisée et des investissements.....	72
2.3	Exploitation et Maintenance.....	74
2.4	Autres hypothèses – production locale et opportunités à l'export.....	75
2.4.1	La production locale et les importations.....	75

2.4.2	Opportunités à l'export .....	79
2.5	Aperçu général du scénario .....	81
3	Résultats de l'étude.....	83
3.1	Effets macro .....	83
3.1.1	Création d'emploi engendrée par le scénario EE/ER.....	83
3.1.2	Le PIB et ses composantes dans le scénario EE/ER .....	84
3.2	Effets structurels .....	85
4	Analyses de sensibilité .....	87
4.1	Intégration plus importante du PV .....	87
4.2	Nouveaux emplois créés à partir de chacune des technologies.....	88
4.2.1	Création d'emploi engendrée seulement par l'énergie éolienne .....	88
4.2.2	Création d'emploi via les investissements pour la production d'électricité à partir du PV .....	89
4.2.3	Création d'emploi via les investissements dans les chauffe-eau solaires thermiques.....	90
4.2.4	Création d'emploi à partir des investissements dans l'EE.....	91
4.2.5	Création d'emploi par unité monétaire .....	93
5	Résumé et perspectives .....	94
6	Références.....	96

---

## **LISTE DES SCHÉMAS**

---

Figure 1 : Scénarios d'évolution de la demande en énergie de la Tunisie .....	3
Figure 2: Variation de l'intensité de l'énergie primaire en Tunisie .....	4
Figure 3: Evolution de la structure du parc installé des énergies renouvelables selon les technologies .....	5
Figure 4 : Les phases de la Chaine de Valeur des systèmes ER .....	15
Figure 5 : Analyse Entrées-Sorties .....	18
Figure 6: Impacts économiques de l'expansion des ER.....	19
Figure 7: Impacts économiques de l'expansion de l'EE .....	20
Figure 8 : Énergies renouvelables et emplois (2013-2016) dans certains pays.....	24
Figure 9: Consommation d'énergie primaire par habitant.....	34
Figure 10: Consommation d'énergie primaire par produit .....	35
Figure 11: Consommation d'énergie finale.....	35
Figure 12: Ressources nationales et consommation d'énergie primaire .....	36
Figure 13: Evolution de l'intensité d'énergie primaire en Tunisie .....	38
Figure 14: Surface cumulée des capteurs solaires .....	43
Figure 15: Evolution du marché du CES en fonction des mesures appliquées .....	44
Figure 16: Puissance PV cumulée installée en Tunisie - Toits solaires .....	47
Figure 17: Evolution de l'activité des audits et des contrats programme .....	50
Figure 18: Nombre d'audits et de contrats programme par secteur - 2011-2015 .....	50
Figure 19: Puissance cumulée de cogénération installée .....	51
Figure 20: Evolution des emplois créés par les programmes ER .....	55
Figure 21: Evolution des emplois créés par les programmes EE.....	55
Figure 22: Répartition des emplois créés par les programmes ER/EE par type d'activité	56
Figure 23: Evolution des emplois créés par le programme PROSOL résidentiel.....	57
Figure 24: Evolution des emplois créés par le programme PROSOL ELEC .....	59
Figure 25: Evolution des emplois créés par les activités d'audits et de contrats programme.....	60
Figure 26: Facteur économique de création d'emploi des différentes activités (2014) .	64
Figure 27: Le modèle et les moteurs de la création d'emploi .....	68
Figure 28: La comparaison des prévisions du PIB par l'Institut national de la Statistique de la Tunisie (e3_12.tn et e3_16.tn) caractérise les modélisations de GIZ 2012 et de la présente étude .....	70

Figure 29 : La CPDN de la Tunisie - ER & EE .....	71
Figure 30: Evolution des investissements dans les systèmes ER, en millions de TND-2011.....	72
Figure 31: Différence dans l'investissement annuel comparé à Lehr et al., 2012 en millions de TND .....	73
Figure 32: Coûts d'exploitation et de maintenance des technologies ER, millions de TND	75
Figure 33: Exportations totales par technologie, en millions de TND2011 .....	80
Figure 34: Emplois additionnels par milliers de personnes engendrés par le scénario EE/ER.....	83
Figure 35: Développement du PIB réel - Différence par rapport au scénario de base...	84
Figure 36 : Emplois par secteur (construction exclue) dans le S1 EE + ER.....	85
Figure 37: Création d'emploi (par milliers de personnes) résultant d'une plus importante intégration du PV. Différence par rapport au scénario EE/ER .....	87
Figure 38: Création d'emploi durant la planification, l'installation, la production et l'E&M	89
Figure 39: Création d'emploi durant la planification, l'installation, la production et l'E&M pour l'énergie PV [emplois à plein temps].....	90
Figure 40: Création d'emploi durant la planification, l'installation, la production et l'E&M des CES [emplois à plein temps] .....	91
Figure 41: Effets sur la création d'emploi et la valeur ajoutée de l'isolation thermique	92
Figure 42: Création d'emploi durant la planification, l'installation, la production et l'E&M de l'EE Emplois dérivés des investissements EE dans les bâtiments.....	92
Figure 43: Créations d'emploi engendrées par les investissements en millions de TND	93

---

## **LISTE DES TABLEAUX**

---

Tableau 1: Top 10 PV fabricants .....	26
Tableau 2: Axes de la politique de transition énergétique en Tunisie .....	40
Tableau 3: Marché du CES dans le secteur résidentiel (PROSOL, 2010-2015).....	45
Tableau 4: Marché du solaire thermique dans le secteur tertiaire (2010-2015) .....	46
Tableau 5: Marché PV (PROSOL Elec) .....	48
Tableau 6: Classification des types d'emplois par technologie .....	53
Tableau 7: Classification et nombre d'emplois créés par type d'activité .....	54
Tableau 8: Facteurs de création d'emploi - PROSOL résidentiel .....	57
Tableau 9: Facteurs de création d'emploi - PROSOL tertiaire .....	58
Tableau 10: Facteurs de création d'emploi - PROSOL Elec .....	58
Tableau 11: Facteurs de création d'emploi – EE dans les bâtiments .....	61
Tableau 12: Facteur de création d'emploi dans la cogénération .....	62
Tableau 13: Données mises à jour pour le modèle e3.tn_16.....	69
Tableau 14: Quotas d'importation d'une sélection de secteurs industriels.....	76
Tableau 15: Importation de systèmes complets ER et EE, en % du total investissement	77
Tableau 16: Exportation des systèmes ER, en % du total des investissements .....	79
Tableau 17: Scénario des entrées et des investissements selon chacune des différentes activités ER et EE.....	81

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

AMEE	Agence marocaine de l'efficacité énergétique (AMEE) (ex-ADEREE) (Maroc)
ANME	Agence nationale pour la maîtrise de l'énergie (National Agency for Energy Conservation) (Tunisie)
BAD / ADB	Banque africaine de Développement (African Development Bank)
CCG	Conseil de Coopération du Golfe
CES / SWH	Chauffe-eau solaire (Solar Water Heater)
COP	Conférence des Parties
CPDN / INDC	Contribution prévue déterminée au niveau national
CSP	Concentrated Solar Plant
EE / EE	Efficacité énergétique (Energy Efficiency)
ER / RE	Énergies renouvelables (Renewable Energy)
ES / IO	Entrées – Sorties (Input – Output)
FNME/NFEC	Fonds national pour la Maîtrise de l'Énergie (National Fund for Energy Conservation) (Tunisie)
FTE / ETF	Fonds de Transition énergétique (Energy Transition Fund) (Tunisie)
GES	Gaz à effet de serre
IRENA	International Renewable Energy Agency (Agence internationale pour les énergies renouvelables)
ktep / ktoe	Kilotonnes équivalent pétrole (Kilotons of Oil Equivalent)
SIE	Société d'Investissements énergétiques (Maroc)
MTND	Million de dinars tunisiens (Million of Tunisian dinars)
MASEN	Moroccan Agency for Sustainable Energy (Agence marocaine de l'énergie durable)
mtep / mtoe	Mégatonne d'équivalent pétrole (Megaton of Oil Equivalent)
OEE	Obligations d'efficacité énergétique
R&D	Recherche et développement
PPP	Partenariat public-privé
PST	Plan solaire tunisien (Tunisian Solar Plan)
PV	Photovoltaïque
tep / toe	Tonne d'équivalent pétrole (Ton of Oil Equivalent)
TES / IOT	Tableau d'entrées et de sorties (Input Output Table)
TND	Dinar tunisien (Tunisian Dinar)
TVA	Taxe sur la valeur ajoutée
STEG	Société tunisienne de l'Electricité et du Gaz



---

## AVANT-PROPOS

---

Ce document constitue une actualisation de l'étude réalisée par la GIZ en 2011 sur « **Les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique en Tunisie : emplois, qualifications et effets économiques** », dans le cadre du **Projet régional RE-ACTIVATE - « Promotion de l'emploi à travers les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique dans la région MENA »** - de la **Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH**. Il met à jour les données retenues dans le cadre de la stratégie nationale à l'horizon 2030 ainsi que les résultats en termes d'impacts socio-économiques. A cet effet, ce document décrit sommairement le cadre général du secteur de l'énergie en Tunisie ainsi que les prévisions de la stratégie nationale de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Il identifie aussi les besoins des différentes chaînes de valeurs pour atteindre les objectifs globaux suivants :

- Réduction de la demande d'énergie primaire de 17% en 2020 et de 34% en 2030, par rapport au scénario tendanciel ;
- Forte progression de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité, pour atteindre 12% en 2020 et 30% en 2030.
- Appuis additionnels aux marchés des chauffe-eaux solaires (CES) et photovoltaïque (PV) pour atteindre respectivement 2,7 million de m<sup>2</sup> de capteur et 640 MW en 2030.
- L'industrialisation créative de valeur ajoutée et la création d'emploi dans la chaîne de valeur des technologies d'ER et d'EE.

Ces objectifs globaux sont aussi accompagnés par des objectifs spécifiques visant :

- Une bonne gouvernance et des réformes structurelles du secteur de l'énergie, mais plus particulièrement celui de la maîtrise de l'énergie ;
- Le passage d'une économie à faible coût vers une économie à forte valeur ajoutée et créatrice d'emplois ;
- Le développement humain et l'inclusion sociale ;
- Le développement régional basé, notamment, sur la valorisation des ressources locales et l'industrialisation dans les maillons opportuns des chaînes de valeurs.

Ce rapport est établi en référence aux documents stratégiques suivants :

- L'étude initiale élaborée par GWS-ALCOR-ECO.Ser pour le compte de la GIZ-ANME en 2011 ;
- Les questionnaires de collecte de données, notamment auprès de l'ANME ;
- La nouvelle édition du Plan solaire tunisien, publiée par l'ANME en décembre 2015 ;
- L'étude stratégique sur les énergies renouvelables, 2030 ;
- L'étude stratégique d'utilisation rationnelle de l'énergie, 2030 ;
- L'étude du mix électrique pour la Tunisie à l'horizon 2030 ;
- L'INDC de la Tunisie, présentée à la COP21, Paris, en décembre 2015.

Ce document présente une mise en contexte régionale et internationale, une description succincte du cadre général et de l'état des lieux des réalisations d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique en Tunisie, entre 2011 et 2015, ainsi qu'une évaluation des impacts socio-économiques de ces réalisations, notamment en matière de création d'emplois.

Dans une deuxième partie, il décrit de manière détaillée les efforts que la Tunisie souhaite consentir dans le futur, en vue de réduire son intensité énergétique, d'accroître la part des énergies renouvelables et d'atténuer la progression de ses émissions de gaz à effet de serre (GES). Dans cette partie, le document présente les perspectives de création d'emploi par les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique en Tunisie ainsi que des recommandations permettant

d'éclairer les décideurs sur les besoins d'ajustement et d'adaptation en vue de parvenir à ces objectifs.

---

## **SOMMAIRE EXÉCUTIF**

---

Durant la période allant de 1990 à 2012, l'évolution du bilan énergétique est la conjonction d'une consommation en croissance continue et d'une quasi-stagnation des ressources. En effet, la consommation d'énergie primaire a plus que doublé, passant de 4,5 mtep (millions de tep) en 1990 à environ 8,5 mtep en 2012, alors que la production d'hydrocarbures a connu une stagnation autour de 7 mtep sur la même période. La tendance à la hausse des besoins énergétiques et la stagnation des ressources ont induit un déficit énergétique structurant qui a atteint 1,6 mtep en 2012, 2.5 mtep en 2013 et dépasserait 4 mtep en 2015.

L'aggravation du déficit énergétique se traduit par une détérioration importante du taux d'indépendance énergétique - rapport entre la production nationale d'énergie primaire et sa consommation - qui a baissé de 120% en 1990 à 60% en 2013.

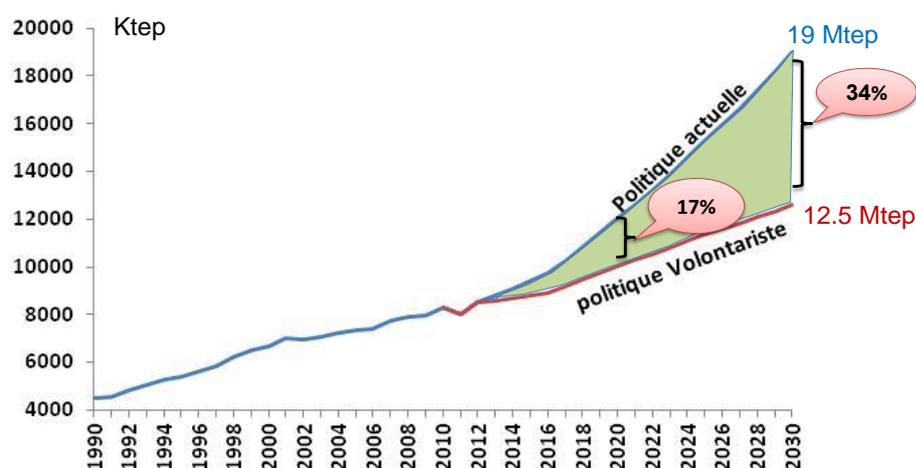
La transition énergétique dans laquelle s'est engagée la Tunisie depuis quelques années est imposée, en fait, par la raréfaction des ressources énergétiques nationales, l'augmentation de la demande en énergie et la maturité des technologies d'énergies renouvelables. Cette transition amène la Tunisie à développer un mix énergétique qui assurerait :

- La diversification des sources d'énergie ;
- La sécurisation de l'approvisionnement en produits énergétiques ;
- Une maîtrise des risques technologique et économique ;
- Une vision à long terme sur l'évolution des coûts de production.

Le scénario énergétique de référence - ou « Business as Usual » en anglais (BAU) - considère un prolongement des tendances actuelles, basé sur une baisse de l'intensité d'énergie primaire d'environ 1% par an. Pour le mix énergétique, le scénario prévoit essentiellement une plus grande pénétration du gaz naturel, qui passerait de 57% en 2010 à 67% en 2030. Pour les énergies renouvelables, leur part dans le bilan d'énergie primaire atteindrait 3% en 2030 dans le scénario de référence, contre 0,4% en 2010.

Le scénario volontariste prévoit, quant à lui, une baisse plus importante de l'intensité d'énergie primaire qui devrait décroître d'environ 2,5% par an en moyenne entre 2010 et 2030. Ceci engendrerait une économie de 17% en 2020 et de 34% en 2030 par rapport au scénario tendanciel.

Figure 1 : Scénarios d'évolution de la demande en énergie de la Tunisie



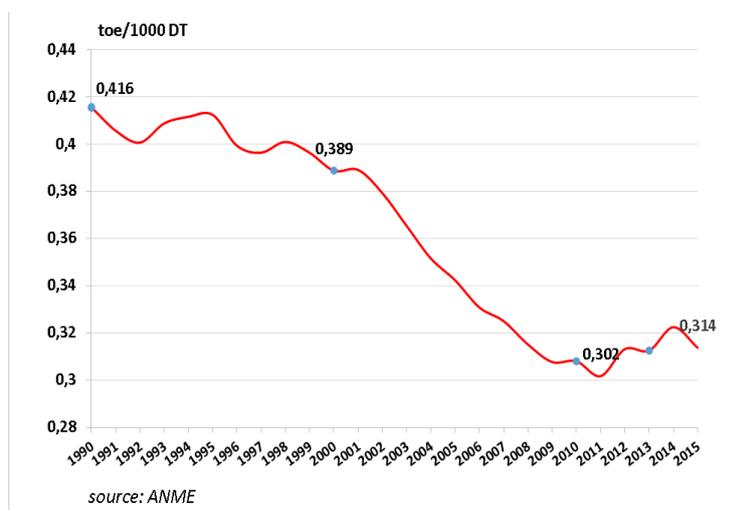
Jusque-là, la stratégie de la Tunisie en matière d'énergie a tenté, dans la limite du possible, de cadrer avec les principaux déterminants suivants :

- Le développement des ressources et des infrastructures énergétiques pour accroître l'offre ;
- Le renforcement de l'efficacité énergétique et l'Utilisation rationnelle de l'Énergie pour maîtriser la demande ;
- La diversification des ressources énergétiques pour sécuriser l'approvisionnement ;
- Le développement des énergies renouvelables pour améliorer la dépendance énergétique ;
- L'intensification de la recherche en hydrocarbures ;
- Le renforcement des interconnexions entre pays du Maghreb & Méditerranée ;
- La mise en place de réformes institutionnelles et budgétaires du secteur de l'énergie et sa réorganisation ;
- Le renforcement de la coopération maghrébine et internationale (formation, Recherche & Développement et transfert technologique).

Les résultats atteints au niveau du secteur sont assez mitigés. Le lancement de plusieurs programmes ambitieux dans ce domaine ont permis de réaliser des économies d'énergie et de baisser l'intensité énergétique du pays, en termes d'efficacité énergétique. Les réalisations étaient assez valorisantes :

- Le programme triennal de maîtrise de l'énergie 2005-2007, qui a permis d'économiser environ 800 ktep d'énergie primaire cumulée sur la période et 2.800 ktep sur la durée de vie des actions réalisées ;
- Le programme quadriennal de maîtrise de l'énergie 2008-2011 qui devrait permettre des économies d'énergie d'environ 3,2 mtep sur la période 2008-2011, soit environ 15 mtep sur toute la durée de vie des actions ;
- Ces efforts ont permis une baisse de l'intensité énergétique de 25% sur la période 1990-2015.

Figure 2: Variation de l'intensité de l'énergie primaire en Tunisie



En effet, la loi de maîtrise de l'énergie promulguée le 2 août 2004 et le Fonds national pour la Maîtrise de l'Énergie (FNME), créé en 2005 et actualisé en 2009, puis en 2015, ont constitué les deux fers de lance pour dynamiser le soutien des investissements en matière d'utilisation rationnelle de l'énergie.

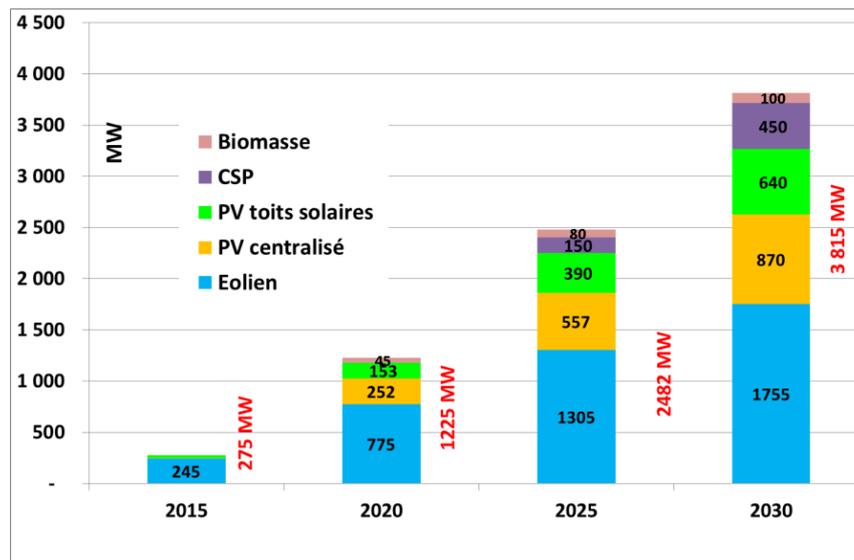
**En termes d'énergies renouvelables**, les réalisations sont assez timides. La part des ER dans la capacité de production n'a pas dépassé les 4% en fin 2015, provenant principalement des résultats suivants :

- 245 MW éolien réalisés par la STEG à Sidi Daoud, Metline et Aalia ;
- 63 MW d'hydroélectricité gérés par la STEG ;
- 25 MW de PV connectés au réseau STEG réalisés dans le cadre du programme PROSOL Elec, appuyé par le FNME ;
- 800.000 m<sup>2</sup> de CES, principalement réalisés dans le cadre du programme PROSOL thermique, appuyé par le FNME.

### Le Plan solaire tunisien

Le Plan solaire tunisien est venu catalyser le secteur et donner une poussée aux réalisations. Il vise à faire progresser significativement la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité, en la faisant passer à 4% en 2015, à 14% en 2020 et à 30% en 2030. Pour atteindre ces objectifs, une capacité d'environ 3.800 MW d'ER devrait être installée à l'horizon 2030 :

Figure 3: Evolution de la structure du parc installé des énergies renouvelables selon les technologies



Outre ces objectifs, le PST vise aussi à promouvoir le solaire thermique pour l'eau chaude sanitaire. L'objectif d'installation de chauffe-eau solaires est d'atteindre un parc installé d'environ 2,7 millions de m<sup>2</sup> de CES, soit 220 m<sup>2</sup> de capteurs par 1.000 habitants, en 2030, contre 73 en 2015.

### Énergies renouvelables, une nécessité plus qu'un choix

Les énergies renouvelables constituent un axe stratégique de la politique du Gouvernement tunisien pour le secteur de l'énergie, formulée par le Plan solaire tunisien et inscrite dans la Contribution prévue déterminée au niveau national (CPDN ou INDC en anglais). Cet axe permettra, selon le Ministère de l'Énergie et des Mines, de diversifier les sources de production d'électricité, de réaliser des économies d'énergie fossile, permettant de réduire la subvention au titre des produits pétroliers, mais aussi d'améliorer l'indépendance énergétique et la maîtrise de l'énergie, notamment en période de pointe, en faisant face aux besoins croissants en électricité.

### Des mesures stratégiques intégrées pour assurer la transition énergétique

La Tunisie s'est engagée, depuis 2013, dans un processus de transition énergétique basée sur des objectifs ambitieux de développement des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique. Elle a souhaité, à ce titre, mettre en place un plan ambitieux de développement des énergies renouvelables : Le Plan solaire tunisien dans le cadre du Plan solaire méditerranéen. Une première version a été préparée en 2009, puis actualisée en 2012. Compte tenu de l'évolution du contexte énergétique et politique du pays, il était nécessaire de mettre à jour le PST sur la base des discussions entre les différents acteurs clés du secteur. La version actualisée du Plan solaire tunisien, publiée en décembre 2015 par l'ANME et approuvée par le Conseil des Ministres le 13 juillet 2016, s'inscrit dans une vision de transition énergétique et économique vers une économie sobre en carbone basée sur deux choix majeurs :

- Une amélioration considérable de l'efficacité énergétique visant une meilleure maîtrise de la demande d'énergie ;
- Un recours substantiel aux énergies renouvelables, visant la diversification du mix énergétique pour la production d'électricité.

Ce plan permettra également, selon le Ministère de l'Énergie et des Mines, d'assurer la transition énergétique et d'encourager l'investissement dans le secteur des énergies renouvelables en respectant les objectifs de développement durable, en optant pour la décentralisation, et en donnant ainsi la priorité aux régions intérieures, s'accompagnant de création de postes d'emploi et d'intégration industrielle.

En outre, il est prévu que le Plan solaire tunisien permette une économie de 16 millions de tonnes en hydrocarbures et contribue à hauteur de 3.800 mégawatts dans la production électrique. La loi 12-2015, relative à la production d'électricité à partir des énergies renouvelables, devrait contribuer à la mise en œuvre des objectifs du Plan solaire tunisien. Elle stipule, en effet, deux systèmes d'exploitation. Le premier système est l'autorisation pour la consommation personnelle et la consommation locale plafonnée. Le second système est la concession pour la consommation locale et l'export, soumis à la concurrence.

La loi précitée est accompagnée également par des textes d'application régissant les conditions et les mesures de réalisation des projets de production et de vente d'électricité issue des énergies renouvelables, les cahiers des charges techniques pour le raccordement sur les réseaux BT-MT-HT (basse, moyenne et haute tension) et, enfin, les contrats de vente de l'électricité à la Société tunisienne de l'électricité et du gaz (STEG).

Actuellement, le Ministère de l'Énergie et des Mines est en train de préparer l'étude annuelle pour la fixation des capacités à monter et à classer selon le type de technologie et de système adopté (approbation, autorisation ou concession). Il s'agit aussi de fixer les tarifs d'achat de l'électricité produite dans le cadre du système d'autorisation. Le ministère prépare également un guide des procédures pour le comité technique chargé du projet - qui sera créé prochainement - et un second guide pour l'investisseur. Le ministère prévoit aussi la création d'une institution spécialisée dans le règlement des litiges avec la présidence d'un juge.

Ajoutons à cela la préparation et la publication des appels d'offres et l'appel à manifestation d'intérêt. Selon le ministère, il s'agit aussi de préparer le Plan national pour l'énergie électrique produite à partir des énergies renouvelables et d'approuver les incitations octroyées dans le cadre du fonds de transition énergétique.

Selon les déclarations de M. Mongi Marzouk, Ministre de l'Énergie et des Mines, à la conférence de presse organisée le 14 juillet 2016 à la Kasbah, " *Le Ministère de l'Énergie et des Mines a préparé les textes juridiques pour la loi 12-2015 concernant la production électrique à partir des énergies renouvelables, dans le cadre des préparatifs pour l'exécution du Plan solaire tunisien. Le Conseil des ministres a approuvé, le mercredi 13 juillet 2016, ces textes qui concernent : le décret pour les procédures et les conditions de réalisation des projets de production électrique à partir des énergies renouvelables, les cahiers des charges pour les liaisons avec le réseau national électrique et les contrats-modèles pour la vente de l'électricité à la Société tunisienne de l'électricité et du gaz (STEG). Indiquons que le Plan solaire tunisien prévoit de fournir 12% de la production électrique des énergies renouvelables - solaire, éolienne et biomasse - en 2020 et 30% en 2030. Actuellement, le ministère prépare les étapes suivantes pour les capacités à monter et la fixation des tarifs d'achat de l'électricité et la préparation d'un guide de procédures et des appels d'offres ainsi que la composition d'un comité technique et une instance spécialisée et la préparation du plan quinquennal national des énergies renouvelables*".

## **Le cadre légal dédié à la production d'électricité à partir des énergies renouvelables**

Afin de soutenir ce choix stratégique, le Parlement tunisien a voté, en mai 2015, la loi-cadre sur la production d'électricité à partir des énergies renouvelables qui constituera l'outil réglementaire principal pour la mise en œuvre du PST. La loi prévoit trois domaines de production d'électricité à partir des énergies renouvelables, à savoir :

- L'autoproduction avec la possibilité de transport de l'électricité produite par le réseau national  
La production pour le marché local ;
- L'exportation de l'électricité renouvelable produite en Tunisie.

Pour cela, la réglementation prévoit trois régimes d'accès au marché :

- L'autoproduction à partir des énergies renouvelables ;
- La production pour la vente à la STEG en tant qu'acheteur unique, dans la limite d'un seuil de puissance ;
- Le système de concession par appel à la concurrence.

Pour la régulation du marché, la loi prévoit deux instruments importants :

- Le Plan national de production d'électricité à partir des énergies renouvelables, qui sera préparé par le Ministère en charge de l'Energie sur une période de 5 ans. Il prend en compte la capacité d'absorption du réseau et des ressources disponibles et définit le taux d'intégration minimum requis pour les projets d'énergies renouvelables ;
- La Commission technique pour la production d'électricité à partir des énergies renouvelables, dont la mission principale est de statuer sur les demandes d'autorisation pour les projets de production d'électricité renouvelable ainsi que l'attribution des concessions dans ce domaine.

Notre analyse montre que dans un cadre réglementaire avec des conditions appropriées, investir dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique en Tunisie va conduire à une augmentation des emplois qualifiés et durables. Des objectifs ambitieux pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique sont une condition nécessaire à la création d'emploi dans ces secteurs. Tout investisseur, qu'il soit national ou international, voudra un cadre réglementaire avec des conditions stables et fiables pour sécuriser des retours sur investissement. L'électricité produite à partir de sources renouvelables doit avoir un accès prioritaire au réseau pour qu'elle puisse être commercialisée par son producteur.

Les subventions et les crédits nécessaires doivent être sécurisés au fil du temps. Cela vaut autant pour les entreprises que pour les ménages privés qui doivent supporter des coûts additionnels initiaux, en particulier avec les technologies d'efficacité énergétique. Durant leurs cycles de vie, ces technologies qui « payent pour elles-mêmes » se distinguent par leurs effets induits de recoupement des investissements grâce aux économies d'énergie engendrées.

Les programmes de maîtrise de l'énergie, tant pour l'efficacité énergétique que pour le déploiement des énergies renouvelables et les investissements associés, peuvent avoir un impact très positif sur l'emploi et le développement socio-économique en général. L'investissement public, via les programmes sectoriels d'appui à la main d'œuvre, contribue significativement à la création d'emploi.

Le nombre d'emplois directs créés en Tunisie à fin 2015 grâce aux programmes liés à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables est estimé à près de 3.000 emplois, dont 67% sont générés par les programmes du PROSOL dans le domaine solaire (thermique et photovoltaïque) dans le secteur résidentiel. Avec les activités horizontales, le nombre d'emplois créés est estimé au total à environ 4.000. Le scénario, appelé EE&ER (Efficacité énergétique et Energies renouvelables), simulé avec les données de la Tunisie et la structure donnée, conduirait à plus de 25.000 emplois supplémentaires en Tunisie à l'horizon 2030.

---

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

---

Le Plan solaire tunisien (PST), également appelé Objectifs 30/30 de la Tunisie, a été développé ces dix dernières années - à commencer par la Loi n° 2004-72, puis la Loi n° 2009-7, et, l'année 2015, la Loi n° 2015-12 avec ses décrets d'application en 2016. Ce cadre a ouvert d'énormes opportunités pour participer au mix énergétique, que ce soit pour les ménages, à travers le recours au solaire thermique et au photovoltaïque, ou en termes d'amélioration de l'efficacité énergétique, ou pour les entreprises, avec l'autoproduction d'électricité à partir des énergies renouvelables.

Non seulement ces réformes législatives ont entraîné des évolutions positives du mix énergétique, mais elles ont également engendré, par ailleurs, des possibilités de création de nouveaux emplois, ce qui contribue doublement au développement durable de la Tunisie.

Les effets économiques de la version 2009 du PST ont été analysés de façon approfondie dans une étude commandée par la GIZ et publiée en 2012 (dans la suite citée comme « GIZ 2012 »). Ces effets devraient augmenter, dans la mesure où l'évaluation de la demande en termes de programmes énergétiques lancés par l'ANME dans la période 2000-2012 a identifié une diminution de l'intensité énergétique primaire de 2 % par an.

Depuis cela, beaucoup de paramètres ont changé. L'Agence nationale pour la Maîtrise de l'Énergie (ANME) a commandé une série d'études sur l'avenir du secteur énergétique, pour cartographier les orientations stratégiques et fixer des objectifs ambitieux pour le développement des énergies renouvelables et la réduction de la demande énergétique. Ces études, qui ont fait l'objet d'une large consultation, ont mis l'accent sur l'utilisation rationnelle de l'énergie, le développement des énergies renouvelables, le mix énergétique pour la production d'électricité et, éventuellement, la mise à jour du Plan solaire tunisien. Ce processus a conduit à l'élaboration d'un plan d'action national pour la période 2015-2020.

Les deux principales composantes en sont l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables. Dans le détail, la nouvelle stratégie énergétique vise les objectifs suivants :

- Une diminution de la demande d'énergie primaire de 17 % d'ici à 2020 et de 34 % d'ici à 2030;
- Une forte croissance de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité, pour atteindre 12% en 2020 et 30 % d'ici à 2030 ;
- Un soutien continu du marché du CES, pour atteindre 2,7 millions de m<sup>2</sup> d'ici à 2030.

L'objectif d'une part de 30 % d'énergies renouvelables dans la production d'électricité d'ici à 2030 conduit à un investissement annuel remarquable. L'ANME a également défini un plan d'action pour l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables pour la période 2015-2020, permettant d'offrir une perspective de court terme pour la transition énergétique, parce qu'assez souvent, les perspectives à long terme ont tendance à être reportées à un avenir plus lointain.

Le Plan solaire tunisien a pour objectif d'augmenter la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité, en passant de 4 % actuellement à 12 % en 2020 et 30 % en 2030. Pour atteindre ces objectifs, une capacité d'environ 3.800 MW d'énergies renouvelables doit être installée à l'horizon 2030.

A l'échelle globale, les énergies renouvelables ont connu une croissance et un déploiement sans précédent, avec, également, des baisses de prix spectaculaires. Les analyses traitant des effets sur

l'emploi couvrent maintenant davantage de pays et sont devenues plus précises. De même, les effets sur l'emploi le long de la chaîne de valeur sont beaucoup mieux appréhendés.

Directement après les changements qui ont suivi la révolution de 2011, la Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, dans le cadre de son projet « *Promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Tunisie* », financé par le Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ), a commandé une étude au groupement GWS (Osnabrück) et Alcor (Tunis) sur les bénéfices en termes d'emploi passés, présents et futurs résultant du déploiement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique en Tunisie.

Beaucoup de choses ont changé depuis. La reprise économique a pris plus longtemps que prévu et les projections de croissance sont moins assurées qu'en 2011. Cela affecte la situation du marché du travail, et pas pour le mieux. Plus que jamais, la création d'emploi est un sujet pertinent dans le débat politique en Tunisie. En conséquence, la GIZ, via le projet régional RE-ACTIVATE « *Promotion de l'emploi à travers les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique dans la région MENA* », a commandé une mise à jour de l'étude précédente. Les résultats sont restitués dans le corps de la présente étude.

# **Partie I**

## **Mesures, méthodes et expériences régionales**

# 1 Introduction

Le « REN21 » (« The Renewable Energy Policy Network for the 21<sup>st</sup> Century » ou Réseau des Politiques d'Énergies renouvelables pour le 21<sup>ème</sup> siècle) a considéré 2015 comme « une année extraordinaire pour les énergies renouvelables, avec les plus grands ajouts de capacité globale jamais enregistrés à ce jour. » REN21 poursuit : « On estime que 147 gigawatts (GW) de capacité d'énergies renouvelables a été ajoutée en 2015, la plus forte augmentation annuelle jamais atteinte, tandis que la capacité de la chaleur à partir de sources renouvelable a augmenté d'environ 38 gigawatts thermique (GWth), et la production de biocarburants, au total, a également augmenté. Cette croissance est survenue malgré la chute des prix mondiaux des combustibles fossiles, la poursuite des politiques publiques de subventions aux combustibles fossiles, et d'autres défis auxquels sont confrontés les énergies renouvelables, y compris l'intégration de parts sans cesse croissantes d'énergie à partir de sources renouvelables, les évolutions des politiques énergétiques et l'instabilité politique, les obstacles réglementaires et les contraintes fiscales et budgétaires ».

Au-delà des principaux objectifs des énergies renouvelables, qui sont la fourniture d'une électricité propre, de même pour la chaleur, ainsi que le refroidissement et les carburants pour le transport, les ER contribuent de plus en plus à la croissance économique et l'emploi dans plusieurs régions du monde. L'International Renewable Energy Agency (Agence internationale des Énergies renouvelables - IRENA) a commencé en 2013, en prélude à la première conférence internationale sur les énergies renouvelables et l'emploi « International Renewables and Jobs Conference », tenue à Abu Dhabi en Janvier 2014, a publié ses propres estimations sur l'emploi global dans les énergies renouvelables. La dernière édition (IRENA 2016) annonce 8,1 millions d'emplois dans le secteur des énergies renouvelables.

La transition vers un système énergétique plus respectueux du climat, cependant, ne comprend pas l'unique nécessité d'adopter un virage vers les énergies renouvelables. Le deuxième pilier, souvent négligé, mais néanmoins tout aussi important de cette transition, est l'efficacité énergétique. Les effets économiques de l'efficacité énergétique restent moins étudiés et moins publiés, et font l'objet de moins de lobbying. Une agence internationale pour l'efficacité énergétique pourrait voir le jour dans un proche avenir. En termes d'impacts économiques, cependant, l'efficacité énergétique est une activité plus prometteuse, parce que sur la durée, les bénéfices résultants de l'énergie économisée permettent souvent de couvrir les coûts des mesures engagées pour l'efficacité énergétique, ce qui engendre des impacts économiques de plus en plus positifs ainsi que la création d'un nombre sans cesse croissant de nouveaux emplois dans les secteurs recourant à l'efficacité énergétique.

Les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique sont des activités économiques intersectorielles et concernent tous les secteurs économiques. Pour mesurer la création d'emploi de ces activités, nous devons identifier les impacts respectifs sur les secteurs économiques, puis utiliser les outils économiques appropriés pour calculer les impacts sur le marché du travail.

Des progrès ont été réalisés sur ces questions dans les définitions, les méthodes et l'application aux pays en développement et dans la région depuis la dernière version de ce rapport (Lehr et al., 2012). Un bref aperçu et quelques exemples en sont donnés ci-après. Toutefois, les concepts de base restent les mêmes, et donc dans ce qui suit certaines parties coïncident avec les travaux antérieurs.

## **2 Mesure de l'emploi – concepts et définitions**

### **2.1 Les emplois directs et indirects : La création d'emploi nette et brute**

Afin de mieux comprendre le débat sur les effets sur la création d'emploi des politiques des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, un rappel de quelques définitions est nécessaire. La littérature fait référence à des termes tels que « l'emploi direct, l'emploi indirect et l'emploi induit », ainsi qu'aux termes « effets bruts et effets nets ».

L'emploi direct est le plus facile à mesurer et à comprendre. De la définition statistique, l'emploi direct, au sein d'un secteur économique industriel comme la fabrication, comprend toutes les personnes qui travaillent dans les entreprises qui se considèrent comme les fabricants. Les secteurs sont définis soit par les normes statistiques internationales ou par les bases de données internationales ou encore par les bureaux de statistiques locales qui collectent et fournissent ces données. Souvent, les niveaux d'agrégation varient entre les pays et la fréquence des mises à jour des données peut varier aussi.

Ni les énergies renouvelables (ER), ni l'efficacité énergétique (EE) ne sont définis comme un secteur économique à part entière dans toute statistique disponible. De plus, ils représentent des activités économiques transversales avec la part des ER et de l'EE qui doit être définie pour chaque secteur. L'identification et les problèmes respectifs à résoudre diffèrent entre les ER et l'EE et seront discutés ultérieurement.

La caractérisation et l'identification du secteur des ER nécessitent, dans un premier temps, une détermination des technologies à inclure dans la définition. Deuxièmement, les activités des ER sont cartographiées en référence aux activités industrielles dans lesquelles elles sont appliquées (pour plus de détails, voir Lehr et al., 2012 ou IEA-RETD, 2012).

Pour la première étape - l'énergie éolienne, le photovoltaïque pour la production d'électricité et de chaleur à partir du solaire thermique et la production d'énergie, de chaleur et d'électricité à partir des technologies récentes de biomasse, ainsi que l'énergie géothermique et maritime - font partie des sources d'énergies renouvelables essentielles.

Par contre, les grandes installations de production d'énergie hydroélectrique sont contestées, en partie parce que non considérée comme énergie « nouvelle » et en partie en raison de son potentiel de dégradation de l'environnement. L'hydrogène est généralement considéré comme ER quand les besoins en énergie pour sa production sont, seulement, couverts à partir de sources renouvelables. L'énergie produite à partir de l'incinération des déchets ou des gaz d'enfouissement peut être incluse dans le calcul. Les définitions diffèrent largement, ce qui rend souvent les comparaisons entre pays très difficiles.

Dans ce qui suit, nous avons inclus les technologies de base dans notre analyse. La deuxième source d'emploi direct à partir des énergies renouvelables se trouve dans la composante E&M - Exploitation & Maintenance (O & M – Opération & Maintenance) de l'ensemble de la chaîne de valeur de la filière ER. La composante E&M est en partie assurée par les mêmes entreprises qui construisent le système ER, alors que dans d'autres cas, d'autres secteurs économiques sont impliqués.

En revanche, l'identification du secteur de l'EE est plus difficile. L'efficacité augmente de manière autonome avec les progrès technologiques, à savoir qu'une machine plus récente tend à être plus performante en efficacité énergétique que l'ancienne machine qu'elle remplace. Une nouvelle voiture peut être plus efficace en termes de consommation de carburant, du moins par rapport à sa

puissance, sa taille, son poids ou sa capacité. Cependant, en ce qui concerne la consommation totale de carburant ou les émissions totales, cette augmentation autonome de l'efficacité ne suffit pas.

Des efforts supplémentaires sont nécessaires et ils sont à la base de cette étude et plusieurs autres dans la littérature telles que : AIE 2014, Lehr et al., 2016, ou Al Assad 2012, 2016. Toute efficacité supplémentaire nécessite une définition de la ligne de base par rapport à laquelle cette amélioration supplémentaire est comparée.

D'autre part, les activités d'efficacité énergétique sont transversales à tous les secteurs économiques : le secteur de la construction, les machines-outils produisant des équipements efficaces, les appareils électroménagers pour les ménages et pour les entreprises, etc. Les emplois associés à ces activités comptent comme emplois directs. Généralement, l'efficacité énergétique ne requiert pas le volet Exploitation & Maintenance (E&M).

L'emploi indirect comprend toutes les personnes qui travaillent dans des secteurs fournissant des intrants - en termes de matériaux, de composants et/ou de services – qui sont nécessaires à la production des ER et de l'EE ainsi que pour l'exploitation et la maintenance des installations d'énergies renouvelables. Tout processus industriel nécessite des intrants, soit à partir d'autres procédés industriels, comme des matières premières, soit à partir des secteurs liés aux services.

Ces intrants, à leur tour, nécessitent d'autres intrants, l'ensemble rentrant dans le cadre de ce qui est communément appelé « la chaîne de valeurs ». L'emploi indirect comprend l'ensemble de tous ceux qui sont employés dans les secteurs le long de la chaîne de valeur. La somme cumulée des deux catégories d'emplois directs et indirects dépend de la mesure dans laquelle la production des composantes des systèmes en question existe ou peut être réalisée par les opérateurs de l'industrie nationale ainsi que le degré auquel cette production est économiquement intégrée.

Dans les cas où des produits nécessaires pour satisfaire à la demande finale pour les ER et l'EE doivent être importés, alors la création de valeur se produit dans l'ensemble des activités de vente, des métiers requis dans l'installation, dans la planification et dans les services pendant la phase de l'exploitation et de la maintenance. Si la production nationale est concentrée essentiellement dans l'assemblage, il en découlera que la création de valeur locale sera alors limitée à ces niveaux, avec pour conséquence la génération d'un nombre relativement moindre d'emplois indirects.

La somme des emplois directs et indirects dans la production, l'exploitation et la maintenance des technologies ER, ainsi que dans l'installation et la production de technologies liées à l'EE, est souvent appelée *emploi brut*.

Comme les conclusions à propos des impacts positifs des ER & EE ont continué à augmenter et à se vulgariser, des voies critiques se sont élevées pour les contester, affirmant que ces conclusions ne prenaient en compte que les effets bruts sur l'emploi et ignoraient les impacts négatifs sur l'économie. Des appels se sont alors manifestés pour une analyse des effets nets.

Les impacts négatifs des augmentations des ER et de l'EE peuvent provenir de la hausse des prix relatifs, qui grèvent les budgets publics et privés, ou de la substitution de la chaleur conventionnelle ou de la production d'électricité, rendant les investissements préalables de production d'électricité obsolètes, avec la diminution des profits pour les entreprises du secteur conventionnel. Le calcul des effets nets repose souvent sur la comparaison des différents développements futurs, souvent appelés scénarios. Afin de produire une évaluation globale de l'impact net sur l'emploi, un modèle économique global est indispensable, et qui prendrait ainsi en compte toutes les réactions dans une économie (voir chapitre suivant).

## 2.2 Méthodes

Le calcul des effets sur l'emploi d'une industrie transversale peut être conduit selon trois principales méthodologies :

- L'approche du facteur de l'emploi pour la mesure des emplois directs engendré par les ER, établie dans les travaux de Rutovitz et al., et ce dans le cadre de l'estimation des emplois dans la famille des scénarios qui ont été compilées dans l'étude « Greenpeace Energy [R]evolution » ;
- L'analyse entrées-sorties pour la mesure brute de la création d'emploi, en remontant à la théorie de l'économie du prix Nobel Wassiliy Leontieff,
- Les modèles économiques à pleine échelle avec prise en compte de tous les effets nets.

Pour les ER, un aperçu de la littérature dans des revues évaluées par les pairs est disponible (dernièrement : cf. Cameron et van der Zwann en 2015, ou ceux publiés plus tôt, tels que les travaux fondateurs de Daniel Kammen (2004) ou Wei et al., en 2008), ainsi que des guides produits par des institutions internationales telles que EMPLOY (en 2012), publiés et mis en service par IEA RETD (IEA ou AIE en français : Agence Internationale de l'Énergie) ou encore dans le « Renewable Energy and Jobs » publié par IRENA en 2013. En partant de cette sélection de littérature, les analyses ont entrepris de quantifier les effets et d'appliquer les méthodes proposées menant à un grand ensemble d'études de cas.

Cependant, comme cela fut formulé par Cameron et Van der Zwann dans leur avis de 2015 : "[...], peu d'études sur le potentiel d'emploi des énergies renouvelables ont été menées dans les pays en développement ou émergents. Pour les cas où ces études ont été réalisées, souvent des figures de substitution ont été utilisées et tirées à partir d'études de pays de l'OCDE [Upadhyay et al., 2010, OIT / PNUD 2010], avec de rares tentatives pour les adapter au contexte local. L'étude de Simas et Pacca pour le Brésil et celle de Lehr pour la Tunisie sont deux parmi les très rares exceptions avec une analyse détaillée des impacts du déploiement des énergies renouvelables sur l'emploi, hors OCDE.

Bien que ce soit valorisant, l'essentiel de la littérature sur l'emploi intègre les énergies renouvelables dans un scénario plus large d'économie verte ou de développement durable (cf. la littérature de l'OIT sur les emplois verts ; par exemple, Jorge Alvarez, Philippines 2016 ; ou Marek Harsdorff sur l'Île Maurice 2013 ; ou encore le travail de Sherman Robinson sur le développement durable en Afrique, exemple : Ethiopie 2015).

La littérature sur la méthodologie pour mesurer l'emploi de nouveaux projets dans l'efficacité énergétique est encore davantage plus focalisée sur les pays de l'OCDE. L'AIE a publié un aperçu sur les multiples avantages de l'efficacité énergétique (AIE 2014), qui a focalisé sur le développement macro-économique, les budgets publics, la santé et le bien-être, la productivité industrielle, ainsi que sur l'approvisionnement de l'énergie, car ces derniers "ont tendance à être des priorités parmi les politiques publiques dans les pays membres de l'AIE et même au-delà (et) avec suffisamment de preuves disponibles sur leurs impacts potentiels pour entamer une analyse solide."

Un accent explicite sur la mesure de l'emploi engendré par l'efficacité énergétique se trouve dans Bell et al. (2015). Les suggestions sont similaires à la mesure de l'emploi engendré par les énergies renouvelables, avec l'approche de bas en haut pour la mesure des emplois directs, l'analyse entrées-sorties pour la mesure des emplois indirects ainsi que des modèles complets pour les effets nets.

L'approche du facteur de l'emploi pour les ER est celui qui a gagné le plus en importance, suite aux travaux de Rutovitz sur l'emploi (avec différents co-auteurs en 2012, et en 2015) et ce pour le compte

de Greenpeace, résultant de différents scénarios du déploiement des énergies renouvelables à l'échelle mondiale, dans le cadre de « Energy [R]evolution Framework ». L'idée sous-jacente est simple: à partir des études existantes ou d'une recherche directe de bas en haut et des enquêtes auprès des entreprises respectives, nous arrivons à déterminer le nombre d'emplois générés par l'expansion des énergies renouvelables pour une sélection de pays et d'années.

Une analyse approfondie et pertinente existe aussi pour plusieurs pays et plusieurs technologies (cf. Cameron et van der Zwann 2015 ou Rutovitz 2015). Une simple division de l'emploi par la capacité installée conduit à des facteurs de l'emploi. La multiplication avec la capacité installée dans un autre pays permet de conduire à une estimation projetée de la création d'emploi.

Pour une analyse plus élaborée, la chaîne de valeur technologique pour les technologies des ER est examinée dans ces trois phases principales (voir Figure 4) : la **Fabrication**, la **Construction** et l'**Installation**, et l'**Exploitation** et la **Maintenance**.

Figure 4 : Les phases de la Chaîne de Valeur des systèmes ER



Les facteurs liés à l'emploi diffèrent tout le long de la chaîne de valeur. La phase Construction et Installation (C & I) nécessite un plus important nombre d'emplois que la phase amont de la Fabrication ou avale de l'Exploitation et la Maintenance (O & M). Chaque phase a son propre facteur de l'emploi de base en termes de nombre d'emplois par MW. En outre, chaque phase correspond à une quantité différente de référence pertinente en mégawatts. Pendant la C & I, ce sont les nouvelles capacités durant la durée de construction de la nouvelle installation qui sont applicables, alors que pendant la phase de fabrication, le chiffre d'affaires local, avec des produits pour satisfaire la demande locale et internationale, impacte directement l'emploi, alors que pour la phase d'exploitation et de maintenance, la capacité totale installée représente l'input le plus important.

Les capacités régionales, les marchés émergents et les avantages concurrentiels influencent les facteurs liés à l'emploi. En règle générale, les données sont valables pour un pays ou une région de référence. Pour l'application à une autre région, en particulier dans les pays en développement, les aspects suivants doivent être pris en compte :

- La performance économique relative par rapport au pays de référence. L'emploi dans le secteur productif et celui des services est une image miroir de la productivité du travail. Des facteurs multiplicateurs doivent être utilisés pour corriger les écarts de productivité. Etant donné que les différentes phases de la chaîne de valeur technique se réfèrent à différentes industries (construction, fabrication, machines, etc.), ces facteurs multiplicateurs des secteurs spécifiques permettent d'améliorer les résultats.
- Les marchés des technologies des ER sont de plus en plus concentrées, à savoir que quelques fabricants "vendent au monde entier". Le commerce international doit donc être pris en compte (pour un exemple sur l'emploi engendré par les grandes centrales hydroélectriques dans 50 pays, voir l'étude de Lehr, Walter, Khalid, Alvarro, à paraître bientôt).

- La durée de la phase de construction et d'installation. Les technologies ER diffèrent dans le temps qu'il faut pour les construire. Un système de toit photovoltaïque est monté en quelques jours alors que des éoliennes off-shore prennent des années. L'installation est généralement rapportée pour l'année durant laquelle elle est terminée, alors que l'emploi pour cette installation est mobilisé avant.

Les équations correspondantes indiquées dans l'étude de Lehr, Walter, Khalid et Alvarro sont :

### Equation 1: Intensité du Travail

$$\text{Intensité du travail}_{\text{pays, phase, an}} = \frac{\text{nombre d'employés}_{\text{pays, phase, an}}}{\text{Sortie}_{\text{pays, phase, an}}}$$

Si les données de référence proviennent par exemple des États-Unis, alors les Facteurs de l'emploi (FE) spécifiques à la technologie doivent être ajustés, au moyen des intensités relatives du travail, aux circonstances propres à chaque pays (voir l'équation 2).

### Equation 2: Facteur de l'emploi

$$FE_{\text{pays, phase, an}} = \frac{\text{Intensité du Travail}_{\text{pays, phase, an}}}{\text{Intensité du Travail}_{\text{US, phase, an}}} * FE_{\text{US, phase, an}}$$

Les facteurs de l'emploi pour l'efficacité énergétique n'ont souvent pas été abordés par la littérature scientifique. Rutovitz et al., 2012/2015 stipulent explicitement qu'ils ne l'ont pas incluse dans leur analyse, bien que les scénarios dans « Energy [R] évolution » mettent l'accent sur les améliorations dans l'efficacité. La plupart des analyses de l'efficacité énergétique se concentrent sur les mesures dans le secteur de la construction résidentielle et non résidentielle (AIE 2014). Le principal impact des mesures pour la rénovation des bâtiments se trouve sur le secteur de la construction. Les indicateurs de l'emploi et de sortie sont bien connus pour ce secteur dans la plupart des pays.

D'autres activités d'efficacité énergétique, concernant les équipements efficaces, les véhicules efficaces, l'éclairage, etc., doivent être quantifiées par des enquêtes avec une méthodologie de bas en haut. L'étude « Cambridge Econometrics et al., 2014 » a quantifié les emplois de l'efficacité énergétique pour l'UE et suggère également des enquêtes de fond.

Les calculs basés sur les analyses Entrées-Sorties se sont imposés comme la méthode de choix pour le calcul de l'emploi des ER (cf. IRENA 2013). La discussion dans IRENA 2013 (p. 51/52) observe que la "modélisation E/S est un outil utile pour le calcul des effets des variations de la demande, telles que celles déclenchées par les investissements dans les énergies renouvelables. Bacon et Kojima (2011) citent plusieurs avantages de l'analyse entrées-sorties. Il permet une analyse complète de tous les effets sur l'emploi indirect (...).

En outre, les tableaux d'E/S indiquent la partie de la demande totale de biens et de services, engendrée par le secteur des énergies renouvelables, et qui est satisfaite par les importations. Ceci,

à son tour, peut être utilisé pour quantifier les conséquences en termes d'effets sur la création d'emploi localement et à l'étranger.

Bacon et Kojima (2011) avertissent que même lorsque les tableaux E/S sont disponibles, ils ne sont pas toujours suffisamment ventilés : "certains secteurs, notamment l'énergie solaire et l'éolien, ne sont généralement pas identifiés séparément, de sorte que les coefficients ne sont pas pleinement représentatifs. "En rapportant à partir d'une perspective sud-africaine, Maia et al. (2011), notent également que les données sectorielles très désagrégées utilisées dans les pays industrialisés ne sont pas disponibles en Afrique du Sud.

La même observation reste en général valable pour d'autres pays en développement, même si des informations supplémentaires peuvent être obtenues auprès des experts locaux qui sont familiers avec les industries naissantes d'énergies renouvelables et qui étudient leur déploiement. De même, une analyse précise E/S est seulement possible quand les tableaux mis à jour sont disponibles.

Dans les pays en développement, ces tableaux n'ont pas été mis à jour depuis plusieurs années et ne sont donc pas nécessairement représentatifs des conditions économiques actualisées et fiables. Avec des données obsolètes sur la productivité du travail, les résultats des estimations de création d'emploi, par exemple, se révèlent trop élevés (Bacon et Kojima, 2011).

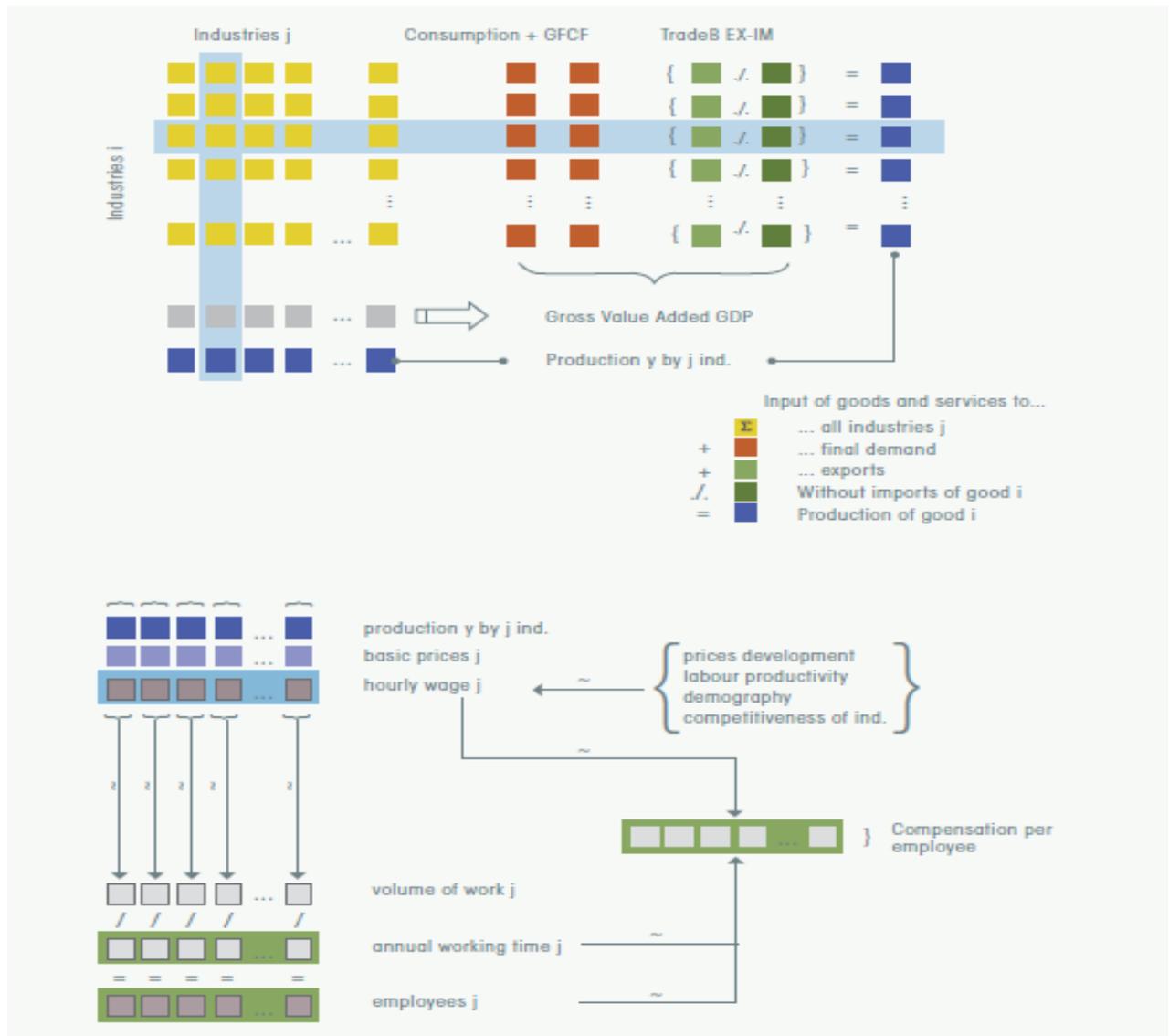
Ils concluent : « Enfin, la plupart des modèles E/S lient les dépenses sur le travail dans un secteur donné aux chiffres de l'emploi en utilisant l'étude commandée en 2012 par la GIZ (Coopération allemande au développement durable) et par l'ANME – (Agence nationale pour la Maîtrise de l'Énergie de la Tunisie) - sur les effets du Plan solaire tunisien sur l'emploi. Lehr et al., (2012) ont appliqué une combinaison de vecteurs d'entrées-sorties spécifiques par technologie pour l'énergie solaire photovoltaïque, le chauffe-eau solaire, le CSP et l'énergie éolienne, ainsi que pour les mesures d'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment, avec des données d'entrées-sorties tunisiennes sur la productivité du travail et l'intensité du travail dans 17 secteurs économiques ».

*L'analyse économique entrées-sorties* (pour un aperçu très complet, voir Eurostat, 2008) appliquée dans ce modèle, combine la compréhension de la théorie économique et le développement de l'emploi par secteur avec des informations spécifiques à la technologie sur les systèmes d'énergies renouvelables.

L'analyse entrées-sorties a également été appliquée à l'efficacité énergétique et la procédure est très similaire. Encore une fois, plusieurs secteurs peuvent être identifiés comme pertinents pour l'efficacité énergétique dans l'ensemble de données entrées-sorties. Le secteur dominant sera à nouveau, dans la plupart des cas, celui de la construction, qui sera utilisé pour expliquer le mécanisme E/S dans ce qui suit (cf. figure 5). Le système peut être lu de gauche à droite ou de haut en bas.

La sortie du secteur de la construction évolue, en raison de la demande supplémentaire pour l'efficacité de la rénovation. Dans le cas de la construction, la demande mondiale est faible. Une lecture verticale du graphique nous apprend à quel point une demande supplémentaire pour les entrées est causée par la production supplémentaire, y compris dans le domaine des importations. Pour le secteur de la construction, il s'agirait des contributions du secteur des matériaux de construction (matières premières, matériaux d'isolation, pièces, équipement, services de transport, planification des architectes, comptabilité, services juridiques, etc.).

Figure 5 : Analyse Entrées-Sorties



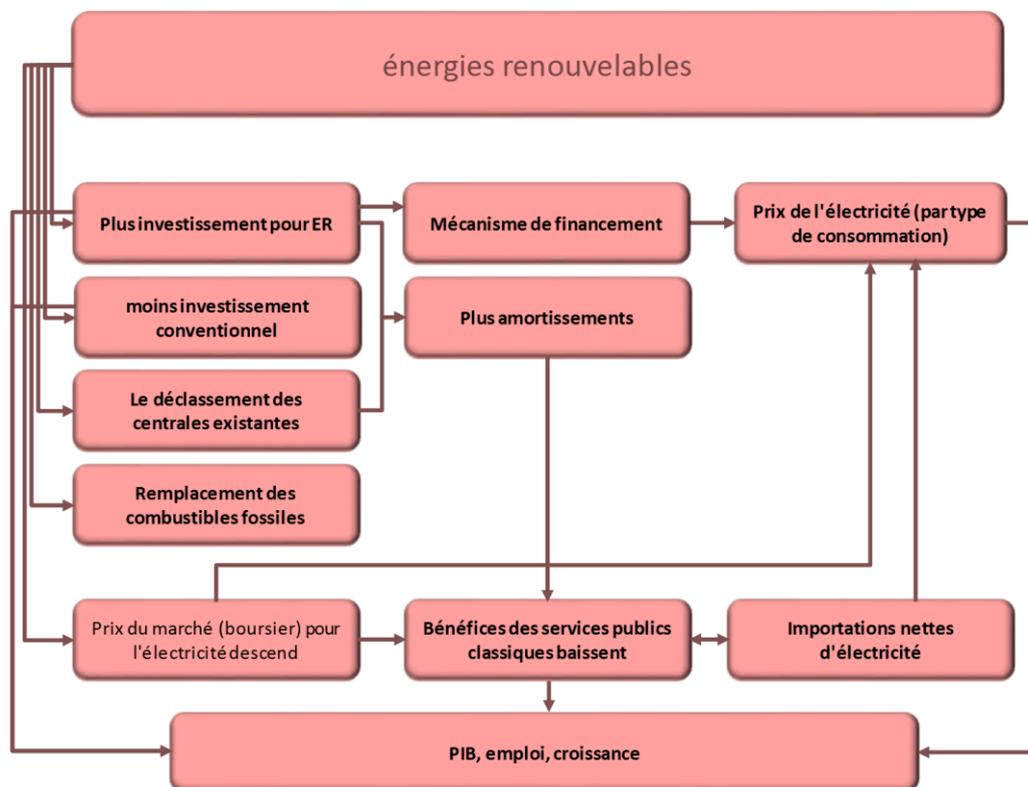
Source : graphique personnel développé pour IRENA en 2013

Cette sortie supplémentaire transforme chaque secteur en créateur d'emplois additionnels en faisant une pondération avec les salaires spécifiques du secteur respectif. Alors que le secteur de la construction est grand consommateur de main d'œuvre, la production de matériaux peut être plus automatisée. Le secteur des services, encore une fois, est aussi gros consommateur de main

d'œuvre. De toute évidence, l'intensité du travail, dépendante de la région objet de l'étude, est obtenue à partir des données locales.

La seule façon possible de comprendre *les effets économiques nets* serait d'appliquer un modèle complet de l'économie totale pour capter tous les effets<sup>11</sup>. Les résultats pour les effets économiques nets pour les ER et l'EE sont obtenus à partir d'une comparaison de scénarios. Un scénario de référence sans les activités des ER et de l'EE est comparé à un scénario qui comprend certaines mesures politiques, les instruments, les investissements dans les technologies des ER et de l'EE respectifs et, respectivement, la production d'énergie et l'économie d'énergie. Le modèle économique complet capture tous les changements de prix et toutes les réactions économiques dans chaque scénario. Les résultats de la comparaison de scénarios sont donnés en termes de différences pour les indicateurs économiques typiques, tels que le PIB, l'emploi, les dépenses du gouvernement, les équilibres financiers, les prix à la consommation, etc.

Figure 6: Impacts économiques de l'expansion des ER



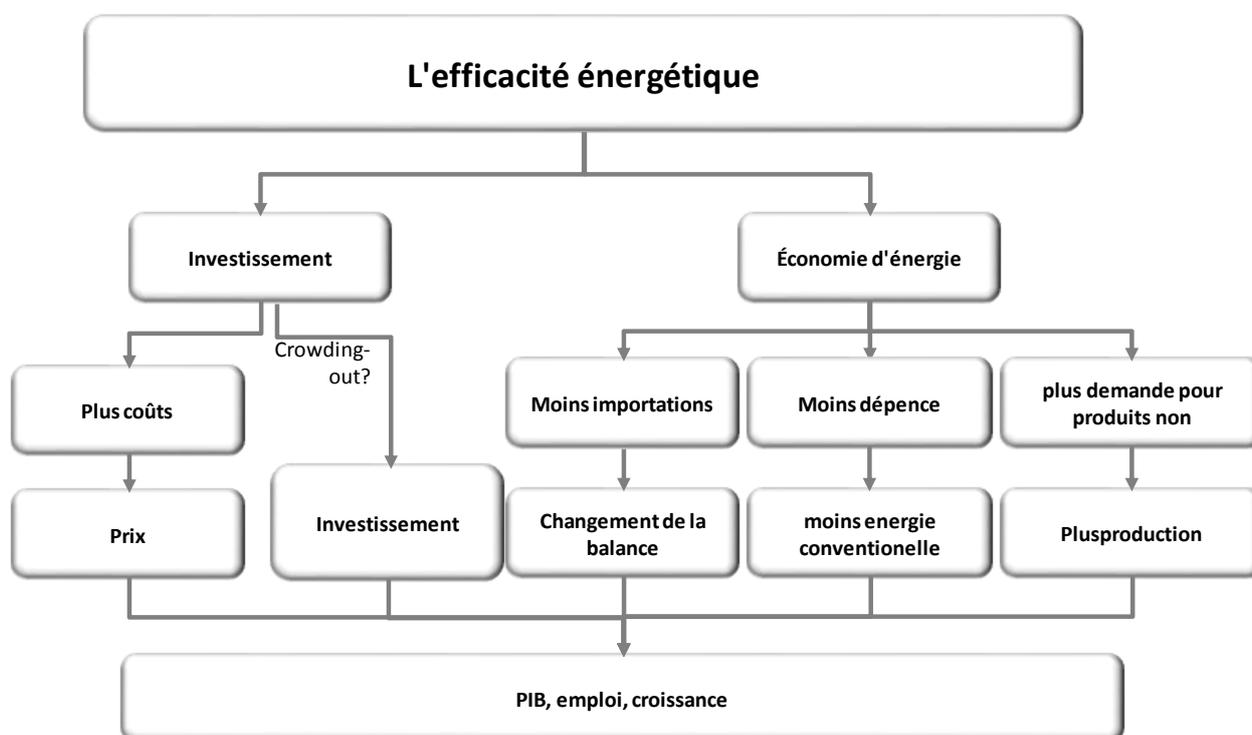
Source : Lutz et al., 2014

<sup>11</sup> Wei et al. (2010) ont suggéré un facteur de l'emploi basé sur un algorithme des effets nets, mais qui ne permet pas de capturer tous les effets économiques.

La littérature connaît trois types d'approches de modélisation, à savoir des modèles macro économétriques basés sur des séries chronologiques, les modèles d'équilibre général et les outils de simulation à base d'agents. Des exemples de la première catégorie comprennent le modèle E3ME développé par « Cambridge Econometrics » et utilisé pour l'analyse économique faite pour le compte d'IRENA des scénarios de REmap (IRENA 2015). Les exemples d'équilibre général comprennent la famille GTAP-E des simulations (pour un aperçu, voir Truong et al., 2007. Pour une application aux ER et à l'EE au Vietnam, voir Kim et Long 2014). Enfin, l'approche à base d'agent est par exemple, au cœur même du modèle ASTRA (cf. Ragwitz et al., 2015 pour le niveau de l'UE).

Les canaux d'impact dans tous les modèles sont les mêmes ; ils diffèrent dans les réactions. Pour les ER, les canaux sont représentés sur la figure 6. La figure 7 donne les canaux respectifs pour l'EE.

Figure 7: Impacts économiques de l'expansion de l'EE



Source : Lutz et al., 2014

La taille relative de ces impacts diffère selon la région, la technologie et l'économie. Dans les économies qui présentent une augmentation de la demande d'énergie, le déclasserment ne joue pas un rôle de premier plan. La réponse des prix de l'énergie à des parts plus élevées d'énergies renouvelables est variable et dépend de l'existence d'un mécanisme de refinancement, des potentiels des ER et des subventions énergétiques.

L'efficacité énergétique réduit les importations d'énergie si l'énergie est importée, et peut augmenter les exportations d'énergie parce que la consommation locale devient plus faible. Dans les deux cas de figure, il affecte la balance commerciale. La demande accrue, soit pour les produits liés à l'efficacité énergétique (par exemple des matériaux de construction, ou des équipements), ou des

systèmes de RE, augmente le volume de la production nationale s'ils sont produits localement. Un aspect économique intéressant tourne autour de toute la problématique de l'éviction. La question sous-jacente est de savoir si l'investissement dans les ER et l'EE est purement additif, ou s'il conduit à un désinvestissement dans d'autres secteurs. La décision, cependant, doit être prise en dehors des modèles et dépend du pays, de la région ou de l'économie en question.

## **2.3 Méthodologie de la présente étude**

Dans cette étude, comme dans la version précédente de 2012, nous appliquons une analyse entrées-sorties ajustée, qui est déjà intégrée dans le modèle macroéconomique de la Tunisie. Pour cette approche, nous utilisons une combinaison de tableaux entrées-sorties spécifiques à la technologie, les intensités de travail respectives de la production, des tableaux entrées-sorties spécifiques à chaque pays et des données statistiques spécifiques aux pays tels que décrits dans IRENA 2013.

A partir des tableaux spécifiques à la technologie, nous analysons des informations sur la structure des coûts des différentes technologies des ER, ainsi que pour les bâtiments économes en énergie et pour les appareils électroménagers efficaces dans les secteurs de l'industrie. Le modèle est mis à jour de plusieurs façons : les données internationales sur les ER et l'EE, actualisées, reflètent les dernières baisses des coûts et les dernières évolutions technologiques, y compris dans la structure des intrants.

Avec une production mondiale de panneaux PV dominée par de grandes usines d'une capacité exprimée en Gigawatt et presque entièrement automatisées, les prix des panneaux PV ont chuté, entraînant un énorme changement des structures de coûts dans la production d'électricité à partir du PV solaire. Les autres technologies ER n'ont pas mûri aussi rapidement, mais toutes les industries ont fait l'objet de progrès technologiques depuis 2010, qui représente l'année de référence des tableaux d'entrées-sorties utilisées dans Lehr et al., 2012.

Les données économiques de la Tunisie ont également été mises à jour, ainsi que la part des importations dans l'économie et dans les secteurs de l'ER et l'EE, qui ont été ajustées au développement économique du pays, en particulier celui du secteur ER.

Soucieux de combiner autant de connaissances que possible, nous avons proposé en 2012 cette procédure en deux étapes, ce qui a été largement acclamé dans la communauté scientifique (voir les citations ci-dessus). La demande pour les installations d'énergies renouvelables en Tunisie est conforme au Plan solaire tunisien, comme indiqué dans la CPDN du pays (INDC en anglais pour la COP21). Pour plus de détails sur le Plan solaire tunisien, voir les chapitres du scénario ci-dessous. Selon le principal scénario, les paramètres sont : la capacité ER installée, les coûts d'installation des ER et la part de la production locale pour les installations en Tunisie et à l'étranger, ainsi que les investissements dans des mesures d'efficacité énergétique.

Comme en 2012, la situation de l'approvisionnement énergétique en Tunisie est encore caractérisée par des pénuries. Ceci fut la principale motivation de la première publication du Plan solaire tunisien. En conséquence, nous considérons les investissements dans les ER et l'EE comme additionnels et complémentaires. En outre, nous sommes d'avis qu'aucune installation existante de production d'énergie à partir de sources fossiles n'est dévaluée par l'augmentation des ER. Enfin, nous soutenons que la demande n'est pas diminuée du fait de l'augmentation de l'EE.

La situation globale du marché du travail est actuellement encore moins satisfaisante qu'en 2012 (voir les indicateurs économiques dans la partie III). En conséquence, aucune pénurie de main-d'œuvre et d'emploi n'est envisageable. En cas de besoin d'emplois supplémentaires, il est à tout moment possible de puiser dans l'important bassin d'emplois disponible. Néanmoins, en termes de qualification, des mesures préliminaires seront nécessaires, en vue d'une mise en adéquation entre les besoins futurs dans les domaines des ER et de l'EE avec les qualifications existantes.

## **3 Résultats à l'international et expériences régionales**

### **3.1 Résultats globaux, Ex-post et ex-ante**

Les effets économiques de la transition vers une production d'énergie et une utilisation d'énergie plus soucieuses de l'environnement, avec en particulier des effets positifs sur la création de nouveaux emplois, a progressivement gagné en intérêt auprès des décideurs et des parties prenantes. L'important volume de publications sur ce sujet en atteste. Rien que pour la revue « Energy Policy », qui est l'une des principales revues sur les questions liées à l'énergie et aux politiques publiques, nous obtenons 780 résultats pour une recherche sur « emploi » et « énergies renouvelables » depuis 2012, avec notamment 31 références rien que pour l'année 2016.

D'autres moteurs de recherche fournissent plusieurs milliers d'études, de sites Web et d'articles de journaux. En conséquence, la liste suivante ne peut en aucun cas être considérée comme exhaustive. En fait, un examen plus précis révèle, cependant, que toutes les recherches par mots clés peuvent entraîner des résultats décevants, voire erronés, parce que les exercices de modélisation explicites ou de bas en haut des études approfondies sur l'emploi dans les ER et l'EE sont encore dénombrables. De nombreuses études se concentrent sur les aspects techniques et mentionnent l'emploi en passant, ou se réfèrent notamment aux instruments politiques.

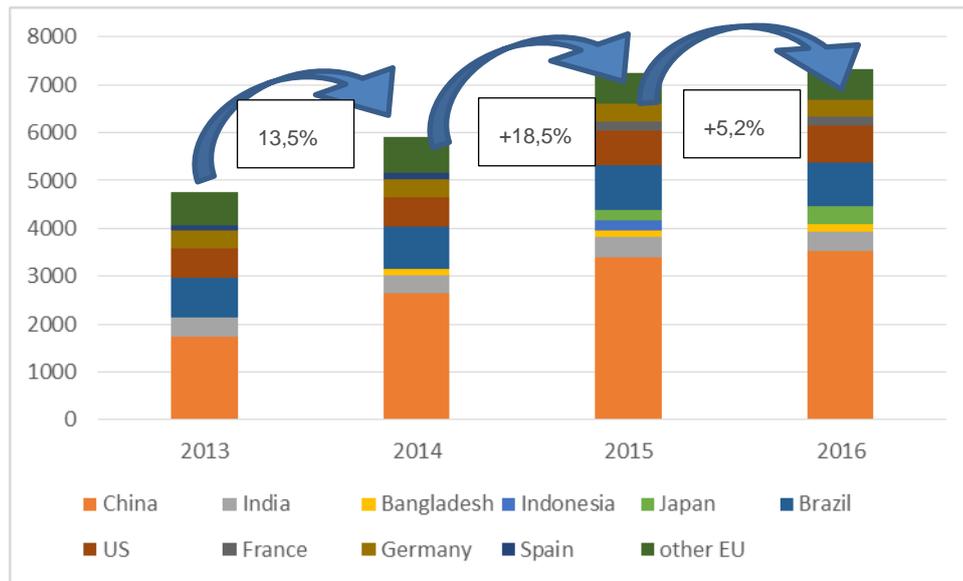
La littérature pourrait donc être caractérisée soit comme des analyses ex-post, traduisant l'évaluation de certaines politiques passées ou le développement de l'industrie, ou au contraire comme des analyses ex-ante, construites sur des simulations.

Parmi les analyses ex-post, la série IRENA sur « les énergies renouvelables et l'emploi », qui a commencé comme un chapitre, a contribué au « REN21 Global Status Report » publié annuellement, avant de se transformer en une publication à part entière à partir de 2013 pour s'établir comme un benchmark de référence. Pour l'UE, une approche globale similaire, éclectique, est disponible dans les publications de l'EUR'Observer.

Selon ces publications, la création d'emploi à partir des énergies renouvelables a augmenté au cours de ces dernières années, avec la plus forte croissance entre 2013 et 2014, parce que les années correspondent à la date de publication. A noter que la base de données renfermant ces nombres est en fait un réservoir d'études, qui ne sont pas les mêmes pour chaque année.

Parmi les analyses globales ex-ante, deux publications produites par des institutions et/ou ONG internationales se sont distinguées. IRENA a publié en 2016 un rapport sur les avantages des énergies renouvelables à l'échelle mondiale, avec un accent particulier sur la mesure des incidences économiques. La méthode est essentiellement une combinaison de deux modèles, un outil propriétaire du scénario de l'IRENA et de l'E3ME de « Cambridge Econometrics ». A partir d'une échelle mondiale de 7,7 millions de personnes travaillant dans l'industrie des énergies renouvelables seule, l'étude dénombre 13,5 millions d'emplois dans le cas de référence ; dans un scénario avec une part d'énergies renouvelables deux fois plus élevée dans le mix énergétique de 2030, 24,4 millions de personnes trouvent un emploi dans les énergies renouvelables. La plupart de ces emplois, et ce pour les deux scénarios, proviennent de l'industrie des ER en Chine, suivie par l'Inde, le Brésil, les États-Unis et l'Indonésie. Différentes technologies des ER déterminent ces résultats selon la région respective : la Chine poursuivra son expansion massive dans la fabrication des équipements ; l'Inde doit ses emplois en grande partie à l'installation, alors qu'en Indonésie et au Brésil, ces emplois sont entraînés par la biomasse.

Figure 8 : Énergies renouvelables et emplois (2013-2016) dans certains pays



Source : (REN21)

Greenpeace publie périodiquement un scénario appelé « Energy [R]evolution », tous les deux ans environ. La dernière édition date de 2014. Le scénario comprend des estimations de l'emploi brut, en utilisant l'approche décrite plus haut, basée sur les facteurs de l'emploi. L'approche selon le facteur de l'emploi donne essentiellement des estimations de l'emploi direct (Rutovitz et Harris 2012). A partir de la littérature, les emplois par MW installés lors de l'installation, la fabrication et l'O & M des systèmes d'énergies renouvelables sont dérivés. Ces facteurs sont adaptés aux possibilités respectives locales de production et d'intensité du travail, et des valeurs différentes selon les régions sont obtenues. Selon le scénario « Energy [R]evolution », les auteurs constatent 13 millions d'emplois directs d'ici à 2020. Ceci est basé sur l'hypothèse d'un facteur de deux entre les emplois directs et indirects, ce qui converge avec l'exercice IRENA, bien que lui-même basé sur une méthode différente.

## **3.2 Résultats des pays non industrialisés et des économies émergentes**

### **3.2.1 Afrique du Sud**

Le cas de l'Afrique du Sud est intéressant parce qu'il a exigé une part élevée (plus de 45%) de contenu local dans le cadre de son appel d'offres international avec mise aux enchères pour les énergies renouvelables ("South Africa's Renewable Energy Independent Power Producers Procurement Programme (the REI4P) is an extensive initiative to install 17.8 GW of electricity generation capacity from renewables – wind, solar, bio-mass, biogas and hydropower – over the period 2012–2030", Walwyn and Brent, 2015).

Le premier round fut décevant. Par contre, les rounds deux et trois ont permis d'obtenir des offres très compétitives selon Walwyn et Brent. En outre, les soumissionnaires étrangers se sont engagés pour la création d'emplois locaux. Cet engagement des soumissionnaires, qui fut exprimé en nombre d'emplois par MW, est passé de 11 emplois / MW au premier tour à 18 emplois / MW dans le troisième tour.

Ce programme de l'Afrique du Sud, baptisé REI4P (Renewable Energy Independent Power Production Procurement Program), a exigé des objectifs de développement socio-économiques tels que la création d'emploi, le développement rural et la participation de groupes de population auparavant désavantagés. En comparant les facteurs clés du succès des politiques publiques en faveur des ER, les auteurs identifient :

- i) La totale conformité des fournisseurs à des cadres réglementaires clairs et stables ;
- ii) Une combinaison adéquate de politiques publiques ;
- iii) Une réglementation incitative aux investissements ;
- iv) Une judicieuse combinaison de politiques de soutien de l'offre (supply-push) avec des politiques de soutien de la demande (demand-pull) ;
- v) La mise en œuvre des normes de l'industrie ;
- vi) La conformité aux exigences de contenu local ;
- vii) L'accès à des capitaux abordables, ainsi que, d'une manière générale ;
- viii) L'engagement de toutes les parties prenantes.

Le succès de cette politique REI4P n'est pas sans critiques ; pour plus de détails selon une perspective sociale, voir Herbst et Lalk, 2014. Moldvay, Haman et Fay, 2013 ont posé quelques bases fondamentales pour l'évaluation de la REI4P par Walwyn et Brent, en explorant les opportunités et les contraintes associées au développement d'une industrie locale de l'énergie éolienne en Afrique du Sud dans des études de cas sur quatre projets. Ils confirment : "Cependant, pour envisager des impacts socio-économiques plus larges, un modèle basé sur une fabrication intégrale localement des turbines était indispensable, ce qui représenterait des niveaux élevés de contenu local et aurait pour conséquence un potentiel de création d'emploi nettement plus élevé".

### 3.2.2 Chine

La Chine a enregistré des augmentations considérables dans les installations de production à partir des énergies renouvelables ainsi que dans la création d'emplois associés à ce secteur. Dans les derniers classements annuels des 10 premiers producteurs de panneaux PV dans le monde, la plupart de ces entreprises sont chinoises, affichant ainsi une résistance aux droits de douanes et autres taxes imposées à l'importation ainsi qu'à d'autres instruments protectionnistes. Alors que le nombre d'emplois par MW nécessaires pour les filières de production des cellules PV et des modules PV a continué à baisser en raison de volumes sans cesse croissants avec des processus de production de plus en plus entièrement automatisée, la création d'emploi résultante des installations de production d'énergie solaire PV a continué à augmenter. Au total et à l'échelle mondiale, 60% de tous les employés liés au PV travaillent en Chine.

Tableau 1: Top 10 PV fabricants

Ranking	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	Sharp Solar	Sharp Solar	Sharp Solar	Sharp Solar	Sharp Solar	Sharp Solar	Sharp Solar	Q-Cells	First Solar	Suntech	Suntech	Yingli	Yingli	Trina
2	BP Solar	BP Solar	BP Solar	Kyocera	Kyocera	Q-Cells	Q-Cells	Suntech	Suntech	JA Solar	First Solar	First Solar	Trina	Hanwha SolarOne / Q-Cells
3	Kyocera	Kyocera	Kyocera	BP Solar	Q-Cells	Kyocera	Suntech	Sharp	Sharp Solar	First Solar	JA Solar	JA Solar	JA Solar	Yingli
4	Shell Solar	Shell Solar	Shell Solar	Shell Solar	Schott Solar	Suntech	Kyocera	First Solar	Yingli	Yingli	Yingli	Trina	CSI	NeoSolar
5	AstroPower	RWE/Schott	RWE/Schott	Q-Cells	BP Solar	Sanyo	First Solar	Kyocera	Q-Cells	Q-Cells	Gintech	Canadian Solar	First Solar	Jinko Solar
6	RWE/Schott	AstroPower	Mitsubishi Electric	Schott Solar	Mitsubishi Electric	Mitsubishi Electric	Motech	Motech	JA Solar	Sharp	Trina	Suntech	Hareon	First Solar
7	Isofoton	Isofoton	Sanyo	Sanyo	Sanyo	Schott Solar	Sanyo	Sanyo	Trina	Trina	Motech	Motech	Motech	Motech
8	Photowatt	Mitsubishi Electric	Isofoton	Mitsubishi Electric	Shell Solar	Motech	Deutsche Cell/SolarWorld	SunPower	SunPower	Motech	Canadian Solar	Gintech	NeoSolar	Hareon
9	Sanyo	Sanyo	Q-Cells	Isofoton	Motech	BP Solar	Mitsubishi Electric	JA Solar	Kyocera	Gintech	Sharp Solar	Sharp Solar	Jinko Solar	CSI
10	Kaneka	Photowatt	Photowatt	Motech	Isofoton	SunPower	SunPower	BP Solar	Motech	Kyocera	Jinko Solar	NeoSolar	Gintech	Gintech
% Above	94%	81%	93%	85%	83%	80%	69%	63%	62%	61%	58%	56%	53%	51%
% All Others	6%	19%	7%	15%	17%	20%	31%	37%	38%	39%	42%	44%	47%	49%
Total Shipments	339.9	540.1	643.2	1016.1	1372.5	1954.1	3037.6	5470.7	7910.3	17387.3	23529.3	26358.2	34011.3	39244.6

Selon le classement de REN 21 pour l'année 2015, la Chine se classe première parmi les cinq premiers en matière d'investissement total dans les ER. Pour le classement par technologie, elle est numéro un des investissements dans l'énergie hydroélectrique, dans le PV, dans l'éolien ainsi que pour les chauffe-eau solaires.

En terme de capacité installée, la Chine est « leader » mondial sur le total des installations pour toutes les technologies ER considérées dans leur ensemble (y compris avec et hors hydraulique), de même que pour les installations PV, l'énergie hydroélectrique et l'éolien dans le secteur de l'électricité, ainsi que pour les technologies liées aux chauffe-eau solaires et à la capacité de chaleur géothermique.

En outre, la Chine occupe le troisième rang mondial dans la production d'éthanol et le deuxième dans la capacité d'énergie produite à partir de la biomasse. Comme mentionné précédemment, plus de 3,5 millions de personnes travaillent en Chine dans le secteur des énergies renouvelables.

En termes d'efficacité énergétique, la Chine met en œuvre plusieurs politiques publiques avec des cadres incitatifs en place. Pour accroître l'efficacité énergétique dans l'industrie, la Chine emploie les mesures suivantes (Lo, 2014) : les obligations d'efficacité énergétique (OEE), un fonds d'investissement pour l'efficacité énergétique, des prix de l'électricité et des fermetures forcées. Les OEE fixent des objectifs pour l'industrie avec également des pénalités pour le cas où ces objectifs ne

sont pas réalisés. Le fonds d'efficacité énergétique fournit les moyens pour atteindre les objectifs. Une politique de prix de l'électricité avec différents niveaux indexés sur les niveaux de la consommation s'est révélée comme un outil efficace. Toutefois, les subventions des collectivités locales pour protéger les entreprises ont souvent contrebalancé ces effets. Des fermetures forcées ont entraîné des arrêts définitifs dans les unités de production les plus obsolètes et les moins efficaces énergétiquement, avec pour conséquence de libérer plus de personnes que de créer des emplois supplémentaires.

Dans le secteur de la construction, des exigences pour la rénovation des bâtiments ainsi que des normes d'efficacité énergétique pour les bâtiments neufs sont en vigueur et conduisent à la création d'emplois dans le secteur de la construction.

Toutefois, en termes de consommation d'énergie, tant que les infrastructures pour le chauffage sont basées sur une politique de chauffage urbain avec des niveaux de prix fixes par période de chauffage, indépendamment de la consommation, alors les incitations pour l'efficacité énergétique restent faibles. En outre, les appareils de chauffage eux-mêmes ne sont trop souvent pas réglables, ce qui rend l'économie pour le ménage individuel très difficile.

Le transport routier est aussi une cause majeure de pollution en Chine. Puisque le gaz et le diesel sont largement importés, la consommation de carburant est considérée comme une question de sécurité énergétique (Lo 2014). La Chine encadre la consommation de carburant avec des normes et des taxes ainsi qu'avec un soutien des transports en commun. Ce dernier a eu beaucoup de succès avec des augmentations de 50% du nombre total de passagers. En termes d'emploi, ces mesures ont entraîné une demande supplémentaire pour de nouvelles infrastructures, ainsi que pour l'augmentation des postes de chauffeurs et de conducteurs.

### **3.2.3 MENA et CCG**

La région MENA et les pays du CCG (Conseil de Coopération du Golfe) ont en commun, outre la région et la langue, un vaste potentiel d'ER, en particulier le potentiel solaire, avec la nécessité d'améliorer l'efficacité énergétique. Les économies basées sur les ressources pétrolières au sein du CCG comprennent que l'économie d'énergie est un choix logique, même dans une situation de ressources énergétiques abondantes dans tel ou tel pays. En outre, les possibilités d'emploi pour la population indigène deviennent de plus en plus un souci et une préoccupation des pouvoirs publics. Les Emirats arabes unis (EAU) soutiennent les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique avec une variété d'activités, à commencer par leur capitale, Abu Dhabi, qui accueille l'IRENA (l'Agence internationale pour les énergies renouvelables) et organise les « World Future Energy Summits ». Le plus grand projet aux EAU, cependant, est Masdar, la ville alimentée à 100 % en énergies renouvelables. Dubaï, quant à elle, soutient la production d'énergie verte et l'efficacité énergétique des projets et des bâtiments, avec la compagnie gouvernementale Dubai Carbon travaillant sur les moyens de réduire les émissions de carbone.

Le Maroc est peut-être le pays le plus étudié pour les ER dans la région MENA, car il a d'excellents potentiels avec sa proximité géographique avec l'Europe qui rend les exportations d'électricité encore possibles. Le Maroc a des objectifs pour 2020 pour les énergies renouvelables et pour l'efficacité énergétique. La part des énergies renouvelables dans la production d'électricité à l'horizon 2020 est fixée à environ vingt-sept pour cent (27%) de la production nationale d'électricité alors que l'efficacité

énergétique est appelée à augmenter de douze pour cent (12%). Le solaire, l'éolien et l'hydraulique sont appelés à croître. Le Maroc a développé plusieurs institutions dédiées aux énergies

renouvelables et à l'efficacité énergétique : l'Agence marocaine de l'efficacité énergétique (AMEE, ex-ADEREE), la Moroccan Agency for Sustainable Energy (MASEN) et la Société d'investissements énergétiques (SIE), pour n'en citer que quelques-unes.

Les exercices de modélisation par Arce et al., 2012, qui emploient un modèle similaire au modèle tunisien e3.tn, identifient plus de 200.000 emplois supplémentaires à partir d'un scénario tablant sur l'augmentation de la part du solaire (à la fois PV et CSP) et celle de l'énergie éolienne. De plus amples détails sur cette étude sont évoqués dans le chapitre dédié à l'analyse comparative de la partie III du présent rapport.

Selon une étude analytique intitulée « Mécanismes de transfert de technologies propres en Égypte », réalisée par la Banque africaine de développement (BAD) en fin 2013, l'Égypte a toutes les chances de bénéficier d'importants investissements dans les énergies renouvelables présentant un fort potentiel de création d'emploi et de croissance économique. Cette étude indique en effet que près de quatre à six emplois verts par mégawatt de capacité de production pourraient être créés, rien que dans l'industrie manufacturière locale. Plus précisément, l'ensemble des investissements prévus dans les années 2014-2018 dans les énergies renouvelables en Égypte déboucherait sur la création d'emploi verts – avec jusqu'à 100 000 emplois escomptés. Cependant, pour ce faire, il faudra agir sur plusieurs leviers. Ainsi, la seule injection de capitaux dans la construction de centrales de production d'énergies renouvelables, qui ne se préoccuperait pas, notamment, de la formation des ouvriers ni, à plus long terme, de Recherche & Développement, ne suffirait pas à maximiser les retombées du secteur des énergies renouvelables.

## 4 Conclusions

Les investissements dans les énergies renouvelables ont redéfini les spécificités régionales, tant pour l'emplacement des installations de production que pour les fournisseurs des équipements. Les installations se sont déplacées de l'Europe vers les pays en développement et les économies émergentes, avec la Chine qui domine le paysage de la production. Les augmentations des installations à l'échelle mondiale ont continué, et ce malgré les prix bas des combustibles fossiles. Les énergies renouvelables semblent être confiées, maintenant, à leur propre dynamique.

L'efficacité énergétique est quant à elle moins suivie, en particulier dans la plupart des pays en développement. Cependant, la pertinence de l'efficacité énergétique est largement admise. En termes d'emploi, les énergies renouvelables sont, sans cesse, reconnues comme vecteurs de nouvelles opportunités d'affaires et de création d'emploi dans la production, l'installation, l'exploitation et la maintenance des systèmes. À l'échelle mondiale, près de neuf millions de personnes travaillent dans ce domaine.

Pour la Tunisie, quelques leçons découlent des résultats internationaux :

- L'approche de modélisation, à savoir la combinaison de données de bas en haut spécifiques au pays, associée au modèle E/S, a été discutée et approuvée dans la littérature. La littérature suggère d'utiliser des données aussi récentes que possible, ce qui est une des raisons de la mise à jour de l'étude de 2012.
- La stratégie tunisienne peut être considérée comme ambitieuse, mais, dans le cadre des plans de développement de l'énergie durable, réalisable, ainsi qu'à la lumière de la CPDN (INDC) soumise selon le processus COP21 à Paris.
- La discussion sur le contenu local dans la littérature semble avoir disparu. Cependant, les rapports sur les expériences des pays qui ont appliqué les exigences de contenu local semblent être mitigés mais dans l'ensemble positifs.
- Pour le PV, la domination de la Chine a persisté sur cinq ans et son avantage concurrentiel semble augmenter. Cependant, l'évolution du marché, et la part des cinq plus grandes entreprises du marché, ne couvrent que 50% du marché. On obtient ainsi près de 50% pour les autres fournisseurs. La compétitivité des prix, cependant, doit être gardée à l'esprit dès qu'il s'agit de statuer sur une production photovoltaïque domestique.

# **Partie II**

## **Expérience tunisienne en matière d'EE et d'ER et impacts sur l'emploi**

# 1 Introduction

La Tunisie est l'un des rares pays en développement à avoir mis en œuvre 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 national de plus en plus marqué.

Mise en place dès l'année 1985, cette politique a été articulée essentiellement autour de trois piliers essentiels sur lesquels toute politique effective doit nécessairement se baser. Il s'agit de : i) la mise en place d'un cadre institutionnel avec la création d'un organisme public spécifique en charge de la maîtrise de l'énergie, à savoir l'Agence nationale pour la Maîtrise de l'Énergie (ANME); ii) la mise en place d'un cadre légal et réglementaire promouvant des pratiques et des techniques qui encouragent une utilisation plus rationnelle et moins polluante de l'énergie; iii) ainsi que la mise en œuvre de mesures incitatives d'ordre fiscal, financier ou autres qui favorisent le déploiement et l'application de ces dernières.

Signalons aussi que cette politique, basée sur un cadre réglementaire et incitatif évolutif et dynamique, n'a cessé de se renforcer au fil des années, au fur et à mesure de l'aggravation du déficit énergétique croissant engendré par une croissance démographique continue, un développement économique soutenu menant à l'amélioration du niveau de vie des ménages, avec l'impact du changement structurel de la société tunisienne (urbanisation, utilisation à grande échelle de moyens de transport individuels, utilisation chaque année plus importante d'équipements électroménagers et bureautiques énergivores, etc.).

La création du Fonds national pour la Maîtrise de l'Énergie (FNME) en 2005, la réalisation du programme national triennal structuré de maîtrise de l'énergie (2005-2007) dans un premier temps, puis du programme national quadriennal (2008-2011), ainsi que le développement du Plan solaire tunisien, confirment l'engagement de la Tunisie dans une véritable politique nationale de maîtrise de l'énergie à grande échelle. Ils constituent autant de cadres et de catalyseurs 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 et demeure l'un des piliers de la politique de développement durable du pays. Elle devrait permettre de :

- Réduire l'intensité énergétique globale du pays et la vulnérabilité de l'économie, du fait du découplage de l'évolution du PIB de celle de la croissance énergétique ;
- Améliorer la sécurité et l'indépendance énergétique du pays à travers la diversification et la 'domiciliation' de ses sources d'approvisionnement ;
- Contribuer à l'effort international de lutte contre le changement climatique par la réduction des émissions de GES dues au secteur de l'énergie ;
- Participer à la création de nouveaux emplois et œuvrer pour le positionnement de la Tunisie comme pôle de compétence et plateforme industrielle régionale.

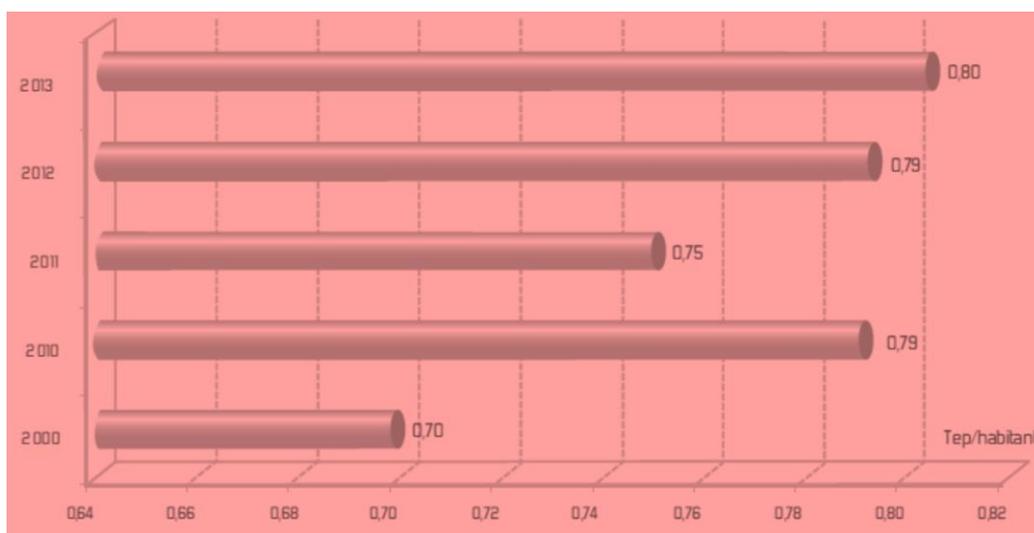
Avec la survenue de la révolution du 14 janvier 2011, les pouvoirs publics se sont lancés dans un large processus de concertation nationale autour du secteur de l'énergie en général et du domaine des énergies renouvelables en particulier. L'enjeu est de consolider, d'un côté, les acquis de cette politique et de continuer à développer, d'un autre côté, le marché de la maîtrise de l'énergie, dans la perspective d'un réel changement du système énergétique national. Ce dernier n'est pas seulement tributaire de la sécurité et de l'indépendance énergétique du pays à moyen et long termes, face à l'épuisement croissant de ses propres ressources fossiles et aux doutes concernant la capacité de ses voisins de maintenir leurs engagements d'approvisionnement dans le futur. Le système énergétique tunisien dépend aussi de la création et de la consolidation d'un nouveau marché dynamique à l'échelle nationale pour les énergies durables. Ce marché constitue une condition essentielle pour l'investissement et la création d'emploi, l'une des principales priorités de la Tunisie post-révolutionnaire.

Ce processus a aussi été baptisé « **Politique de Transition énergétique** ».

## 2 Situation énergétique à l'échelle nationale

Le développement socio-économique et démographique du pays, conjugué à une politique économique et sociale basée sur l'octroi par l'Etat de subventions au titre de la quasi-totalité des formes d'énergie, font que la demande d'énergie en Tunisie a connu une forte croissance durant les vingt dernières années. Ainsi, comme le montre le graphique suivant, la consommation unitaire d'énergie primaire a évolué de 0,7 tep/habitant en 2010 à 0,8 tep/habitant en 2013, soit une augmentation annuelle moyenne d'environ 10% par an.

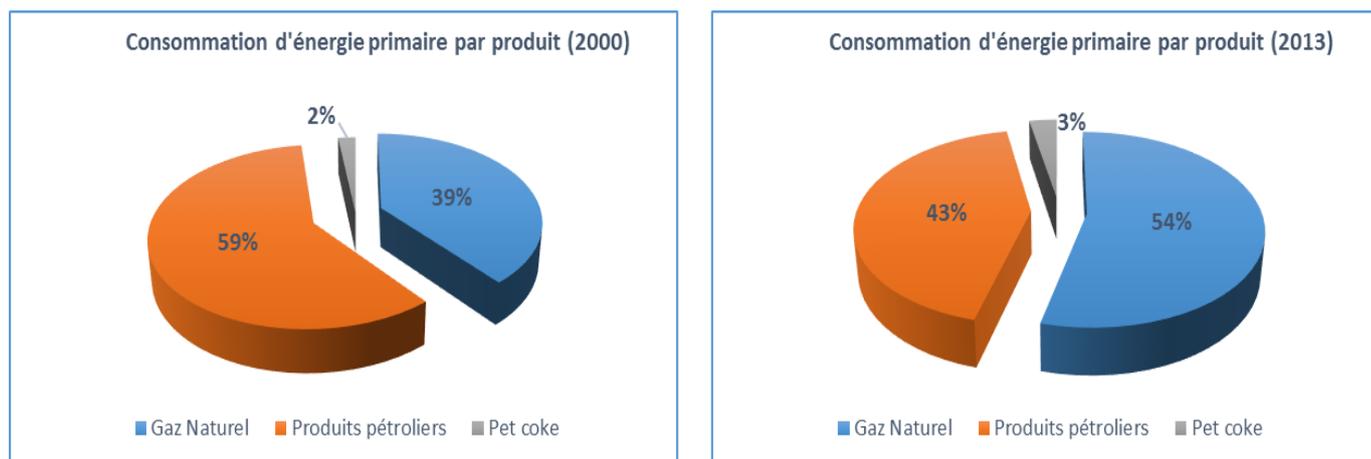
Figure 9: Consommation d'énergie primaire par habitant



Source : ANME, 2014

En effet, en 2013, la demande nationale d'énergie primaire a atteint 8,757 mtep contre 6,767 mtep en 2000, ce qui représente une augmentation moyenne annuelle de 1,9%. La part du gaz naturel dans la consommation nationale d'énergie primaire a fortement augmenté, passant de 39% en 2000 à 54% en 2013, tandis que la part des produits pétroliers a diminué dans la même mesure sur la période 2000-2013. Cette nouvelle répartition est le résultat de la politique du Gouvernement tunisien visant l'encouragement de l'utilisation du gaz naturel, particulièrement dans le secteur de la production d'électricité.

Figure 10: Consommation d'énergie primaire par produit

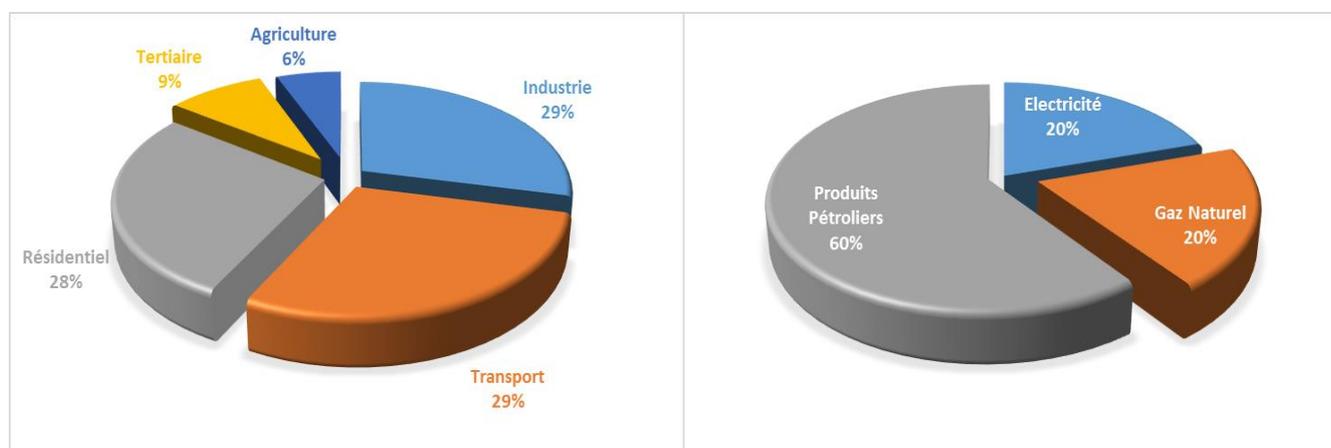


Source : ANME, 2014

En 2014, la consommation d'énergie finale des secteurs résidentiel et tertiaire a atteint 37% de la consommation totale (28% pour le résidentiel et 9% pour le tertiaire) contre 29% pour l'industrie et 29% pour le transport. Le reste revient à l'agriculture qui ne représente que 6%. L'attention dans la politique d'EE doit être portée d'une manière équilibrée au niveau des trois secteurs, avec un petit privilège pour le secteur des bâtiments en général, étant donné son poids dans la consommation d'énergie finale.

Cette consommation finale est couverte à raison de 60% par les produits pétroliers contre 20% pour l'électricité et le gaz naturel. L'attention doit être la même pour toutes les formes d'énergie, compte tenue de la structure de consommation d'énergie finale.

Figure 11: Consommation d'énergie finale



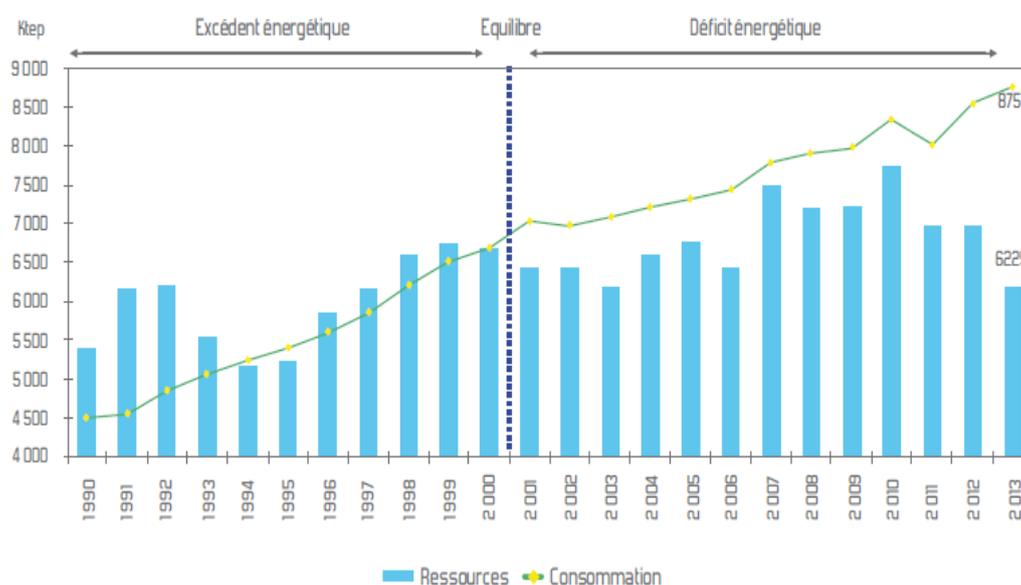
Source : ONE, 2014

## 2.1 Evolution du bilan énergétique à l'échelle nationale

Durant la dernière décennie, l'évolution du bilan énergétique tunisien a été marquée par la détérioration du solde énergétique, la baisse de la contribution de l'énergie dans la formation du PIB et l'augmentation de la consommation d'énergie dans l'ensemble des secteurs économiques.

Le bilan énergétique de la Tunisie a évolué d'une situation excédentaire (1990-1994) vers une situation d'équilibre (1994-2000), puis à une situation déficitaire observée depuis l'année 2001.

Figure 12: Ressources nationales et consommation d'énergie primaire



Source : ONE, 2014

En effet, la consommation d'énergie primaire a plus que doublé, passant de 4,5 mtep (mégatonnes d'équivalent pétrole) en 1990 à environ 8,8 mtep en 2013, alors que la production d'hydrocarbures a connu une stagnation autour de 7 mtep sur la même période. La tendance à la hausse des besoins énergétiques et la stagnation de la production des ressources fossiles ont induit un déficit énergétique structurant qui a atteint 2,5 mtep en 2013.

Ce déficit a entraîné une nette dégradation de la balance commerciale et des finances publiques du pays, en raison de la forte subvention de l'énergie domestique. La part des dépenses énergétiques dans le PIB a augmenté, passant de 8,7 % en 2008 à plus de 15 % en 2013. Au même moment, les importations d'énergie ont atteint 6,8 milliards de TND en 2013, représentant 17 % des importations totales du pays.

## **2.2 Dépendance aux importations d'énergies fossiles**

Le mix énergétique de la Tunisie repose à ce jour, quasi-exclusivement, sur l'utilisation des énergies fossiles : le gaz naturel et les produits pétroliers assurent 98% de la consommation d'énergie primaire, alors que les énergies renouvelables (hors biomasse, essentiellement l'éolien, le solaire thermique et plus récemment aussi le solaire photovoltaïque) ne dépassent pas 2% de la couverture des besoins énergétiques.

La production nationale de gaz naturel couvre 53% de la consommation d'énergie primaire, tandis que l'importation de gaz algérien en assure 47%. La consommation totale de gaz naturel est répartie à hauteur de 73% pour la production d'électricité consacrée aux besoins des différents secteurs, contre 27% pour les secteurs de l'industrie et des bâtiments.

La production d'électricité dépend à 95% du gaz naturel. Cette forte dépendance risque de poser un sérieux problème de sécurité de production électrique. Notons que la production nationale de gaz naturel connaît une stagnation, voire une baisse ces dernières années et que le forfait du gazoduc algérien est aussi en baisse, du fait que les exportations de l'Algérie vers l'Italie à travers la Tunisie ont, elles aussi, fortement diminué ces dernières années suite à la crise économique en Europe du Sud. En conséquence, les recettes de l'Etat tunisien en gaz naturel découlant de ces transactions ont connu elles aussi une forte baisse.

La production nationale de produits pétroliers assure 40% de la consommation d'énergie primaire, contre 60% provenant de l'importation. La consommation totale de produits pétroliers correspond à 56% pour le secteur des transports, contre 44% pour l'industrie, le bâtiment et l'agriculture. Le secteur des transports est fortement dépendant des produits pétroliers, qui représentent 99% de sa consommation d'énergie.

## **2.3 Vers une nouvelle politique de transition énergétique**

### **2.3.1 Une politique orientée vers l'efficacité énergétique**

En 1985, le Gouvernement tunisien a créé l'Agence nationale pour la Maîtrise de l'Énergie (ANME), dont la mission à cette époque se focalise principalement sur la promotion de l'efficacité énergétique, alors même qu'à cette époque la Tunisie était un exportateur net de pétrole. L'intérêt pour les énergies renouvelables, notamment pour la production d'électricité, est venu plus tard, dans les années 2000, avec l'apparition du déficit énergétique à l'échelle nationale. La politique de la Tunisie était axée dès son lancement, en 1985, sur l'efficacité énergétique comme déterminant de développement d'une économie compétitive et efficacement consommatrice d'énergie.

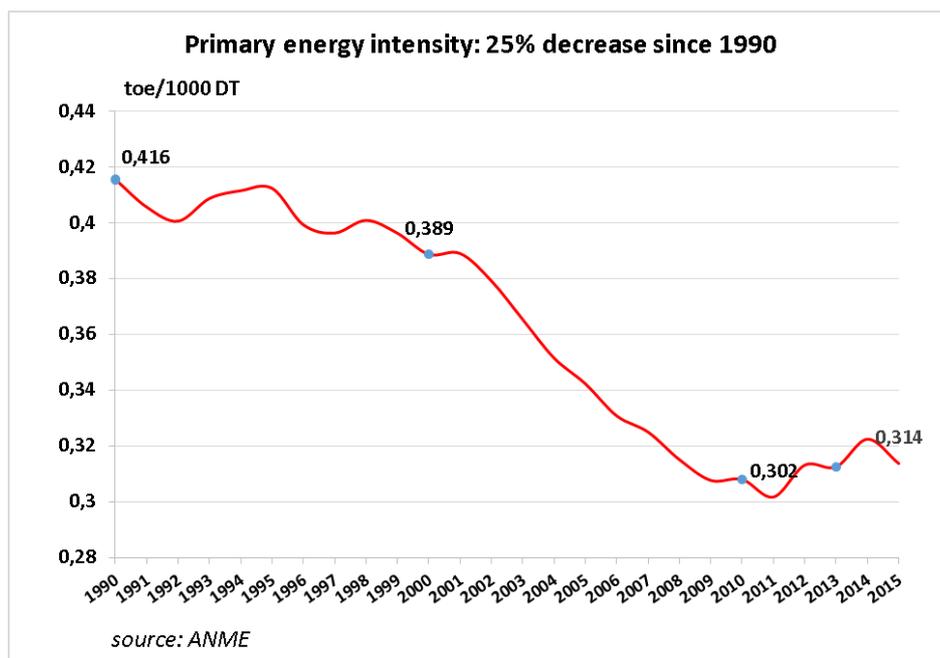
Cette orientation institutionnelle de base a rapidement (dès le début des années 1990) permis le développement d'un cadre réglementaire et incitatif en faveur de programmes d'efficacité énergétique, préconisant le renforcement des capacités dans le domaine des audits énergétiques, la mise en œuvre de mesures d'économie d'énergie, le choix préalable des technologies d'efficacité énergétique, et, in fine, la sensibilisation du public par rapport à l'importance stratégique de cet enjeu. C'est à partir des années 2000 et plus précisément en 2003 que la Tunisie a commencé à ressentir le besoin d'élargir sa politique vers l'intégration massive des énergies renouvelables comme sources de substitution, tant au niveau des usagers qu'au niveau de la production d'électricité.

Ainsi, la promulgation de la loi n° 2004-72 du 2 août 2004 relative à la maîtrise de l'énergie, qui a permis d'élargir les champs d'intervention de l'ANME et de créer le Fonds national pour la Maîtrise de l'Énergie (FNME) en 2005, ont constitué les deux fers de lance pour dynamiser le soutien des investissements en faveur d'une utilisation rationnelle de l'énergie et le recours aux énergies renouvelables comme solutions énergétiques durables. Ce fonds représente un acquis important dans l'histoire de la maîtrise de l'énergie en Tunisie, puisqu'il s'agit d'un système de financement indépendant, flexible et durable, impliquant l'élargissement du champ d'aide à l'investissement à d'autres activités, dont notamment les filières renouvelables, comme l'éolien, la biomasse, le chauffe-eau solaire et plus récemment le photovoltaïque. Toutes ces filières ont prouvé leur efficacité et leur maturité, de même que les technologies d'EE comme la cogénération, les bancs de diagnostic des moteurs de véhicules, etc....

Le résultat de cette politique de long terme, lancée par la Tunisie depuis plus de trente ans, s'est traduit par une baisse continue et considérable de l'intensité énergétique de l'économie tunisienne. Celle-ci a baissé de près de 25% depuis 1990, comme présenté dans le graphique ci-dessous.

Sur la période 2000-2012, les programmes lancés par l'ANME, renforçant encore ce processus, ont permis une baisse de l'intensité énergétique primaire de 2% par an, contre une baisse annuelle moyenne de 0,7% sur la période 1990-2000.

Figure 13: Evolution de l'intensité d'énergie primaire en Tunisie



Source : ANME, 2014

L'accélération de la baisse, qui traduit la déconnexion réussie entre la croissance économique et la consommation énergétique du pays, fait de la Tunisie un pays précurseur et avant-gardiste dans ce domaine, non seulement dans le contexte de la région MENA, mais parmi les pays en développement, plus généralement. En effet, selon les données de l'AIE-2012, son intensité énergétique, qui se situe au niveau de la moyenne du monde (0,31 tep/1000\$), atteint moins de la moitié de celle de la moyenne de l'Afrique (0,75 tep/1000\$). Par contre, elle est presque le double de celle de la France (0,17 tep/1000\$) et de l'OCDE (0,18 tep/1000\$).

### **2.3.2 Nouvelle politique de transition énergétique**

La politique mise en œuvre jusqu'en 2012 pouvait certes améliorer conjoncturellement la situation pendant un certain temps, mais n'a pas pu réellement lever les défis et apporter des solutions à long terme et de façon durable. Ces solutions nécessiteraient, plus tôt, un changement structurel du système énergétique.

De ce fait, face à la dégradation sévère de la situation énergétique et économique du pays, d'un côté, mais aussi devant l'amélioration spectaculaire des performances technologiques et financières des énergies renouvelables, de l'autre côté, le Gouvernement tunisien a lancé en 2013 un débat national sur l'énergie pour définir les nouveaux objectifs stratégiques de sa politique, en concertation avec l'ensemble des acteurs concernés. Cette nouvelle stratégie vise les objectifs suivants :

- Réduire la demande d'énergie primaire de 17% en 2020 et de 34% en 2030, et ce par rapport au scénario tendanciel ;
- Atteindre une part des énergies renouvelables dans la production d'électricité de 14% en 2020 et de 30% à l'horizon 2030 ;
- Réduire les émissions de GES de 48% à l'horizon 2030 par rapport au scénario tendanciel.

Tableau 2: Axes de la politique de transition énergétique en Tunisie

Niveau	Référence	Points saillants
Politique de développement du pays	Note d'orientation décennale 12 <sup>ème</sup> plan de développement 2016-2020 Contribution prévue déterminée au niveau national (INDC) soumise à la CCNUCC en octobre 2015	Emplois Développement régional Equilibre des finances publiques Réduction de l'intensité carbone de 48% en 2030 par rapport à 2010
Stratégie de développement du secteur de l'énergie	Stratégie en cours de finalisation	Sécurité d'approvisionnement énergétique Mix énergétique plus durable Vérité des prix Développement de l'efficacité énergétique Développement des énergies renouvelable
Stratégie de développement des énergies renouvelables	Stratégie nationale de développement des ER	Changement d'échelle dans la diffusion des chauffe-eau solaires 30% d'ER à l'horizon 2030 dans la production d'électricité Place plus importante à l'investissement privé (autoproduction, IPP et Net-metering)
Plans de développement des filières renouvelables	Plan solaire tunisien	Parc cumulé en 2030 : Chauffe-eau solaire : 2.850 m <sup>2</sup> Eolien : 1755 MW PV : 1510 MW CSP : 450 MW Biomasse : 100 MW
Plan d'action d'accompagnement	Plan d'action RRA	A développer selon le processus de concertation avec les acteurs

Pour atteindre ces objectifs, l'Etat tunisien a mis en place un certain nombre d'instruments qui renforcent les outils existants, dont on citera notamment :

- La création du Fonds de Transition énergétique, qui vient remplacer l'ancien Fonds national de Maîtrise de l'Énergie en augmentant ses ressources, en diversifiant ses modes d'intervention et en élargissant l'éventail des actions éligibles ;
- L'adoption de la nouvelle loi 12-2015 du 11 mai 2015, sur la production indépendante d'électricité à partir des énergies renouvelables, qui devrait être opérationnelle en 2016 par la promulgation de ses décrets d'application ;

- La mise à jour du Plan solaire tunisien, initialement publié en 2009, qui définit les trajectoires et les modalités des investissements à réaliser dans les différentes filières d'énergies renouvelables d'ici à 2030 pour atteindre l'objectif d'un taux de pénétration de 30%.

L'opérationnalisation du Plan solaire tunisien et la mise en œuvre de ses activités nécessiteront, toutefois, le développement de conditions cadres en faveur de la transition énergétique et la levée de certaines barrières d'ordre :

- Réglementaire, en relation avec l'accès au réseau électrique, aux conditions de cession de l'excédent d'électricité à la STEG, aux procédures imposées pour les régimes d'autorisations et de concessions ;
- Technique, en relation, surtout, avec l'infrastructure et la capacité du réseau à absorber l'électricité renouvelable et
- Économique, en relation notamment avec le tarif d'achat et sa formule d'indexation, de même que le régime fiscal des projets.

L'identification de ces barrières et de leurs solutions devraient faire l'objet d'un processus de consultation avec les principales parties prenantes, dans une logique de concertation autour des problématiques majeures qui bloquent la mise en œuvre du Plan solaire tunisien.

### 3 Evaluation du marché des biens et des services dans le domaine de la maîtrise de l'énergie

En se référant aux programmes de maîtrise de l'énergie mis en œuvre depuis 2005, l'évaluation des biens et des services relatifs à la création d'emploi correspondants couvrent les domaines et les activités suivantes :

**Energies  
Renouvelables**

- **Marché du solaire thermique**
- **Marché du solaire Photovoltaïque**
- **Marché de l'éolien**

**Efficacité  
énergétique**

- **Audits énergétiques et CP**
- **Efficacité énergétique dans les bâtiments**
- **La cogénération**
- **Diagnostic moteur des véhicules**
- **Equipements économes en énergie**

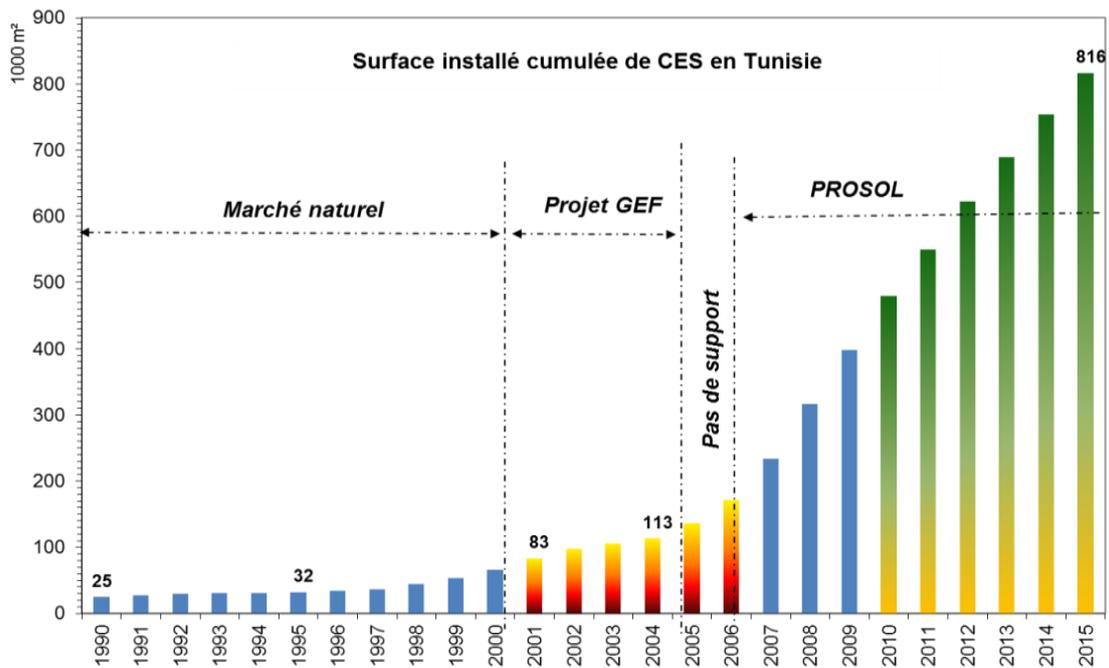
#### 3.1 Marché du solaire thermique

##### 3.1.1 Secteur résidentiel

Le mécanisme multi-acteurs PROSOL, visant à promouvoir le marché des chauffe-eau solaires (CES) dans le secteur résidentiel à travers la levée des barrières d'ordre économique et financier, a commencé en 2005. Il est basé sur une combinaison d'incitations et d'instruments de financement qui crée une formule gagnant-gagnant entre les acteurs du marché (fournisseurs, installateurs, consommateurs, pouvoir public, banques). Il comprend principalement les composantes suivantes :

- Un crédit bancaire pour l'acquisition de CES à un taux d'intérêt réduit, remboursé à travers la facture d'électricité de la STEG. Les sources de financement des prêts bancaires viennent d'une banque privée (Attijari Bank), sélectionnée pour une période de 5 ans suite à un appel à concurrence ;
- Une prime publique de 100 TND/m<sup>2</sup> de capteur solaire thermique octroyée par le Fonds de Transition énergétique (FTE) ;
- Des incitations fiscales comprenant l'exonération de la TVA et le paiement des droits de douanes au taux minimum au titre des matières premières et des produits semi-finis concourant à la fabrication des CES. Cette mesure bénéficie au consommateur final.

Figure 14: Surface cumulée des capteurs solaires



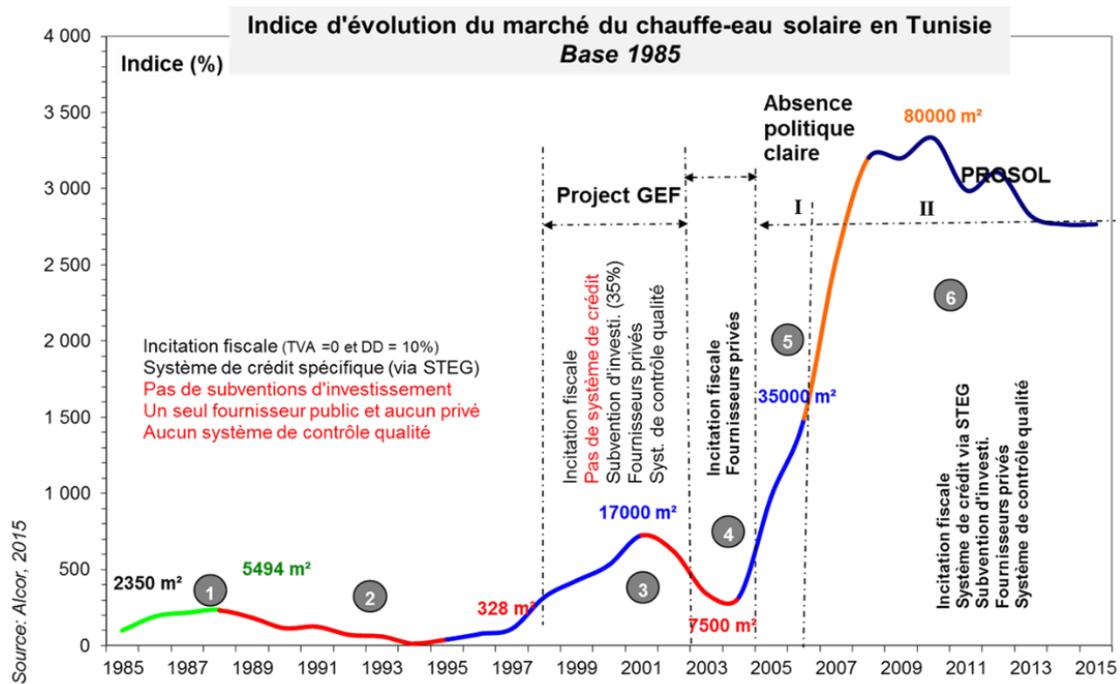
Source : ANME, 2016

Outre la composante financière, une série de mesures d'accompagnement a été mise en place, dont notamment des campagnes de communication et de sensibilisation, des programmes de renforcement des capacités et un dispositif d'accréditation des fournisseurs, installateurs et produits. Ces mesures visent surtout à garantir la qualité des produits et des services associés.

PROSOL a permis une véritable transformation du marché du solaire thermique en Tunisie, en multipliant la capacité annuelle installée par dix, passant de 7.500 m<sup>2</sup> par an en 2004 à environ 70.000 m<sup>2</sup> par an actuellement. La capacité totale installée a atteint 816.000 m<sup>2</sup> à la fin de 2015, contre 120.000 m<sup>2</sup> en 2004.

La figure suivante met en évidence le changement d'échelle observé à partir de 2005, résultat d'une série de mesures fondées essentiellement sur l'ingénierie financière. Ce processus a permis de lever la barrière de l'investissement initial à travers l'accès au crédit bancaire et d'améliorer la rentabilité des CES pour le consommateur final à travers la prime à l'acquisition, dans le but de stimuler l'évolution et la prise d'ampleur du marché.

Figure 15: Evolution du marché du CES en fonction des mesures appliquées



Cette dynamique a permis, entre autres, d'attirer près de 50 fournisseurs de CES et de créer un tissu industriel formé actuellement par 7 fabricants et assembleurs locaux, pour atteindre au total plus de 1.200 installateurs sur toute la période du programme. Celui-ci est axé sur les micro-entreprises, dont environ la moitié sont actives en permanence.

Le programme PROSOL a permis de réaliser un chiffre d'affaires global d'environ 228 millions de TND au cours de la période 2010-2015. Environ 68% du marché est desservi par l'industrie locale, avec une forte dynamique concurrentielle au niveau du marché tunisien, expliquée par la stagnation du prix du CES sur toute la période, et ce malgré l'augmentation des prix des matières premières, la dévaluation du Dinar tunisien et la croissance des charges. Après dix ans de forte croissance, le marché du CES en Tunisie est parvenu à la maturité, au moins dans le secteur résidentiel. Les prévisions de réalisations au-delà de 2015 devraient se poursuivre, se situant autour de 80.000 m<sup>2</sup> par an, dans le but d'atteindre 1,3 millions de m<sup>2</sup> de capacité installée à l'horizon 2020 et environ 2,7 million de m<sup>2</sup> en 2030.

Tableau 3: Marché du CES dans le secteur résidentiel (PROSOL, 2010-2015)

PROSOL Résidentiel	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL 2010-2015
Surface installée (m <sup>2</sup> /an)	81 000	70 262	72 986	66 253	65 000	68 000	423 501
Surface cumulée (m <sup>2</sup> )	81 000	151 262	224 248	290 501	355 501	423 501	423 501
Nombre de systèmes	32 400	26 953	28 517	26 015	26 000	26 000	139 885
% fabricants	67%	65%	68%	68%	72%	70%	68%
% importateur	33%	35%	32%	32%	28%	30%	32%
Investissement (1000 TND)	40 925	38 644	40 142	36 439	35 750	35 750	227 651
Nombre fournisseurs	46	47	48	49	50	52	52
Nombre Installateurs	1 100	1 125	1 150	1 175	1 200	1 200	1 200
<b>Impacts Energétique</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>TOTAL</b>
EE (tep primaire/m <sup>2</sup> )	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	
EE (tep)	5 670	4 286	4 452	4 041	3 965	4 148	41 830

Source (ANME, 2016)

Il est important de souligner que PROSOL est aujourd'hui un programme phare dans le monde : unanimement reconnu comme un mécanisme approprié et innovant, il est recommandé par plusieurs bailleurs de fonds internationaux et répliqué dans plusieurs autres pays, dont le Maroc, l'Afrique du Sud, l'Egypte, l'Uruguay et le Rwanda.

Le programme PROSOL constitue donc une réelle histoire de succès - « Success story » - permettant la création d'une formule durable gagnant-gagnant entre les différents acteurs, ce qui fait sa pérennité et sa durabilité. Les facteurs clés expliquant son succès sont :

- i) La mobilisation des institutions publiques dans le cadre du PPP ;
- ii) La garantie de recouvrement donnée par la STEG aux banques et/ou aux bailleurs de fonds en valorisant le droit de recourir à la coupure d'électricité en cas d'impaiement ;
- iii) Les fournisseurs et/ou installateurs ont aussi la garantie d'être payés grâce au soutien direct des pouvoirs publics. Les ménages participants ne sont pas obligés d'utiliser leurs propres moyens pour l'acquisition du CES, mais ils le font grâce à des facilités de paiement à travers les factures d'électricité.

Toutefois, les points faibles du PROSOL sont les suivants: i) les procédures sont assez longues et lourdes, créant des surcoûts de transactions cachés pour tous les fournisseurs ; ii) les subventions et les crédits, assez rigides et généralisés, ne stimulent pas la concurrence entre les fournisseurs et/ou installateurs et ne favorisent donc pas des initiatives pour une amélioration de la compétitivité) ; iii) le programme nécessite des institutions publiques pour pouvoir continuer à fonctionner, même si le CES est rentable sans eux.

### 3.1.2 Secteur tertiaire

Le succès de PROSOL dans le secteur résidentiel a ouvert la voie à l'élaboration d'un deuxième mécanisme de caractère similaire, appelé PROSOL Collectif, visant la diffusion à grande échelle des installations de solaire thermique dans le secteur tertiaire. En Tunisie, ce secteur est fortement dominé par les hôtels, les hôpitaux et cliniques, les hammams (bains turcs) et les foyers universitaires qui représentent donc une cible privilégiée de PROSOL Collectif. Celui-ci a été élaboré conjointement par le PNUE et l'ANME et mis en application à partir de 2008. PROSOL Collectif correspond à :

- Des subventions pour les études de faisabilité des projets d'équipement des installations par l'énergie solaire thermique ;
- Des subventions à l'investissement et pour les coûts de maintenance des installations sur une durée de 5 ans ;
- Une bonification du taux d'intérêt (2 points) lié aux prêts souscrits par les bénéficiaires auprès de leurs banques ;
- Des incitations fiscales, à l'instar de l'exonération de la TVA au titre de l'acquisition d'équipements solaires.

Cependant, malgré ces efforts, le marché n'a pas vécu un réel décollage en raison de certaines contraintes, dont notamment les difficultés de mobiliser l'investissement initial et les conditions critiques du secteur hôtelier après la révolution. En effet, seulement 11.500 m<sup>2</sup> de capteurs solaires ont été installés au total, soit une moyenne d'environ 1.900 m<sup>2</sup>/an, ce qui correspond à un chiffre d'affaires total de 6,2 millions de TND à ce jour.

Tableau 4: Marché du solaire thermique dans le secteur tertiaire (2010-2015)

PROSOL Tertiaire	2010	2011	2012	2013	2014	2015	TOTAL
Surface Installée (m <sup>2</sup> )	2 960	2 436	1 193	867	1 995	2 000	11 451
Surface cumulée (m <sup>2</sup> )	3 460	5 896	7 089	7 956	9 951	11 951	11 951
Investissement (MDT)	1,7	1,2	0,6	0,5	1,1	1,1	6
Opérateurs éligibles							
Installateurs	29	29	23	21	17	15	15
Bureaux d'études	20	21	23	17	17	17	17
Bureaux de contrôle	3	3	3	3	4	4	4

Source : ANME, 2016

En termes d'offres de service, un nouveau noyau de compétences, très restreint, a été créé, comptant actuellement :

- 17 bureaux d'études spécialisés dans la conception et le dimensionnement des installations solaires collectives ;
- 15 entreprises d'installation, agréées par le Ministère de l'Équipement et spécialisées dans l'installation et la maintenance des systèmes solaires collectifs.

### 3.2 Marché du solaire photovoltaïque

L'approche PROSOL a aussi été utilisée pour soutenir le développement du PV connecté au réseau, qui a démarré en 2010 avec le programme "PROSOL Elec". Dans sa première phase pilote et d'initiation des parties prenantes, l'objectif fixé se situait autour de 1,5 MW sur la période 2010-2011. "PROSOL Elec" est basé sur un mécanisme de financement qui ressemble beaucoup à son successeur historique et qui accorde les incitations suivantes :

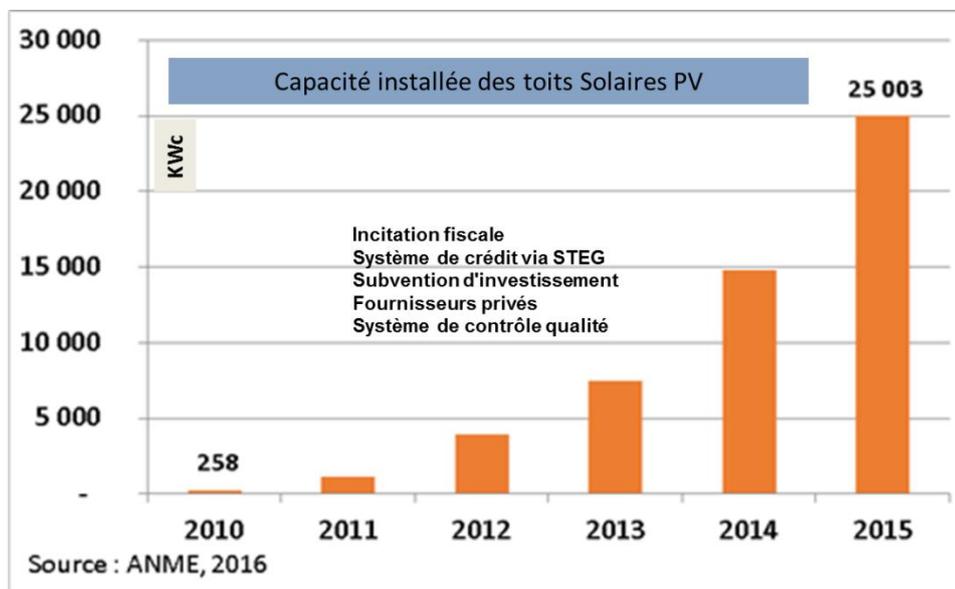
- Une subvention du Fonds national pour la Maîtrise de l'Énergie (FNME), représentant 30% du coût de l'investissement de l'installation photovoltaïque et plafonnée à 3.000 TND par kWc et à 15.000 TND pour toute l'installation photovoltaïque ;

- Une prime supplémentaire de 10% du coût de l'investissement, accordée par le Ministère italien de l'Environnement, de la Protection du Territoire et de la Mer (MIET) à travers le centre MEDREC à Tunis ;
- La prise en charge par la STEG du coût de l'onduleur ;
- Un crédit bonifié à un taux d'intérêt de 0% d'une durée de 5 ans, remboursable sur la facture STEG. Ce crédit est accordé dans le cadre d'une ligne de crédit mise à disposition à la STEG par la banque privée "Attijari Bank" choisie par voie de concurrence.

Dans sa deuxième phase (actuellement en cours), PROSOL Elec n'a conservé que la composante « subvention », servie sur le FNME, et la composante « crédit », dont la durée de remboursement a été étendue à 7 ans, avec un taux d'intérêt égal au taux du marché monétaire majoré de 1,2 % (TMM+1,2).

Jusqu'à la fin de 2015, environ 10.000 ménages tunisiens ont installé un système PV, ce qui a permis d'atteindre une capacité installée cumulée totale d'environ 25 MW, représentant un chiffre d'affaires global d'environ 120 millions de TND.

Figure 16: Puissance PV cumulée installée en Tunisie - Toits solaires



Source : ANME, 2016

Ce programme a permis, entre autres, de créer un tissu industriel formé actuellement par 5 fabricants et plus de 200 installateurs. L'offre de service autour du PV créée par le programme "PROSOL Elec" est présentée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 5: Marché PV (PROSOL Elec)

PROSOL Elec	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2010-2015
Nbre logement	139	451	1 262	1 468	2 663	3 492	9 475
KWc	258	876	2 760	3 537	7 344	10 228	25 003
KWc Cumulée	258	1 134	3 894	7 431	14 775	25 003	25 003
Investissement (MDT)	2	7	17	17	32	44	119
<b>Opérateurs</b>							
Total opérateurs	51	80	114	142	173	216	216
dont fabricant	-	-	1	3	4	5	5

Source : ANME, 2016

Cette dynamique devrait s'accélérer au cours des prochaines années, dans le cadre de la mise en œuvre de la nouvelle version du Plan solaire tunisien, approuvé en mai 2015, qui prévoit d'atteindre une puissance cumulée de 135 MWc à la fin de 2020.

### 3.3 Marché de l'éolien

Le développement de l'éolien en Tunisie a commencé au début des années 2000 à travers la réalisation par la STEG d'un parc d'une capacité initiale de 10 MW à Sidi Daoud en 2001, puis son extension à 20 MW en 2003 pour atteindre 55 MW en 2008. La capacité installée totale dans le secteur éolien tunisien a été portée à 175 MW en 2011, puis à 245 MW en 2012, totalisant un investissement global de 409 millions de TND.

En dépit du potentiel technique éolien assez important, estimé par l'atlas éolien, développé par l'ANME, à environ 8.000 MW, le manque d'ouverture du marché électrique aux investisseurs privés ainsi que l'absence de potentiels d'export de l'électricité éolienne vers d'autres pays, continuent à constituer des entraves majeures pour le développement d'une filière industrielle locale dans ce secteur en Tunisie.

En effet, la Tunisie dispose d'un embryon d'industrie locale capable de fournir divers composants d'une installation éolienne (tours avec SOCOMININE installée à Sfax, câbles avec CHAKIRA installée à Ben Arous, transformateurs avec SACEM installée à Bizerte, tableaux de commande avec différentes entreprises, etc.). Cette situation rend la filière éolienne prometteuse en termes d'intégration industrielle en Tunisie, notamment en tenant compte du potentiel de régionalisation. Le marché tunisien peut par ailleurs assurer des services liés à la logistique et à la construction, outre ceux liés à l'exploitation et à la maintenance des centrales éoliennes.

### **3.4 Audits énergétiques et contrats-programmes (CP)**

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

La plus récente révision du cadre réglementaire, en 2004 et en 2009, est venue renforcer cette activité à travers la promotion des investissements dans le domaine de l'efficacité énergétique, surtout auprès des entreprises énergivores.

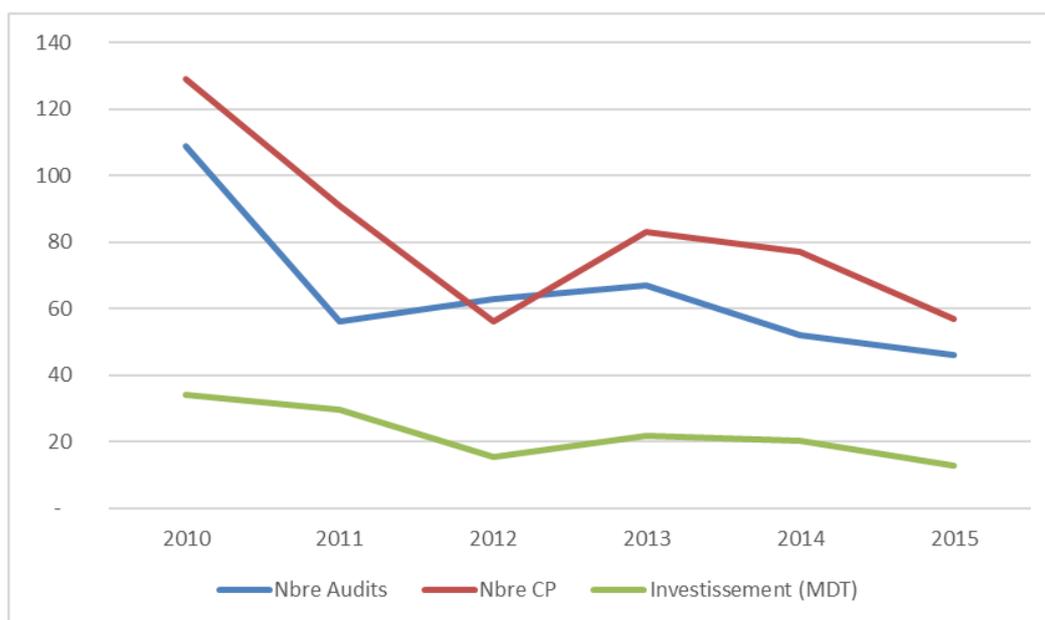
Selon la nouvelle réglementation en vigueur, les audits énergétiques, obligatoires, doivent être réalisés tous les cinq ans pour les entreprises dépassant un certain seuil de consommation énergétique annuelle :

- 800 tep par an pour les entreprises du secteur industriel ;
- 500 tep par an pour les sociétés de transport ;
- 500 tep par an pour les bâtiments du secteur tertiaire (hôpitaux, hôtels, etc.) ;
- 200 tep par an pour le secteur du bâtiment neuf (audit énergétique sur plan).

Le résultat des audits énergétiques devrait aboutir à l'élaboration d'un plan d'action d'efficacité énergétique qui sera réalisé dans le cadre d'un contrat-programme signé entre l'ANME et les établissements bénéficiaires. Les investissements à mobiliser pour la réalisation du plan d'action permettent de bénéficier des primes spécifiques d'aide à l'audit et aux investissements matériels et immatériels, octroyées par le FNME.

Comme le montre le graphique ci-dessous, l'activité des audits et du programme au cours de la période 2010-2015 a diminué, notamment depuis 2011, en raison de la situation politique et économique critique dans le pays à l'issue de la révolution. De plus, cette période, qui a été principalement consacrée à la révision de la stratégie énergétique en vigueur, a permis la conception et la définition d'un nouveau plan d'action pour la période 2016-2030.

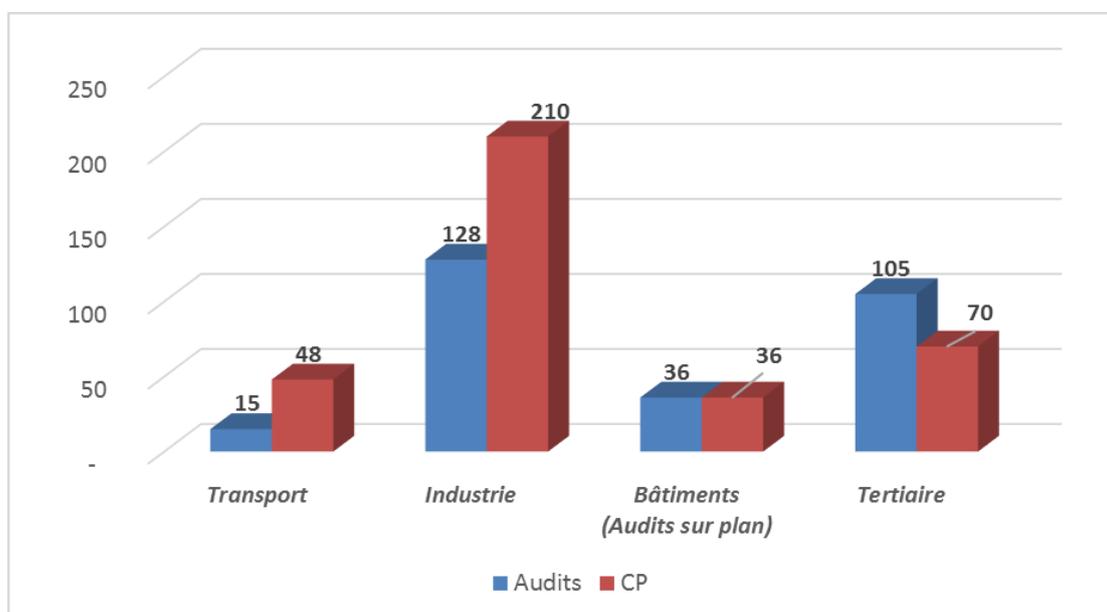
Figure 17: Evolution de l'activité des audits et des contrats programme



Source : ANME, 2016

En effet, 284 audits énergétiques ont été réalisés au cours de la période 2011-2015, et ce dans différents secteurs (industriel, tertiaire, bâtiments et transport). Ce nombre a accusé une baisse de 30% par rapport au nombre d'audits effectués sur la période des cinq années précédentes (2006-2010). De même, au cours de la période d'observation (2011-2015), 364 contrats-programmes ont été signés avec l'ANME, soit une baisse de près de 35% par rapport à ceux réalisés pendant la période (2006-2010), totalisant un investissement total d'environ 100 millions de TND.

Figure 18: Nombre d'audits et de contrats programme par secteur - 2011-2015



Source : ANME, 2016

Du point de vue de l'offre, les audits énergétiques sont réalisés par des experts auditeurs relevant de bureaux d'études, ou encore par des ingénieurs conseils agréés par l'ANME. Le nombre d'experts auditeurs, qui n'a guère évolué, stagne actuellement autour de 160 experts dans les différents secteurs, au vu de la saturation actuelle du marché.

La réalisation des plans d'action inscrits dans les CP nécessite de plus en plus l'intervention d'experts en accompagnement, chargés d'assister les entreprises dans la mise en œuvre de leurs projets d'efficacité énergétique. Cette mesure est actuellement à l'état d'étude par les institutions publiques en vue de la rendre éligible aux incitations des actions immatérielles.

Par ailleurs, outre les audits et les contrat-programmes dans le secteur du bâtiment, nous avons enregistré une nette évolution de l'application de la réglementation thermique des bâtiments, à savoir le nombre d'autorisations de bâtir délivrées en conformité avec cette réglementation. En effet, au cours de la période 2011-2015, 40.270 bâtiments, totalisant environ 4,3 millions m<sup>2</sup>, sont conformes à la réglementation thermique en vigueur, soit une moyenne de 8.000 bâtiments par an, dont 82% sont des bâtiments résidentiels. Cette activité devrait augmenter davantage l'employabilité dans le domaine de l'efficacité énergétique des bâtiments, sous réserve de l'application rigoureuse des dispositions réglementaires.

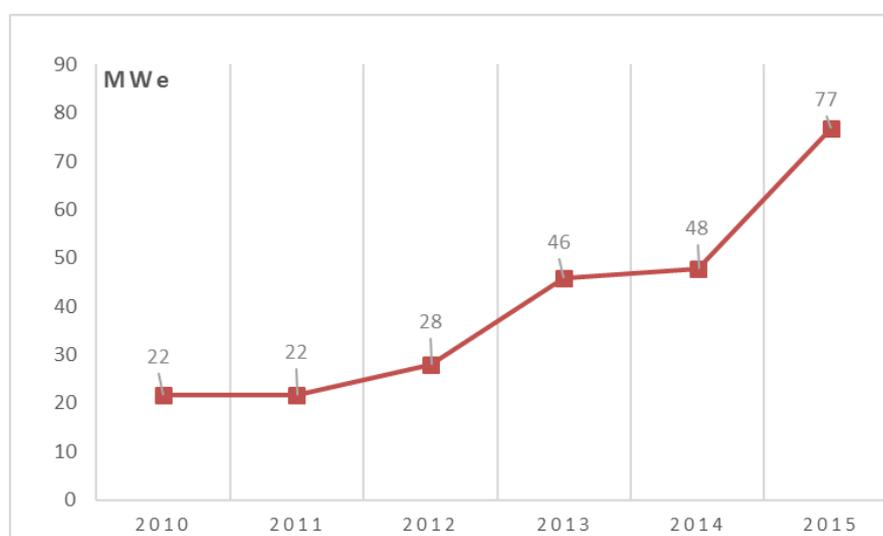
### 3.5 Marché de la cogénération

Le développement de la cogénération en Tunisie a été lancé depuis 2001 avec la publication du décret y afférant, fixant les règles et les modalités de mise en œuvre des projets de cogénération. Les entreprises désirant réaliser un projet de cogénération peuvent bénéficier d'une prime d'investissement allant jusqu'à 500.000 TND, octroyée par le FNME.

Malgré un fort potentiel, estimé par l'ANME à environ 606 MW, les réalisations demeurent en deçà des objectifs fixés puisque, à fin 2015, la puissance installée cumulée n'a atteint que 77 MW, dont 65 MW installés sur la période 2010-2015 pour un investissement global d'environ 80 millions de TND.

La figure suivante présente l'évolution du marché de la cogénération dans le secteur industriel sur la période 2010-2015.

Figure 19: Puissance cumulée de cogénération installée



Source : ANME, 2016

## **4 Evaluation des emplois créés**

### **4.1 Approche méthodologique**

Dans cette partie, nous nous proposons d'évaluer les emplois directs créés dans le cadre des programmes nationaux d'efficacité énergétique et de déploiement des énergies renouvelables sur la période 2010-2015. La création d'emplois directs dans les différents domaines, secteurs et filières, est chiffrée en nombre d'emplois permanents (EP) ou d'emplois intermittents (EI).

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 des services liés à l'efficacité énergétique et au déploiement des énergies renouvelables. Il s'agit d'emplois en équivalent temps plein nécessaires à la réalisation d'une activité donnée.

Ces hypothèses, qui ont abouti à la détermination des ratios d'employabilité exprimés en termes d'emplois par unité de réalisation (MW installé, m<sup>2</sup> installé, audit réalisé, CP établi, etc.) ont été élaboré suivant différentes méthodes prenant en considération la spécificité des activités et filières. Parmi ces méthodes, nous citons notamment :

- Des enquêtes auprès des fournisseurs (importation et fabrication) et installateurs d'équipements pour les activités de fournitures et installateurs ;
- Des enquêtes auprès de bureaux d'études pour les activités de conception, d'études et de développement ;
- Des estimations se basant sur l'expérience internationale et/ou l'expérience des consultants pour certaines activités dont l'information n'est pas disponible à l'échelle locale, à l'instar de l'éolien ;
- Des inventaires, à l'instar de ceux fournis par les importateurs et les fournisseurs d'équipements économes en énergie, ainsi que par certains organismes d'appui.

A l'issue de l'évaluation rétrospective des emplois créés par les activités de l'ANME, nous avons élaboré des indicateurs spécifiques au contexte tunisien pour différents domaines/filière, reliant l'employabilité aux investissements correspondants, à savoir les facteurs d'employabilité économique définis comme étant le rapport entre la différence des emplois créés et la différence des investissements mobilisés entre les années 2010 et 2015.

### **4.2 Caractérisation des emplois directs**

L'analyse du marché de l'emploi dans le domaine de l'efficacité énergétique et du déploiement des énergies renouvelables permet d'identifier deux types d'emplois :

- Les emplois permanents, considérés stables et à plein temps, à l'instar des activités institutionnelles (comme l'ANME, les centres techniques, etc.), des activités liées à l'exploitation des grandes installations d'énergies renouvelables, des 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 liés aux études, à la fourniture, à l'installation et à la construction. 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, qu'ils soient permanents ou intermittents, dépendent du volume d'investissement et/ou du chiffre d'affaires du marché des biens et des services relatifs à l'efficacité énergétique et au déploiement des énergies renouvelables. Par la suite, nous nous intéresserons, particulièrement, aux niches des marchés suivantes, résultants de la chaîne de valeur :
  - Fabrication d'équipements (industrialisation et intégration) ;
  - Étude, analyse, conseil et conception ;
  - Fourniture, construction et installation d'équipements ;
  - Exploitation et maintenance des équipements (E&M) ;
  - Assistance et promotion (communication, financement, assurance, etc.) ;
  - Enseignement et formation ;
  - Recherche et développement (R & D) ;
  - Encadrement et administration publique.

Néanmoins, les emplois relevant des métiers cités ci-dessus dépendent souvent de la maturité de la filière ou du marché. Ce critère pourrait conditionner la stabilité de ces emplois. Par ailleurs, certains marchés sont encore à un stade embryonnaire. Du fait de l'aspect pilote des activités, ils présentent des difficultés pour l'évaluation de leur impact sur la création d'emploi. Dans ces cas, nous nous sommes basés sur des ratios issus des expériences étrangères pertinentes.

La caractérisation des différents types d'emplois et/ou de métiers par type d'activité ou de domaine est présentée dans le tableau suivant :

Tableau 6: Classification des types d'emplois par technologie

Métier Domaine	Essais et R&D	Fabrication	Etudes	Fourniture & installation	Exploitation & Maintenance
<b>Efficacité énergétique</b>					
Audits énergétiques et CP	I	N	P/I	N	N
EE dans les bâtiments	N	P	P/I	P	N
Cogénération	N	N	I	I	P
Bancs de diagnostic	N	N	N	I	P
<b>Énergies renouvelables</b>					
Solaire thermique dans le résidentiel	I	P	N	P	P
Solaire thermique dans le tertiaire	I	P	I	P	P
PV pour la production électrique	I	P	I	P	P
Eolien pour la production électrique	I	I	I	I	P

P : Permanent I : Intermittent

N : Néant

### 4.3 Evaluation des emplois directs actuels

Le nombre d'emplois directs créés en Tunisie à la fin de l'année 2015 grâce aux programmes liés à l'efficacité énergétique et aux énergies renouvelables est estimé à environ 2.874 emplois, dont 67% sont générés par les programmes du PROSOL dans les domaines du solaire thermique et photovoltaïque dans le secteur résidentiel.

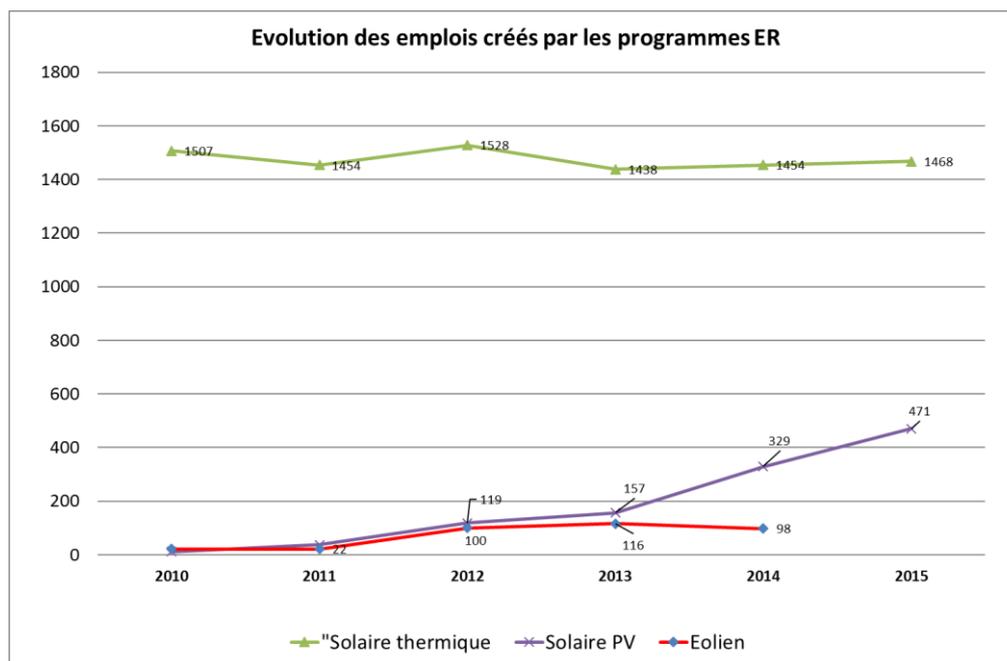
Tableau 7: Classification et nombre d'emplois créés par type d'activité

Métier	Essais & tests	Etude & développement	Fabrication	Fourniture et installation	Exploitation & Maintenance	Total emplois 2015
Domaine						
<b>Efficacité Energétique</b>	<b>30</b>	<b>53</b>	<b>99</b>	<b>543</b>	<b>98</b>	<b>822</b>
Audits Energétiques et CP	-	47	-	-	-	47
Efficacité énergétique dans les bâtiments	25	6	99	242	-	372
Cogénération	-	0,5	-	41	63	105
Bancs de diagnostic	-	-	-	-	35	35
Equipements de maîtrise d'énergie	5	-	-	260	-	265
<b>Energies Renouvelables</b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>265</b>	<b>1 391</b>	<b>379</b>	<b>2 052</b>
PROSOL Résidentiel	15	-	237	950	264	1 465
PROSOL Tertiaire	-	2	-	11	5	18
PROSOL Elec	-	-	29	430	12	471
Eolien	-	-	-	-	98	98
<b>TOTAL EE &amp; ER</b>	<b>45</b>	<b>55</b>	<b>364</b>	<b>1 934</b>	<b>476</b>	<b>2 874</b>

Source (ALCOR/Eco-Ser, 2016)

L'évolution des emplois cumulés créés au cours de la période 2010-2015, telle que présentée dans le graphique ci-dessous, montre que la cadence de la création d'emploi dans le domaine des énergies renouvelables est plus rapide que celle dans le domaine de l'efficacité énergétique. Ce constat est essentiellement dû à la nature diffuse des programmes d'ER, en particulier le programme PROSOL pour des applications thermiques et la production d'électricité PV, qui affectent une large part de la population cible. Un marché important émerge ainsi pour répondre à la demande créée et susciter l'intérêt de certaines industries.

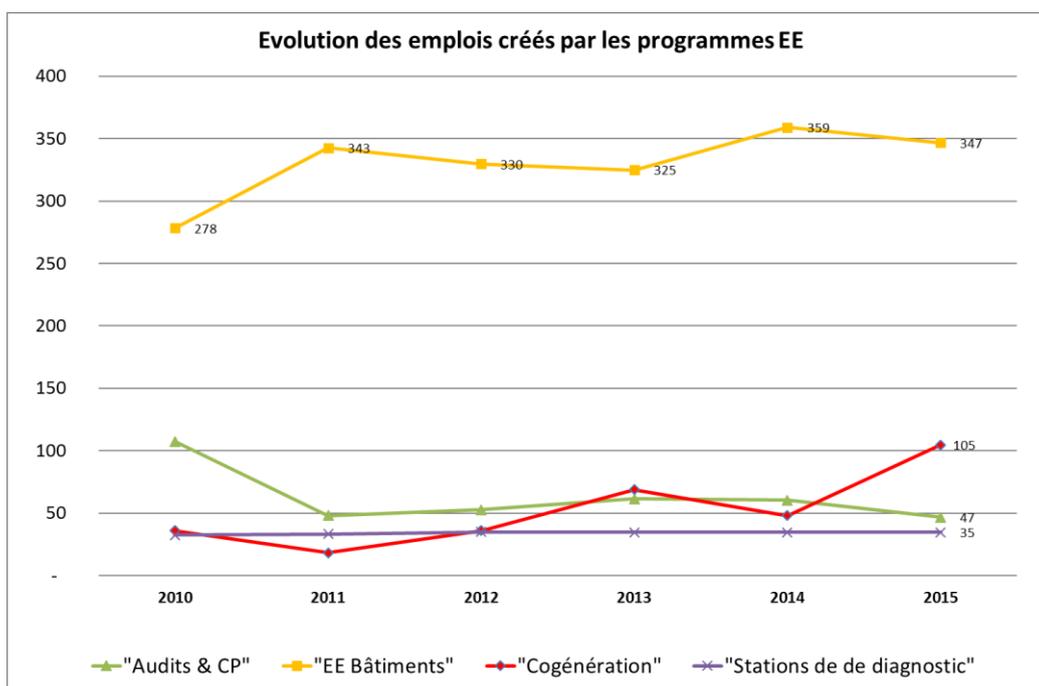
Figure 20: Evolution des emplois créés par les programmes ER



Source : ALCOR, 2016

Cependant, pour le domaine de l'efficacité énergétique, l'augmentation des emplois créés est due notamment à la nette évolution de l'activité relative à l'isolation thermique des bâtiments et ceci en dépit de la régression de l'activité des audits et des contrat-programmes.

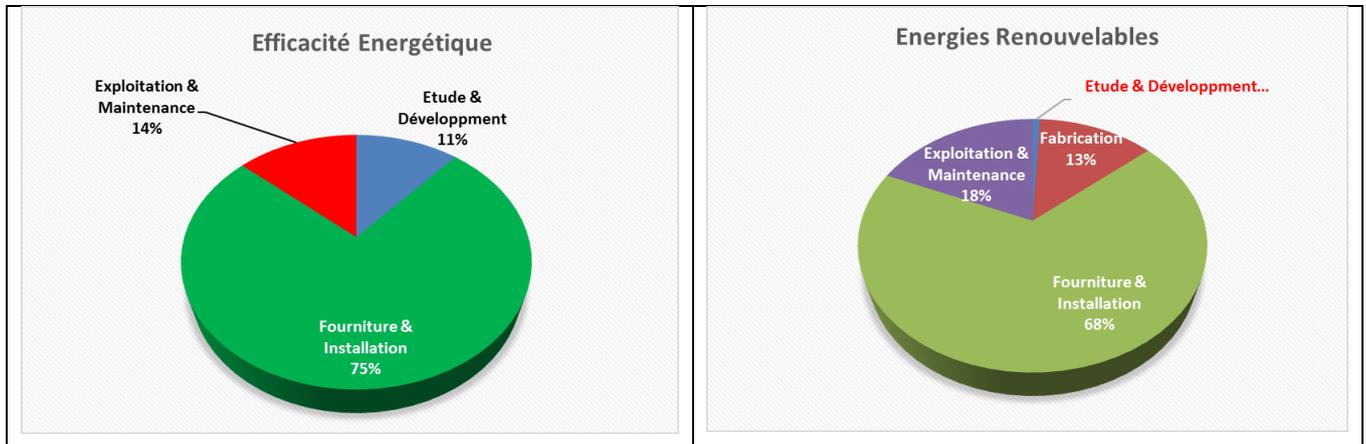
Figure 21: Evolution des emplois créés par les programmes EE



Source : ALCOR, 2016

Tel que présenté dans la *Figure 22*, la plupart des emplois créés relèvent des activités liées à la fourniture et à l'installation des équipements, qui constituent des maillons importants de la chaîne de valeur.

Figure 22: Répartition des emplois créés par les programmes ER/EE par type d'activité



Source : ALCOR, 2016

Comme indiqué précédemment, les emplois créés par les programmes de l'ANME dans le domaine de l'ER/EE sont évalués sur la base d'un certain nombre d'hypothèses, prenant en compte la chaîne de valeur de chacune des activités. Ces hypothèses sont détaillées dans ce qui suit. Dans d'autres domaines, comme les activités horizontales et les marchés d'équipements économes en énergie, l'évaluation a été basée sur un inventaire des principaux opérateurs et acteurs dans le domaine.

Dans ce sens, on compte environ 975 emplois pour les activités horizontales qui couvrent essentiellement la promotion et l'encadrement, la formation initiale et continue, les hommes-énergie (energy managers) et le consulting spécialisé, ainsi que les emplois non comptabilisés dans la fourniture d'équipements économes en énergie.

#### 4.3.1 Solaire thermique- secteur résidentiel

L'évaluation des emplois créés par le programme PROSOL dans le secteur résidentiel a été réalisée sur la base des ratios suivants :

Tableau 8: Facteurs de création d'emploi - PROSOL résidentiel

<b>Installateurs</b>		
Installation	3,4	Emplois/100 CES
	13.6	Emplois/1.000 m <sup>2</sup>
Maintenance	0,8	Emplois/1.000 m <sup>2</sup>
<b>Industriels</b>		
Fabrication	1,3	Emplois/100 CES
	5,	Emplois/1.000 m <sup>2</sup>
<b>Importateurs</b>		
Fourniture	0,	Emplois/100 CES
	3,	Emplois/1.000 m <sup>2</sup>
<b>Fournisseurs</b>		
Fourniture	1,2	Emplois/100 CES
	4.6	Emplois/1.000 m <sup>2</sup>

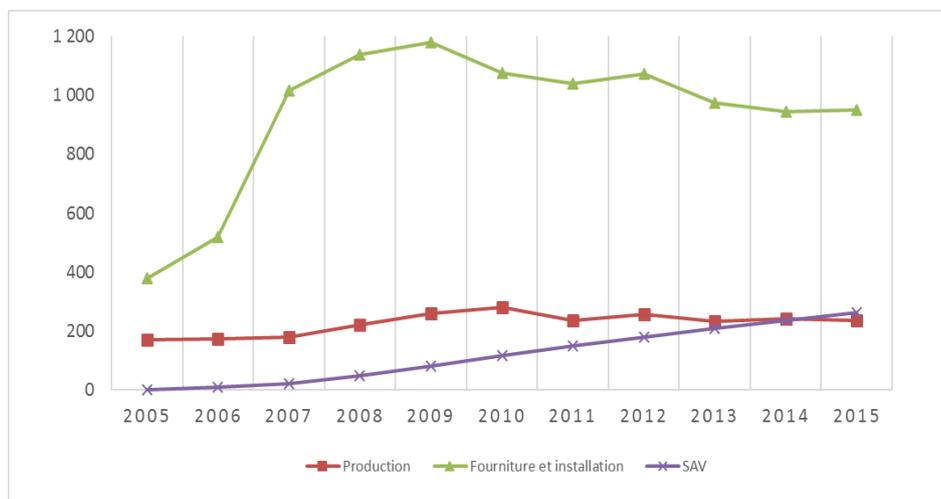
Source : Calcul ALCOR, 2016

Globalement, le ratio pondéré correspond à la création de 19 emplois locaux pour 1.000 m<sup>2</sup> installés. Étant donné le rythme stable des installations et le volume du marché, tous les emplois créés dans ce domaine sont considérés comme permanents. Le nombre total d'emplois, à la fin de l'année 2015, est évalué à environ 1.450 emplois locaux permanents, répartis comme suit :

- 237 emplois pour l'activité de fabrication des équipements ;
- 950 emplois pour l'activité de fourniture et d'installation des CES ;
- 264 pour l'activité de maintenance.

L'évolution des emplois créés par type de métier depuis le démarrage du programme est présentée dans la figure suivante.

Figure 23: Evolution des emplois créés par le programme PROSOL résidentiel



Source : ALCOR, 2016

### 4.3.2 Solaire thermique- secteur tertiaire

Pour la filière du solaire thermique collectif (PROSOL tertiaire), les impacts sur l'emploi sont calculés sur la base d'un ratio de 4,3 emplois locaux par 1.000 m<sup>2</sup> réparti par type de métier, comme indiqué dans le tableau suivant :

Tableau 9: Facteurs de création d'emploi - PROSOL tertiaire

Activité	Installation	Etudes/ Développement	Exploitation/ Maintenance
Emplois/1.000 m <sup>2</sup>	2	1,2	1,1

Source : Calcul ALCOR, 2016

Pour ce secteur, on peut considérer les emplois créés comme permanents, à l'exception de ceux liés aux études, pour lesquels les emplois sont considérés comme intermittents. Ces derniers peuvent se transformer en emplois permanents si un marché durable est assuré et qu'un véritable changement d'échelle est atteint pour cette activité. Cependant, à la fin de 2015 et en ce qui concerne les réalisations observées dans ce domaine, les emplois créés en Tunisie par PROSOL dans le secteur tertiaire sont évalués à 18 emplois.

### 4.3.3 Solaire photovoltaïque

L'évaluation des emplois créés par le programme PROSOL Elec dans le secteur résidentiel a été réalisée sur la base des ratios suivants :

Tableau 10: Facteurs de création d'emploi - PROSOL Elec

PV connecté au réseau (PROSOL Elec)		
Puissance moyenne par installation	2.5	kW
Fabrication (encapsulation)	14	emplois/MW
Fourniture et installation	42	emplois/MW
Maintenance	0.8	emplois/MW

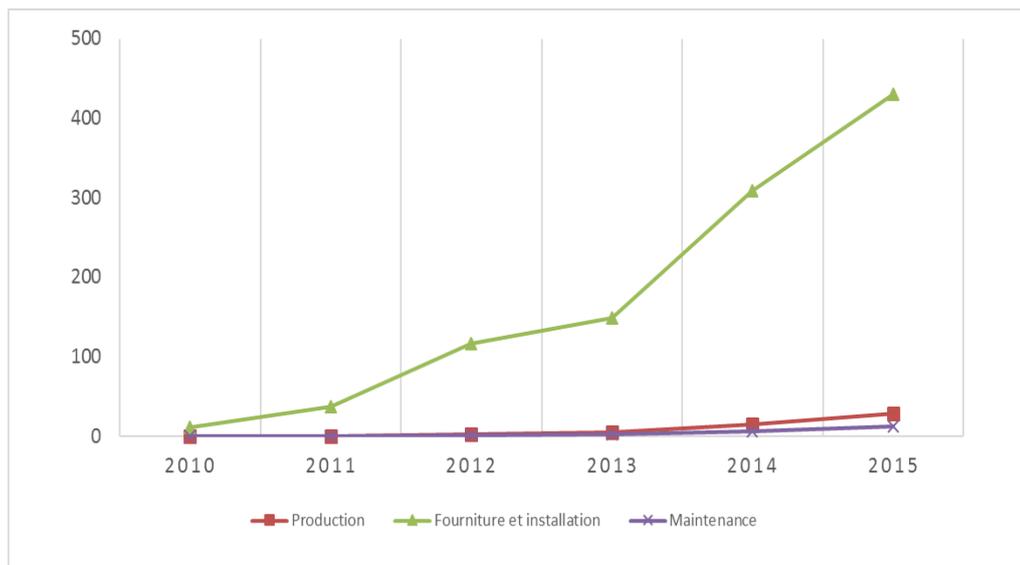
Source : Calcul ALCOR, 2016

Globalement, le facteur de création d'emploi est d'environ 40 emplois locaux pour chaque MW installé. Ce facteur, assez élevé, est expliqué par le jeune âge de l'expérience, le petit marché diffus et l'organisation encore en évolution du marché, qui attire des micros et petites entreprises. Étant donné le rythme stable des installations et le volume croissant du marché, tous les emplois créés dans ce domaine sont considérés comme permanents. Le nombre total d'emplois à la fin de l'année 2015 est estimé à environ 471 emplois locaux permanents répartis comme suit :

- 430 emplois pour les activités de fourniture et d'installation, soit 91% des emplois créés ;
- 29 emplois pour l'activité de fabrication, soit 6% des emplois créés ;
- 12 emplois pour l'activité de maintenance et les activités de vente, soit 3% des emplois créés.

L'évolution des emplois créés par type de métier est présentée dans la figure suivante :

Figure 24: Evolution des emplois créés par le programme PROSOL ELEC



Source : ALCOR, 2016

#### 4.3.4 Filière éolienne

Le nombre d'emplois créés dans le domaine de l'éolien est estimé sur la base de ratios établis dans l'étude PNUD/FEM<sup>2</sup>, étant donné l'indisponibilité de données statistiques précises en la matière.

Pour le cas de la Tunisie, et en se basant sur les ratios internationaux, la filière éolienne permettrait de créer 0,7 emplois locaux par MW installé, compte tenu du fait que la Tunisie ne fabrique pas de technologie éolienne : elle est importatrice de turbines et la chaîne de valeur ne couvre que la préparation, l'exploitation et la maintenance. Ce facteur est réparti comme suit :

- 0,3 emplois par MW installé pour la phase de mise en œuvre : activités liées aux études et au développement, à la fabrication des tours, à la fourniture des composants ainsi qu'aux travaux d'installation ;
- 0,4 emplois par MW de capacité totale installée, pour les activités liées à l'exploitation et à la maintenance des équipements.

En appliquant ces ratios aux 254 MW installés actuellement par la STEG, le nombre d'emplois créés en Tunisie est estimé en 2015 à environ 98 emplois relatifs à l'activité de préparation, d'exploitation et de maintenance des fermes éoliennes ;

Il est à noter que les emplois relatifs à l'activité de mise en œuvre n'ont pas été comptabilisés, étant donné qu'aucune réalisation n'a été enregistrée au-delà de 2013.

---

<sup>2</sup>Etude sur le potentiel de création de valeur locale de l'industrie tunisienne dans le secteur de l'énergie éolienne, Modules 3 et 4.

### 4.3.5 Audits énergétiques et contrats-programmes

Pour les activités institutionnelles, celles relatives aux audits énergétiques obligatoires et périodiques et aux contrats-programmes qui en découlent, le nombre d'emplois permanents créés dans le cadre de ces activités ont été évalués sur la base des ratios suivants, qui ont été déterminés en tenant compte de l'ensemble du processus, c'est-à-dire depuis l'élaboration de la convention d'audit jusqu'à l'assistance à la réalisation des mesures d'économie d'énergie :

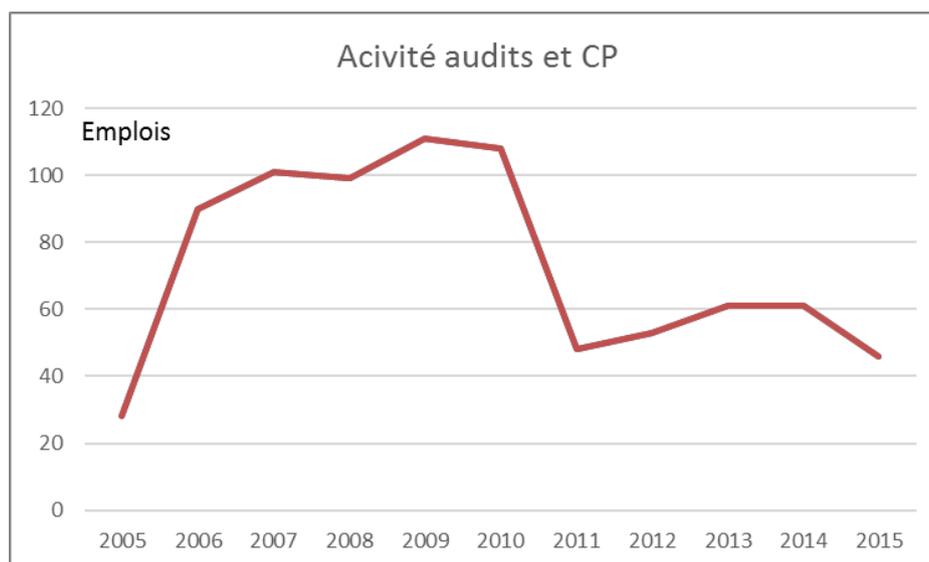
- 0,4 emplois permanents/audit ;
- 0,7 emplois permanents /CP.

En conséquence, le nombre d'emplois créés en Tunisie est évalué en 2015 à environ 47 emplois permanents, répartis par secteur comme suit :

- 22 emplois permanents dans le secteur industriel ;
- 19 emplois permanents dans le secteur tertiaire ;
- 6 emplois permanents dans le secteur des transports.

L'évolution du nombre d'emplois dédiés à cette activité met en exergue la baisse du nombre d'emplois créés, donc une perte d'une partie de ces emplois, résultant d'une baisse sensible de l'activité. En réalité, il ne s'agit pas d'une réelle perte, étant donné que les bureaux d'études diversifient leurs activités pour garder ces postes d'emplois.

Figure 25: Evolution des emplois créés par les activités d'audits et de contrats programme



Source : ALCOR, 2016

Cependant, ces résultats ne sont qu'une estimation, étant donné qu'une analyse plus poussée devrait être menée à travers une évaluation précise, portant à la fois sur les actions d'efficacité énergétique réalisées par les entreprises et sur l'investissement réellement engagé. Dans ce sens, nous estimons que cette activité devrait créer plus d'emplois qu'il n'y paraît.

### 4.3.6 Efficacité énergétique dans les bâtiments

Il s'agit des activités d'audits sur plan ainsi que l'application de la réglementation thermique en vigueur dans les bâtiments en Tunisie. Les principaux opérateurs sujets de création d'emploi pour ce domaine sont les bureaux d'études et les architectes, les promoteurs immobiliers, les fabricants et les installateurs d'équipements d'EE.

L'évaluation des emplois créés pour ce domaine est déterminée sur la base des ratios présentés dans le tableau suivant :

Tableau 11: Facteurs de création d'emploi - EE dans les bâtiments

Audit sur plan (Etude et mise en œuvre)	
Etude & Développement (phase d'audit)	0,30 emplois / audit
Etude & Développement (phase de mise en œuvre)	0,14 emplois / 1.000 m <sup>2</sup>
Fourniture et installation	0,35 emplois / 1.000 m <sup>2</sup>
Fabrication	0,10 emplois / 1.000 m <sup>2</sup>
Application de la réglementation thermique	
Fourniture et installation	0,25 emplois / 1.000 m <sup>2</sup>
Fabrication	0,10 emplois / 1.000 m <sup>2</sup>

Source : Calcul ALCOR

Sur la base de ces ratios et en considérant que tous les projets ont été réalisés, le programme d'efficacité énergétique des bâtiments aurait permis de créer en 2015 environ 372 emplois répartis comme suit :

- 99 emplois permanents pour la fabrication des produits ;
- 242 emplois permanents pour les travaux de fourniture et d'installation ;
- 31 emplois intermittents pour les autres postes.

### 4.3.7 Cogénération

La cogénération est une filière hautement capitalistique, comme la filière de l'éolien, 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 tunisienne dans ce domaine se présentent comme suit :

Tableau 12: Facteur de création d'emploi dans la cogénération

Emplois par projet	9,9
Etudes et développement	0,1
Fourniture et installation	5,9
Exploitation et entretien	4,0

Source : Calcul ALCOR

À fin de l'année 2015, pour les 18 projets de cogénération mis en œuvre (65 MW), le nombre d'emplois créés en Tunisie est estimé à environ 105, dont 63 emplois permanents liés aux activités d'exploitation et de maintenance.

#### 4.3.8 Bacs de diagnostic des moteurs de véhicules

Le programme de développement des stations de diagnostic des moteurs de véhicules consiste en l'octroi d'une subvention à l'investissement pour l'acquisition de ces équipements auprès de fournisseurs agréés par l'ANME. Cette activité, qui nécessite en général 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, est réglementée par l'arrêté du 10 août 2007.

Cependant, selon les données fournies par l'ANME, les dernières acquisitions ont été enregistrées en 2013 et les emplois créés sont donc relatif à l'exploitation de ces stations par les opérateurs. Dans ce sens, nous estimons que les emplois créés par cette activité s'élèvent à 35 emplois permanents à fin de 2015, sur la base d'un ratio de création d'emploi de 0,3 emploi par station installée.

#### 4.3.9 Equipements économes en énergie

Il s'agit de la création d'emploi dans le cadre de la promotion et de l'encouragement à l'utilisation des équipements concourant à la maîtrise de l'énergie, en application du décret n° 95-744 du 24 avril 1995 fixant la liste des équipements bénéficiant d'avantages fiscaux lors de leur importation.

Ces avantages, octroyés par l'ANME à la demande des entreprises importatrices, sont matérialisés par la délivrance d'attestations de privilèges fiscaux à présenter aux services douaniers pour bénéficier des avantages en vigueur.

Dans ce sens, l'ouverture du marché pour ces équipements a suscité l'intérêt d'un certain nombre d'entreprises (essentiellement de petites et moyennes entreprises) qui ont fait évoluer leurs activités vers la commercialisation de ces équipements. Pour la plupart des entreprises, il s'agit principalement d'une réaffectation des ressources, ce qui confère un caractère intermittent à ces types d'emplois.

D'après les données de l'ANME, on évalue à environ 260 les emplois créés par environ 130 entreprises en exercice, à raison de 2 emplois par entreprise.

#### **4.3.10 Activités transversales**

Les activités transversales, comme l'administration, les centres techniques, les centres de formation, les laboratoires d'essais, les structures d'appui, les responsables Energie nommés dans les institutions publiques, ainsi que les marchés des équipements économes en énergie qui ne sont pas passés par le circuit de l'ANME, ont permis aussi de créer un certain nombre d'emplois. L'évaluation a été basée sur un inventaire des principaux opérateurs et acteurs dans ce domaine (voir Lehr & al 2012).

On compte environ 975 emplois pour les activités horizontales qui couvrent essentiellement la promotion et l'encadrement, la formation initiale et continue, les hommes-énergie (energy managers) et le consulting spécialisé ainsi que les emplois non comptabilisés dans la fourniture d'équipements économes en énergie.

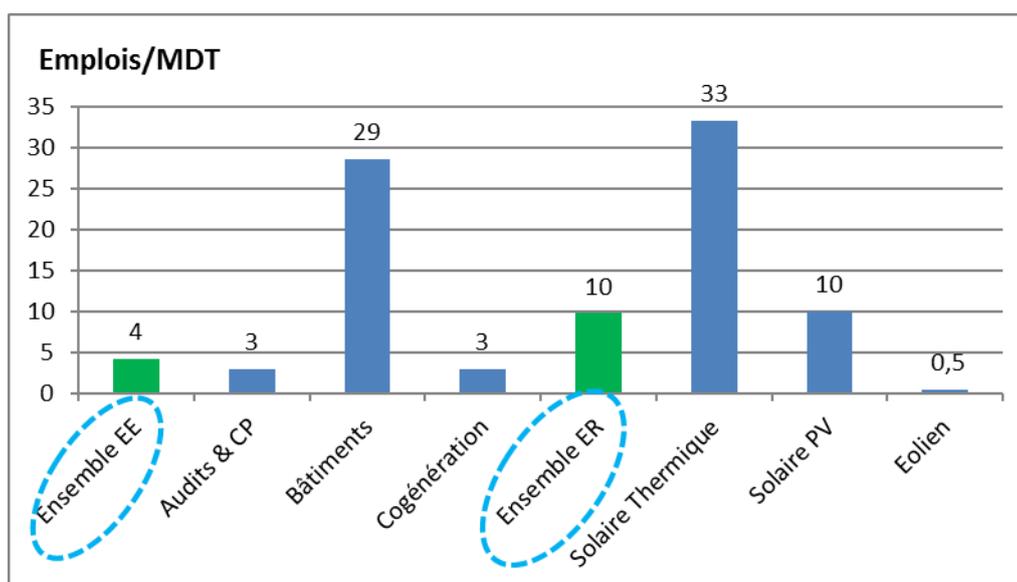
## 5. Conclusions

Les programmes de maîtrise de l'énergie, tant pour l'efficacité énergétique que pour le déploiement des énergies renouvelables et les investissements associés, peuvent avoir un impact très positif sur l'emploi et le développement socio-économique en général. L'investissement public, via les programmes sectoriels d'appui à la main d'œuvre, contribue significativement à la création d'emploi.

La *Figure 26* qui suit présente un résumé de l'intensité économique de l'emploi (facteur d'employabilité économique), exprimée en termes de nombre d'emplois par capital investi dans les différentes filières d'EE et d'ER, et qui correspond au nombre d'emplois supplémentaires créés par million de dinars investi. Il est à noter que ces ratios sont spécifiques à la période objet de la présente analyse (2010-2015) et que les tendances peuvent varier en fonction de différents facteurs, dont notamment la durabilité de la cadence des réalisations et les variations des coûts d'investissement.

Cependant, les résultats soulignent que l'employabilité économique dans le domaine des énergies renouvelables est plus intense que celle observée dans le domaine de l'efficacité énergétique et ce, malgré le développement précoce de l'efficacité énergétique par l'ANME, ayant commencé bien avant celui des énergies renouvelables. En outre, nous soulignons également que les programmes à caractère diffus sont économiquement plus intensifs en termes de création d'emploi, en particulier les programmes d'EE dans le bâtiment et les programmes PROSOL thermique et photovoltaïque. Toutefois, cette tendance pourrait être davantage améliorée au profit des programmes d'ER, en l'occurrence le solaire photovoltaïque et l'éolien, dans le cas d'une politique de développement volontariste à forte intégration industrielle et un véritable changement d'échelle durable permettant une diminution continue des coûts unitaires.

Figure 26: Facteur économique de création d'emploi des différentes activités (2014)



Source : Calcul ALCOR

Enfin, l'analyse rétrospective des impacts socio-économiques des programmes d'EE et de déploiement des énergies renouvelables a permis de retenir les enseignements suivants :

- Les programmes diffus de maîtrise de l'énergie, qu'ils soient d'EE comme l'isolation thermique des bâtiments ou d'ER comme le PROSOL thermique ou PV, semblent être plus intenses en employabilité, compte de tenu de la valeur du facteur de création d'emploi exprimé en emplois créés par millions de dinars tunisiens investis ;
- Le secteur des énergies renouvelables génère actuellement le plus grand nombre d'emplois par million de dinars tunisien investi. Le même « effet sur l'emploi » pourra être généré avec une politique incitative à l'efficacité énergétique dans le secteur du bâtiment ;
- La durabilité des marchés liés à la main d'œuvre est nécessaire pour garantir la stabilité des emplois permanents créés jusque-là. Il est donc important pour l'Etat de pérenniser ces emplois à travers la mise en place de mécanismes appuyant la maturation de ces marchés à moyen et long termes ;
- Sur le moyen terme, le secteur des bâtiments est celui qui contribuerait le plus à la création d'emplois. Un effort de préparation des qualifications nécessaires est donc indispensable. Cet effort devrait être accompagné par la mise en œuvre d'un mécanisme financier qui permettrait, à court terme, de stimuler le marché ;
- Sur le long terme, le choix d'un scénario « création d'emploi » et « développement industriel » peut justifier la réalisation d'investissements publics dans les filières de main d'œuvre à forte valeur ajoutée. Tel est le cas par ex. pour les technologies de CSP ou de photovoltaïque de grande puissance, dans lesquelles l'Etat pourrait expliquer son engagement par les effets sociaux économiques obtenus.

# **Partie III**

## **Future création d'emploi à partir des ER et de l'EE en Tunisie**

# 1 Modéliser la création d'emploi à partir des ER et de l'EE

La première partie de ce rapport a présenté un aperçu des différentes méthodes pour mesurer les impacts de l'augmentation du déploiement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique sur la création d'emploi. Les recommandations issues de la littérature sont les suivantes :

- L'approche doit se fonder sur des données spécifiques au pays, qui doivent être récentes, et aussi détaillées que possible ;
- Une combinaison d'une modélisation macro avec une construction de bas en haut (bottom up) est conseillée.

Les impacts sur la création d'emploi dépendent de la structure du tissu industriel du pays respectif, de ses capacités de production et des compétences de sa main-d'œuvre, ainsi que de sa capacité en ressources naturelles disponibles pour réaliser le potentiel des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique.

Ainsi, nous avons développé une approche intégrée d'entrées-sorties que nous avons ajustée dans un petit outil de simulation macro-économique pour la Tunisie. L'approche est, en fait, une combinaison de tableaux entrées-sorties spécifiques par technologie, pris à partir d'études internationales sur les énergies renouvelables (ER), de l'intensité de main-d'œuvre des productions respectives extraites des données statistiques tunisiennes, ainsi que des tableaux entrées-sorties tunisiens avec des informations sur les secteurs liés à l'efficacité énergétique (EE).

A partir de l'utilisation des tableaux spécifiques par technologies ER, nous déduisons des informations sur la structure des coûts des cinq technologies différentes d'énergies renouvelables, auxquelles nous ajoutons des informations sur les secteurs concernés par l'augmentation de l'efficacité énergétique des bâtiments et dans les principaux sous-secteurs de l'industrie.

Le modèle a dû être mis à jour, car il existe un ensemble de données plus récentes pour toutes les composantes du modèle. Les mises à jour concernent :

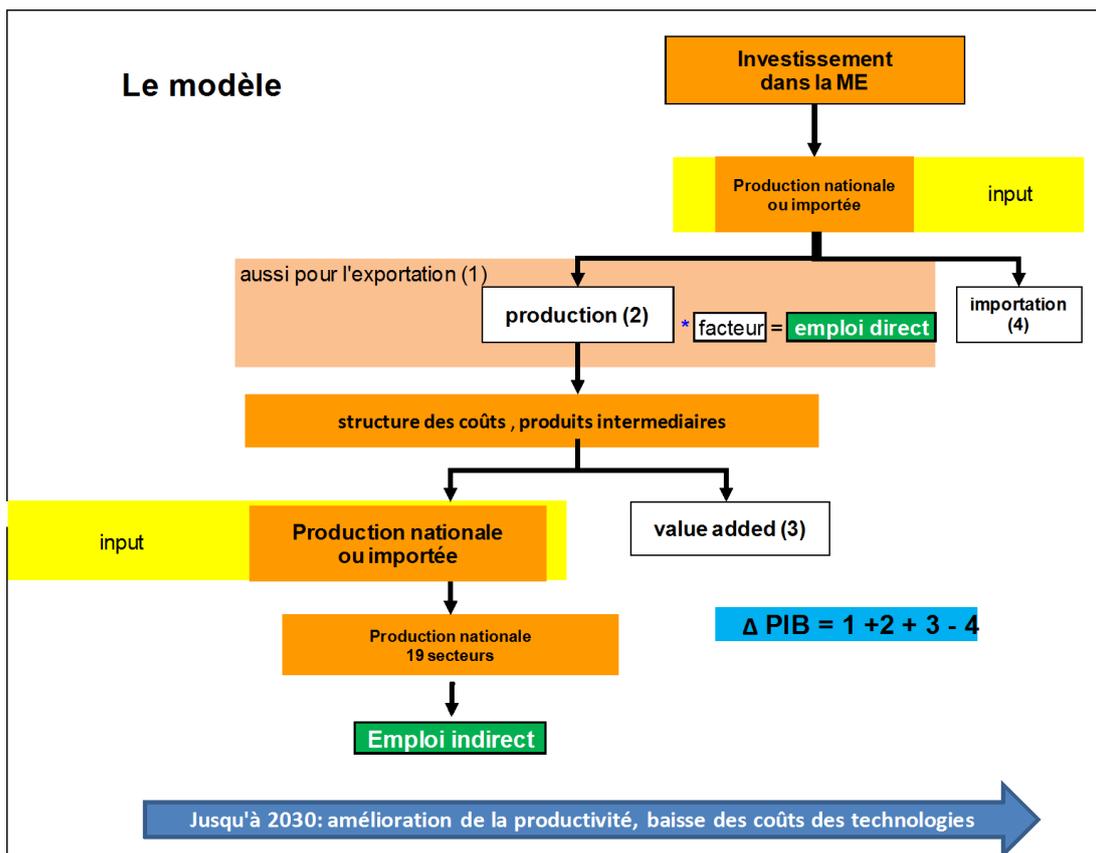
- La table des E/S de la Tunisie ;
- La structure du coût et de la production des technologies des énergies renouvelables et d'efficacité énergétique ;
- La classification des données statistiques tunisiennes et la projection du développement économique pour les deux prochaines années.

La nécessité de la mise à jour ne concerne pas seulement le modèle lui-même, mais aussi les données d'entrées utilisées pour le scénario. Depuis la publication de l'étude GIZ 2012, le cadre réglementaire tunisien des ER et de l'EE a évolué et s'est amélioré. La lutte contre le changement climatique a été inscrite dans la nouvelle Constitution promulguée le 26 janvier 2014. Elle stipule que l'Etat doit « fournir les moyens nécessaires pour garantir un environnement sain et équilibré et contribuer à l'intégrité du climat. » (MEDD 2015). La Contribution prévue déterminée au niveau national – CPDN ou INDC en anglais - de la Tunisie, soumise à la COP21 tenue à Paris en 2015, formule une réduction de l'intensité de carbone de 41% par rapport à 2010, et ce d'ici à 2030.

Cela se traduit par des besoins d'investissement massifs, principalement dans le secteur des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. Le volume total d'investissement, tel que décrit par la CPDN de la Tunisie, équivaut à près de 17,5 milliards de dollars américains, dont 85% seront alloués aux questions énergétiques, avec 45% dans l'efficacité énergétique et 40% dans les énergies renouvelables. Cela se traduit par près de 8 milliards de dollars à investir dans l'efficacité énergétique et 7 milliards dans les énergies renouvelables.

Dans ce qui suit, l'investissement nécessaire provient des calculs selon l'approche de bas en haut, et représente le principal moteur de développement dans les scénarios. Les investissements dans les énergies renouvelables et pour l'efficacité énergétique contribuent à la croissance de la production ainsi que d'autres activités économiques à l'échelle nationale. Les importations y afférentes fournissent des emplois dans l'industrie à l'étranger, mais qui sont nécessaires dans un monde globalisé, alors que les exportations contribuent à la croissance de l'industrie à l'échelle nationale via les biens exportés. La Figure 27 montre les moteurs de création d'emploi le long de la chaîne de valeur. Les effets indirects proviennent des intrants (la planification, les services, les matériels, et les composants techniques) s'ils sont produits localement. Si ces produits sont compétitifs sur les marchés internationaux, leur contre-valeur en exportation s'ajoute à cette production locale et crée une valeur ajoutée supplémentaire ainsi que de l'emploi additionnel. L'emploi total est la somme des emplois directs et indirects et ceci est valable pour la fabrication d'éoliennes, des panneaux solaires PV, des chauffe-eau solaires et pour toutes autres technologies liées à l'efficacité énergétique, ainsi que pour leur exploitation et leur maintenance.

Figure 27: Le modèle et les moteurs de la création d'emploi



En comparant les différentes simulations avec des entrées de scénarios différents, on obtient les estimations des effets sur l'emploi d'un certain scénario. La comparaison d'un scénario d'investissement dans les ER et l'EE avec un scénario basé sur des sources conventionnelles fossiles permet de déduire des estimations des impacts des ER et de l'EE sur le PIB, la croissance et l'emploi. Toutes les autres hypothèses et relations seront maintenues identiques dans les scénarios.

Les données et les perspectives économiques de la Tunisie ont largement été révisées depuis la première étude GIZ 2012 sous l'effet de la révolution. En outre, la classification systématique a évolué de SNC68 à SNC93 avec plusieurs années qui se sont écoulées, de sorte que les séries temporelles deviennent plus longues, cf. Tableau 1.

Toutes les prévisions sont tirées de sources tunisiennes officielles. Les prévisions du PIB et de la population couvrent maintenant l'horizon de 2015 à 2030. Le modèle précédent a commencé avec une prévision prenant déjà en compte les valeurs factuelles de 2009 et 2010. En conséquence, le passé récent dans le modèle e3.tn\_16 est basé sur des données factuelles, plutôt que sur des prévisions.

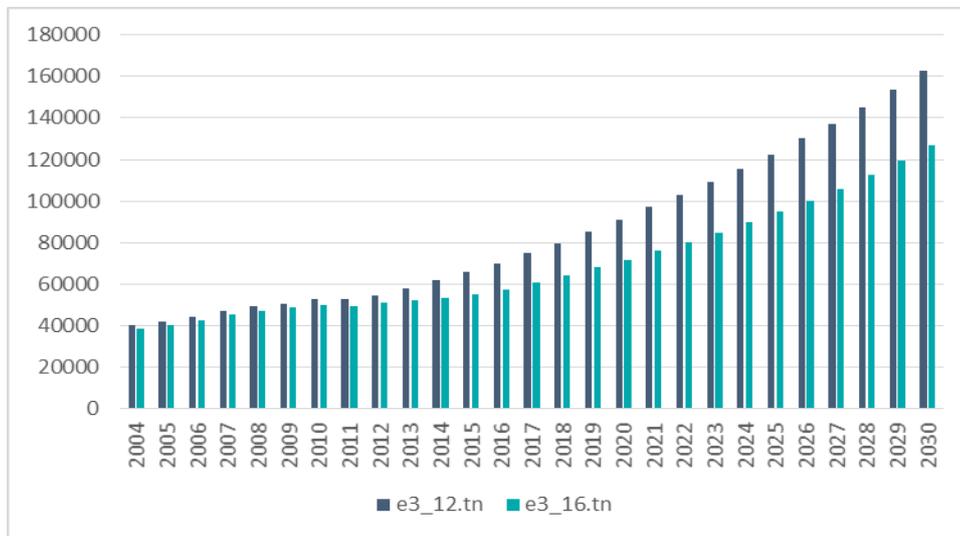
Tableau 13: Données mises à jour pour le modèle e3.tn\_16

	e3tn_16	e3tn_12
Tableaux E/S	2009-2013	2006-2010
Classification	SCN93 (Système de comptabilité nationale - 1993)	SCN68 (Système de comptabilité nationale - 1968)
Prévisions du PIB	2013-2030	2009-2030
Prévisions démographiques	2015-2030	2010-2030
Emplois	2007-2015	2005-2010
Structure de l'emploi	Dans 17 industries, 2007-2015	Dans 17 industries, 2007-2008
Valeur ajoutée	1997-2013	1997-2009
Demande finale	1997-2013	1997-2009
Prix à la production	2001-2013	2001-2009
Indices de production	2000-2013	2000-2010
Prix à la consommation	2005-2013	2005-2010
Hypothèse de productivité	3,8	3,8

Source : Propre compilation

Les chiffres réels reflètent le développement économique récent de la Tunisie. Ainsi, les prévisions du PIB sont moins optimistes que précédemment, avec les mêmes considérations prises en compte, respectivement, pour l'emploi et le chômage. La figure 2 donne une vue d'ensemble. Le PIB en 2013 avait retrouvé son niveau de 2010, mais avec une reprise de la croissance plus lente que prévu.

Figure 28: La comparaison des prévisions du PIB par l'Institut national de la Statistique de la Tunisie (e3\_12.tn et e3\_16.tn) caractérise les modélisations de GIZ 2012 et de la présente étude



Source : Propre compilation

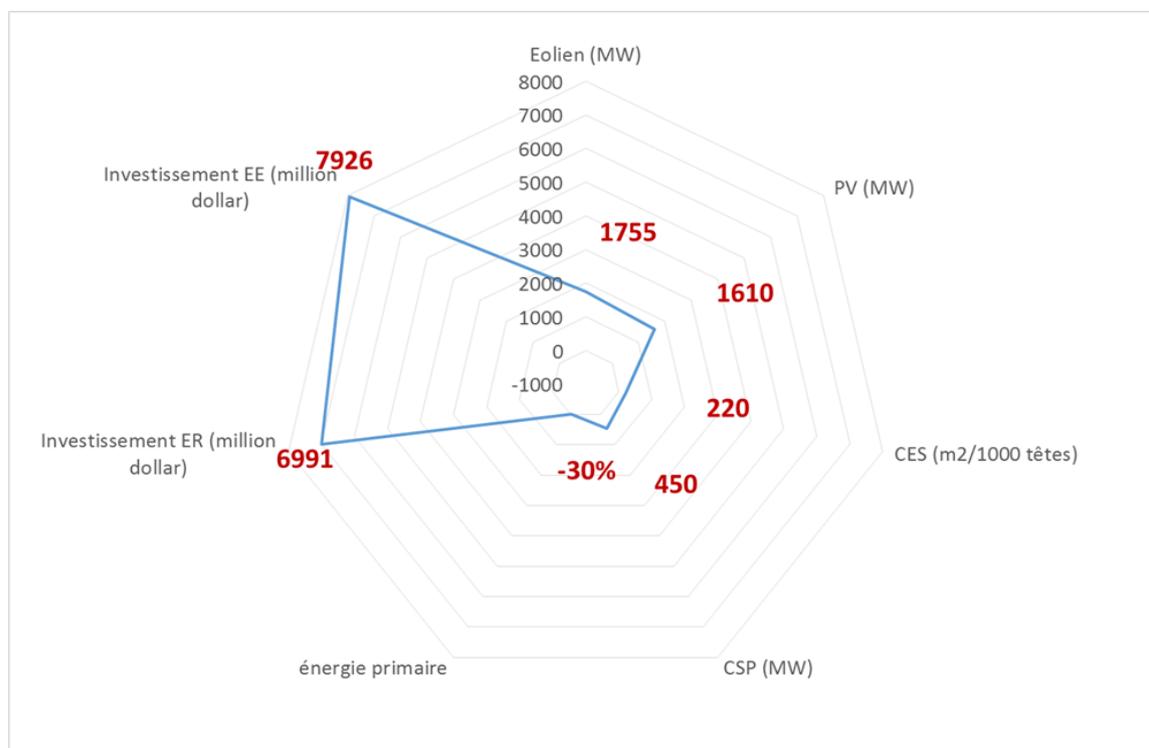
## 2 Scénario efficacité énergétique et énergies renouvelables en Tunisie

### 2.1 Cadre général

Le scénario concernant les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique reflète l'engagement de la Tunisie à propos de la Convention cadre des Nations unies sur les Changements climatiques (CCUNCC). La Tunisie s'évertue à parvenir à une réduction de l'intensité carbone de 13% par rapport à 2010 grâce à ses investissements propres et à ses activités propres. Pour le reste, le pays nécessite le soutien du financement international (MEDD 2015).

Dans le secteur de l'énergie, un ensemble de programmes d'efficacité énergétique (avec pour objectif la diminution de la demande d'énergie primaire de 30% par rapport à la ligne de base) ainsi que des installations d'énergies renouvelables sont au cœur de la CPDN de la Tunisie. Le Plan solaire tunisien (PST) prévoit une augmentation des parts des énergies renouvelables jusqu'à 14% du mix électrique national d'ici à 2020 et de 30% en 2030, représentant ainsi les effets cumulés des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique dans la CPDN de la Tunisie.

Figure 29 : La CPDN de la Tunisie - ER & EE



Source : MEDD, 2015

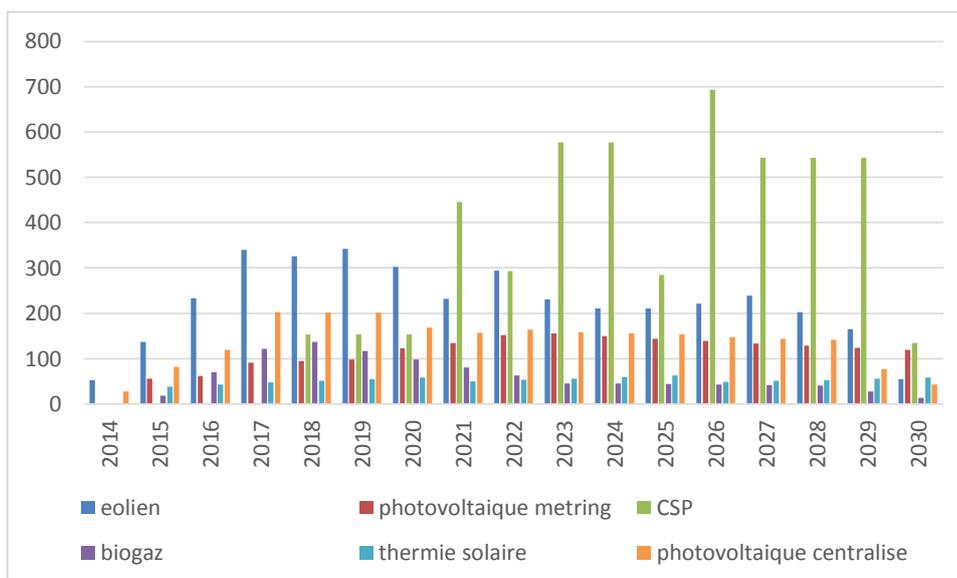
## 2.2 Quantification des capacités installées, de l'énergie économisée et des investissements

Le contenu de la CPDN est traduit dans des options avec des durées d'installation ainsi que des schémas d'investissements. Ceci est d'autant plus pertinent que la planification, la production, l'installation, l'exploitation et la maintenance sont autant d'étapes durant le processus d'une nouvelle installation au cours desquelles il y a création d'emploi. Les installations futures de l'énergie éolienne, les toits solaires et les grandes centrales PV montées au sol, le biogaz et les systèmes de CSP pour la production d'électricité, les chauffe-eau solaires, les mesures d'efficacité énergétique ou les systèmes de cogénération vont déterminer les emplois futurs. De même, l'amélioration de l'efficacité énergétique dans les bâtiments, dans les équipements électroménagers et ceux utilisés dans l'industrie et dans les systèmes d'éclairage, seront les déclencheurs de la création d'emploi durant les futurs processus d'installation prévus. Ces différents processus d'installation supposent une structure différente - et donc une quantité globale - de création d'emploi.

La figure 3 montre le schéma d'investissement nécessaire pour couvrir la demande croissante d'électricité et atteindre les objectifs liés aux ER à l'échelle nationale, voire tous autres objectifs fixés dans la CPDN de la Tunisie. En termes de capacité installée, le pays devrait atteindre d'ici à 2030 : 1.755 MW de capacité éolienne, 1.610 MW PV, avec 625 MW d'installations de toits solaires et 985 MW de systèmes montés au sol, 450 MW de CSP et 105 MW d'installation de biogaz. En outre, une capacité installée 572 MW de chauffe-eau solaires sera ajoutée.

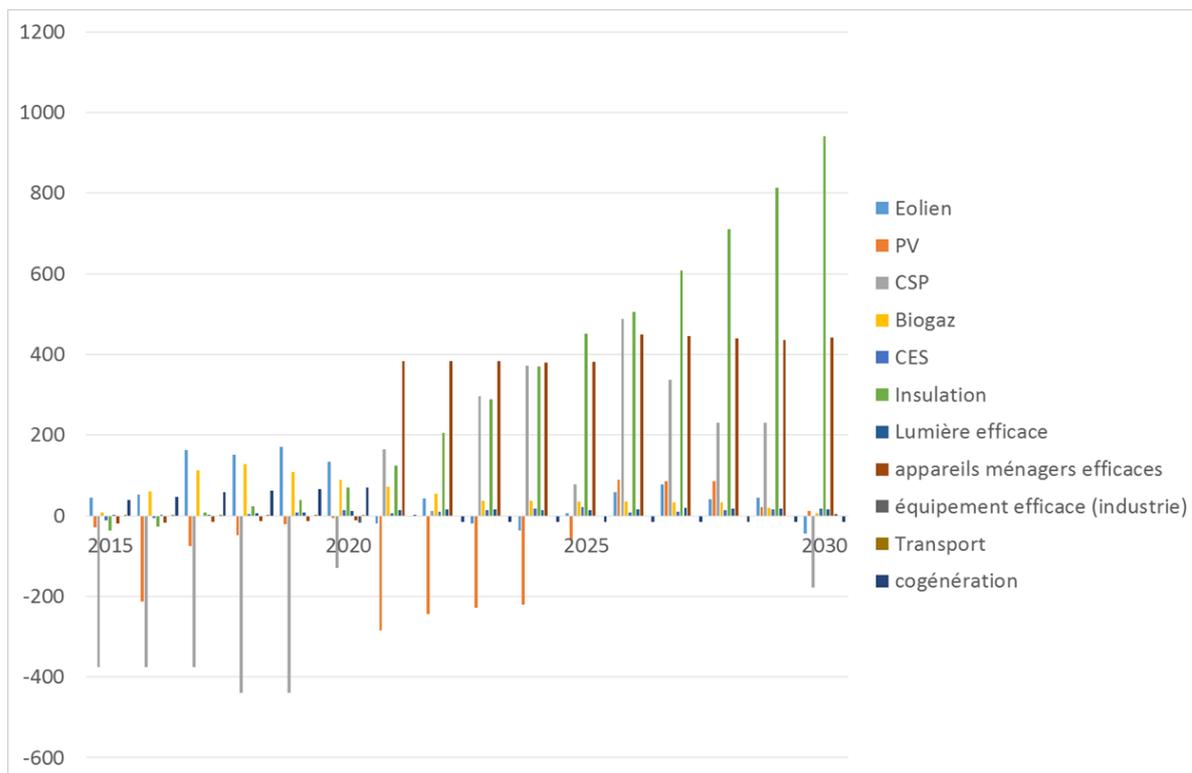
En unités monétaires, la partie liée aux énergies renouvelables du scénario est dominée par les dépenses consacrées à l'énergie éolienne jusqu'en 2021. Au-delà, l'investissement dans le CSP dépassera l'investissement dans l'énergie éolienne. Dans l'ensemble, environ 15 milliards de TND seront consacrés à l'installation de nouveaux systèmes pour l'utilisation des énergies renouvelables d'ici à 2030.

Figure 30: Evolution des investissements dans les systèmes ER, en millions de TND-2011



La comparaison avec l'étude précédente (Lehr et al., 2012), permet de distinguer la différence entre les trajectoires des investissements. La Figure 4 montre la différence dans l'investissement annuel dans les systèmes d'ER comparé à Lehr et al., 2012 en millions de TND.

Figure 31: Différence dans l'investissement annuel comparé à Lehr et al., 2012 en millions de TND



Source : ALCOR/Eco-Ser/GWS, calcul propre

Le scénario précédent était plus optimiste en ce qui concerne les capacités de CSP installées, et par contre plus pessimiste en ce qui concerne le PV, du fait des prix qui étaient encore en vigueur en ce temps-là. Néanmoins, les prix du PV ont connu au cours des cinq dernières années une chute inattendue que personne ne pouvait prévoir. Pour le CSP, le nouveau scénario envisage le début de ses installations plus tard durant la période d'observation. La plupart des technologies, cependant, suivent des trajectoires similaires dans la partie liée aux énergies renouvelables du scénario. La Figure 4 ne distingue pas l'investissement dans les toits solaires PV des installations PV montées au sol, et ce pour des raisons de comparabilité. Cependant, les effets sur l'emploi et les structures respectives des incitations économiques diffèrent (cf. encadré 1).

### **Encadré 1 : La technologie PV – Les Petites & les Grandes Installations**

La production d'électricité photovoltaïque peut servir à diverses fins : elle peut générer de l'électricité, où le réseau n'est pas disponible, notamment dans les zones rurales, les petites îles ou d'autres régions éloignées.

Deuxièmement, elle peut fournir de l'électricité pour les maisons individuelles, réduisant ainsi l'électricité consommée à partir du réseau, et parfois même injecter l'électricité excédentaire dans le réseau.

Troisièmement, des installations à grande échelle de panneaux PV montés au sol pour la production d'électricité dont la taille est en MW. Ces installations consistent généralement à installer des modules peu coûteux ou des cellules, dont la forme, également soumise à des contraintes de taille, vise le meilleur compromis coût-rendement. Ceci est devenu standardisé et nécessite moins de main-d'œuvre durant l'installation, mais a besoin, par contre, d'un entretien et d'une maintenance par la suite.

Les installations de toits solaires nécessitent plus de travail, mais ne sont pas en général exploitées d'une manière optimisée. Les tableaux E / S pour ces deux technologies diffèrent donc, et ont été développés en particulier pour ce projet et pour le contexte Tunisien.

Les investissements dans l'efficacité énergétique, en particulier dans les bâtiments, conduisent à une demande supplémentaire dans un secteur grand consommateur de main-d'œuvre. La forte composante des bâtiments dans le nouveau scénario est un moteur important pour les résultats attendus, soit la création d'emploi. Ceci est en accord avec la CPDN de la Tunisie, parce que l'investissement dans l'efficacité énergétique et en particulier dans les bâtiments, dépasse l'investissement dans les ER.

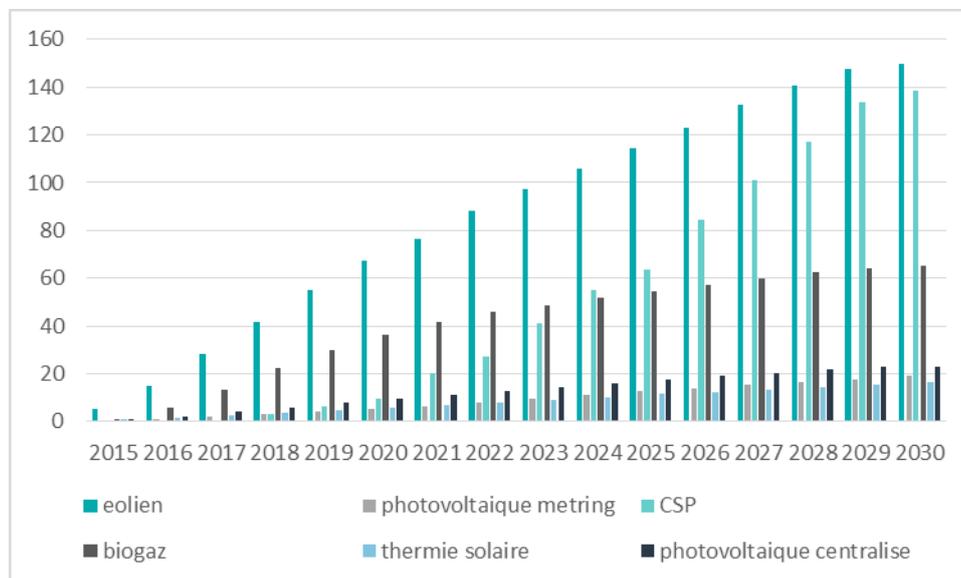
## **2.3 Exploitation et Maintenance**

La création d'emploi associée aux phases d'exploitation et de maintenance (E&M) est en constante augmentation au fur et à mesure que de nouvelles capacités sont installées. Ces emplois ont le mérite d'être permanents pendant toute la durée de vie de la centrale de production d'électricité à partir des ER.

Les applications d'efficacité énergétique et d'isolation thermique des bâtiments, par contre, ne nécessitent pas d'exploitation et de maintenance. Cela est évident avec des bâtiments tels que des maisons thermiquement améliorées qui ne nécessitent pas d'exploitation et d'entretien au-delà des réparations normales du bâtiment. Dans le cas où l'amélioration thermique est réalisée avec une nouvelle technologie, par exemple le refroidissement solaire, une analyse séparée est nécessaire. La vulgarisation croissante de l'efficacité énergétique dans l'industrie nécessite les mêmes types d'exploitation et de maintenance que l'équipement pouvait en requérir auparavant, en termes d'effort de travail. Une formation supplémentaire pourrait même se révéler indispensable.

L'investissement dans l'E&M est donc dérivé du scénario ER. L'expérience internationale montre que les coûts d'E&M varient avec les coûts d'investissement dans l'installation, à savoir que les réductions de coûts entre les technologies ER seront reflétées dans des baisses de coûts pour l'E&M. Les installations de biogaz nécessitent la plus grande dépense d'exploitation et de maintenance avec les coûts du substrat inclus. En revanche, les toits solaires PV ne nécessitent quasiment pas d'E&M.

Figure 32: Coûts d'exploitation et de maintenance des technologies ER, millions de TND



Source: GWS, Alcor, Eco-Ser – Estimation propre

## 2.4 Autres hypothèses – production locale et opportunités à l’export

Les nouvelles installations des technologies ER et EE sont particulièrement importantes pour la réduction des émissions ainsi que pour une transition vers un système énergétique plus durable.

Concernant leurs effets économiques, les capacités d'inputs sur le marché domestique du travail dans la production, l'installation, l'exploitation et la maintenance, sont les plus pertinentes.

En conséquence, outre les données quantitatives, monétaires et physiques de base, le scénario lié aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique doit intégrer des hypothèses sur l'intégration industrielle ainsi que sur des opportunités pour l'exportation vers les marchés régionaux et internationaux au profit des secteurs industriels tunisiens concernés.

### 2.4.1 La production locale et les importations

Les importations peuvent être indispensables durant chacune des phases de la chaîne de valeur. Les modules et les cellules photovoltaïques peuvent être importés ou produits localement. De même, ceci est applicable pour le reste des composants des systèmes ER (BOS – Balance of System) ainsi que pour tous les services liés à la planification, l'ingénierie et l'assemblage. Dans le cas où les technologies ou les composants sont produites dans le pays, les intrants à cette production, peuvent donc, à leur tour, être éventuellement produites localement ou, alternativement, importés. Les textes économiques se réfèrent à ce sujet comme au « taux d'intégration », à savoir la part de l'offre nationale des intrants tout le long de la chaîne de valeur.

Les taux d'intégration prévus dans le cadre de l'étude de 2012 se sont révélés très optimistes. L'analyse des données structurelles macroéconomiques récentes de la Tunisie indique que la productivité a diminué et que les quotas d'importations ont augmenté au cours des dernières années. En conséquence, les quotas d'importations qui seront adoptés pour cette étude seront les mêmes que ceux projetés dans l'étude de 2012. Le tableau 2 fournit un aperçu du contexte utilisé pour les quotas d'importation pour toutes les technologies ER.

La structure intermédiaire des entrées est le résultat d'une enquête réalisée auprès des industries internationales des ER. Les résultats sont largement documentés dans Lehr et al., (2015).

Tableau 14: Quotas d'importation d'une sélection de secteurs industriels

	Céramique/ verre	Machinerie	Appareils électro-ménagers	Instruments de mesure et de contrôle	Grues	Aménagement du site de construction	Installations et autres constructions
<b>Eolien</b>							
2015	n.a.	100%	20%	50%	50%	10%	10%
2020	n.a.	100%	20%	40%	0%	0%	0%
2025	n.a.	100%	10%	30%	0%	0%	0%
2030	n.a.	100%	10%	20%	0%	0%	0%
<b>PV</b>							
2015	50%		20%			10%	10%
2020	50%		20%			0%	0%
2025	50%		10%			0%	0%
2030	50%		10%			0%	0%
<b>CSP</b>							
2015	100%		20%			10%	10%
2020	100%		20%			0%	0%
2025	100%		10%			0%	0%
2030	100%		10%			0%	0%
<b>CES</b>							
2015	80%	60%		100%			0%
2020	70%	50%		100%			0%
2025	70%	40%		100%			0%
2030	60%	40%		100%			0%

Pour l'E&M, l'hypothèse que tous les services soient fournis dans le pays reste valide. Les systèmes de production d'électricité à partir des ER et les chauffe-eau solaires proviennent soit de la Tunisie, soit sont importés de l'étranger. Les avantages de la production d'une technologie dans un pays doivent être pesés avec ses inconvénients. La littérature sur les exigences réglementaires afférentes au contenu local est pleine d'exemples. Les raisons en sont les suivantes : les avantages concurrentiels découlent de l'économie d'échelle. La production à grande échelle de cellules et de modules photovoltaïques, par exemple, conduit à une différence de prix de l'ordre de 100 à 150% plus chers chez les fabricants tunisiens par rapport aux cellules fabriquées en Asie du Sud-Est (PVXchange 2016).

Pour la production locale des turbines des éoliennes, l'entreprise locale potentiellement concernée ne peut être rentable qu'à partir d'un marché potentiel avec une capacité des installations dépassant 40 GW pour la région ciblée, faute de quoi les aléas négatifs associés à une production locale dépassent les économies engendrées par des coûts de transport plus faibles.

Tableau 15: Importation de systèmes complets ER et EE, en % du total investissement

	Eolien	PV	CSP	Biogaz	CES	Isolation	LBC	Electroménager efficace	Equipements industriels efficaces
<b>2010</b>	90%	85%	90%	85%	40%	75%	50%	50%	90%
<b>2015</b>	90%	70%	90%	85%	40%	65%	40%	40%	90%
<b>2020</b>	80%	65%	80%	85%	30%	60%	40%	30%	80%
<b>2025</b>	70%	65%	70%	85%	20%	50%	30%	30%	80%
<b>2030</b>	70%	60%	70%	85%	10%	50%	30%	20%	80%

Plusieurs pays<sup>3</sup> ont réussi à concilier les exigences réglementaires afférentes au contenu local avec les conditions documentées et intégrées dans leurs appels d'offres pour des projets de production d'énergie éolienne (par ex. l'Afrique du Sud et le Portugal). Le scénario EE/ER suppose un taux d'intégration plus élevé pour les produits d'efficacité énergétique par rapport au secteur des ER, à l'exception des équipements performants pour l'industrie et pour les chauffe-eau solaires, qui commencent déjà à un taux d'importation plutôt faible, soit d'environ 40%.

Les éoliennes sont actuellement importées en Tunisie à partir de l'un des grands producteurs internationaux. Le contenu local pour ces installations inclut la planification et la gestion administrative, ainsi que les constructions génériques telles que les tours et les dispositifs électriques. A terme, plus d'intrants en termes de planification, de prévisions du vent et, d'une manière générale, concernant tous les services ainsi que certaines composantes, peuvent être fournis par l'industrie tunisienne. Si des conditions très favorables sont réunies à terme, la Tunisie pourrait attirer une filiale d'un des producteurs internationaux en vue de produire intégralement les éoliennes (avec l'ensemble de ses composantes), outre un positionnement marketing pour toute la région. Cependant, ceci n'est pas actuellement inclus dans le scénario afin d'éviter un optimisme excessif.

Les hypothèses des intrants (inputs) domestiques rentrant dans la planification et l'installation des systèmes PV ont été supposées plus élevées, parce que les compétences nécessaires existent déjà en Tunisie. D'autres compétences, plus avancées et obligatoirement requises pour l'installation de systèmes PV plus importants dans les centrales électriques photovoltaïques, seront facilement acquises avec une formation supplémentaire.

Le PV offre le potentiel le plus rapide pour développer une industrie nationale : les installations de production de modules photovoltaïques peuvent être achetées pratiquement « clef en main » sur le marché international et peuvent alors être mises en service dans le pays. Bien que ces installations ne nécessitent pas une main-d'œuvre importante, les entrées de matières premières (cellules photovoltaïques) devront encore être importées. La préoccupation évoquée ci-dessus à propos de la compétitivité des prix reste valide. Néanmoins, nous avons simulé une analyse de sensibilité avec une intégration locale supérieure de la production photovoltaïque.

---

<sup>3</sup> Pour en citer quelques uns: ICTSD (2008): TRIMs & Local Content (Bridges, Volume 12 - Number 3). Disponible en ligne sous <http://www.ictsd.org/bridges-news/bridges/news/trims-local-content>, actualisé au 01.05.2008, vérifié au 09.11.2015. [Chinese\\_Solar\\_Modules\\_and\\_Cells.pdf](#), vérifié au 09.11.2015.

Stephenson, Sherry M. (2013): Addressing local content requirements: Current challenges and future opportunities. ICTSD (Biores, Volume 7-Number 3). Disponible en ligne sous <http://www.ictsd.org/bridges-news/biores/news/addressing-local-content-requirements-current-challenges-and-future>, actualisé au 25.07.2013, vérifié au 09.11.2015.

WTO (2014): Canada — Certain Measures Affecting the Renewable Energy Generation Sector. Dispute Settlement: Dispute DS412. Disponible en ligne sous [https://www.wto.org/english/tratop\\_e/dispu\\_e/cases\\_e/ds412\\_e.htm](https://www.wto.org/english/tratop_e/dispu_e/cases_e/ds412_e.htm), actualisé au 05.06.2014, vérifié au 09.11.2015.

WTO (2015a): Agreement on Trade-Related Investment Measures. WTO Analytical Index: Investment. Disponible en ligne sous [https://www.wto.org/english/res\\_e/booksp\\_e/analytic\\_index\\_e/trims\\_01\\_e.htm](https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/analytic_index_e/trims_01_e.htm), actualisé au 09.11.2015.

Le segment des chauffe-eau solaires (SCES) représente un cas de succès (une success story) en Tunisie avec une production nationale déjà existante. Bien que cette production corresponde pour une majeure partie à des travaux d'assemblage, cette valeur ajoutée locale est appelée à augmenter au fil des ans, avec une intégration plus élevée résultant d'autres entrées qui seront produites localement.

## 2.4.2 Opportunités à l'export

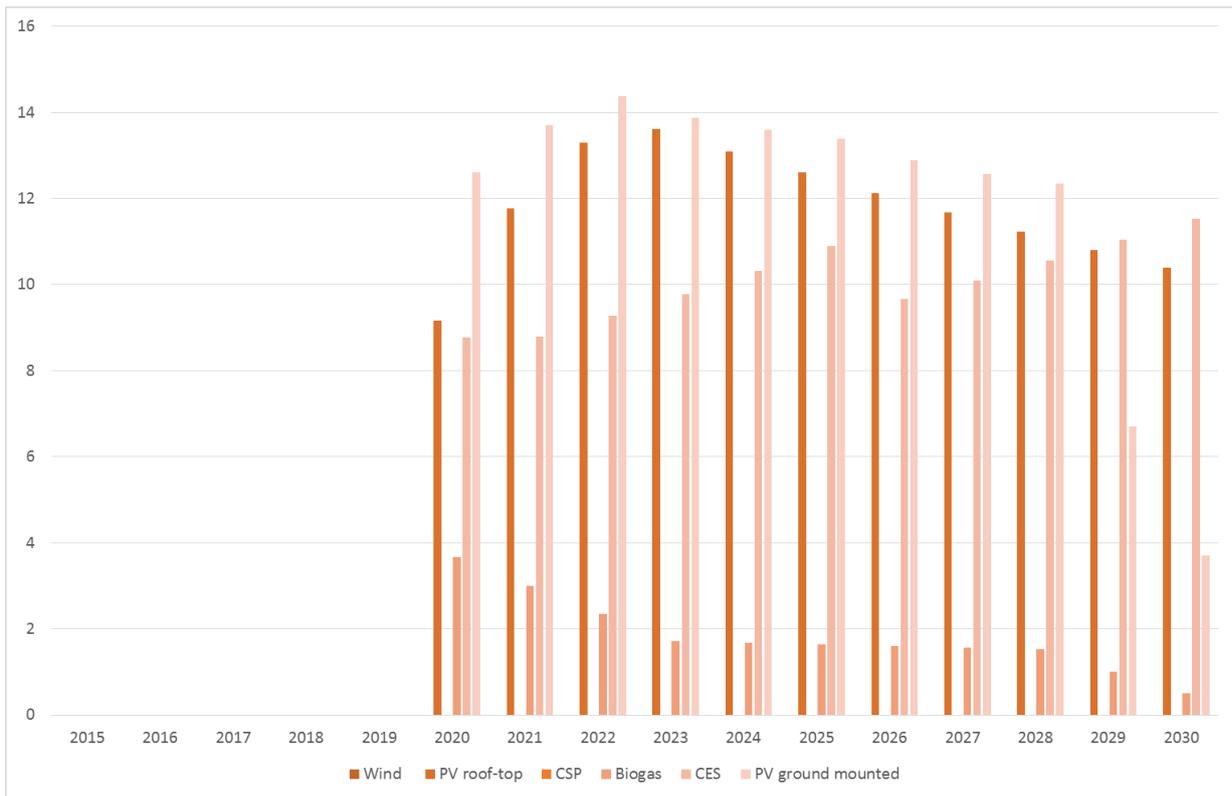
Dès qu'une industrie nationale est bien établie, elle commence à chercher de nouveaux segments de marchés locaux et à l'export. La possibilité d'exporter vers une certaine région déclenche souvent la décision d'établir une activité industrielle dans un des pays de la région ciblée. A titre d'exemple, le fabricant des éoliennes Nordex a poursuivi cette approche quand il a fondé son unité de production en Afrique du Sud.

Tableau 16: Exportation des systèmes ER, en % du total des investissements

	Eolien	PV	CSP	Biogaz	CES
<b>2010</b>	0%	0%	0%	0%	0%
<b>2015</b>	0%	0%	0%	0%	7.6%
<b>2020</b>	0%	22.2%	0%	0%	6.9%
<b>2025</b>	0%	31.3%	0%	0%	7.2%
<b>2030</b>	0%	13.1%	0%	0%	7.9%

A cette date, nous avons enregistré en Tunisie des exportations de chauffe-eau solaires. Étant donné le grand nombre d'installations PV prévues dans le scénario EE&ER, nous avons également inclus les exportations de systèmes PV dans notre analyse. Les autres exportations peuvent se développer à partir de la production de composants pour les éoliennes et peuvent être ajustées dans l'outil. Ces exportations additionnelles sont supposées commencer à partir de l'année 2020. Les exportations incluses dans notre analyse de scénarios sont présentées dans le tableau 15 et la figure 33.

Figure 33: Exportations totales par technologie, en millions de TND2011



Source: GWS, Alcor, Eco-Ser – Estimation propre

## 2.5 Aperçu général du scénario

Tableau 17: Scénario des entrées et des investissements selon chacune des différentes activités ER et EE

Énergies renouvelables						Efficacité énergétique						
An	Eo-lien	PV net-metering	CSP	Biogaz	CES	PV centralisé	Bâti-ments	Eclairage efficace	Electroménager efficace	Equipement efficace (industrie)	Trans-port	Cogéné-ration
<b>Installation</b>												
2015	0	55	8	0	0	3	3	4	5	89	1	90
2020	430	122	157	0	100	77	0	19	409	64	1	121
2025	398	144	210	0	45	118	488	23	470	58	0	0
2030	220	119	127	0	0	86	976	168	186	58	0	81
<b>Exploitation et Maintenance</b>												
2015	0	1	0	0	0	0	-	-	-	-	1	4
2020	54	5	18	0	9	4	-	-	-	-	1	5
2025	107	13	39	116	16	8	-	-	-	-	0	0
2030	152	19	59	332	19	13	-	-	-	-	0	3
<b>Importation de systèmes</b>												
2015	0,9	0,7	0,9	0,9	0,4	0,7	0,7	0,4	0,4	0,9		
2020	0,8	0,7	0,8	0,9	0,3	0,7	0,6	0,4	0,3	0,8		
2025	0,7	0,7	0,7	0,9	0,2	0,7	0,5	0,3	0,3	0,8		
2030	0,7	0,6	0,7	0,9	0,1	0,6	0,5	0,3	0,2	0,8		

Importation d'intrants de production	Appareils électriques			Instrumentation et mesures	Equipements	Appareils électriques	Matériaux de construction	Appareils électriques				Equipements
<b>2015</b>	20%	20%	20%	90%	60%	20%	10%	20%	20%	20%	n.a.	60%
<b>2020</b>	20%	20%	20%	85%	50%	20%	10%	20%	20%	20%		50%
<b>2025</b>	10%	10%	10%	80%	40%	10%	10%	10%	10%	10%		40%
<b>2030</b>	10%	10%	10%	75%	40%	10%	10%	10%	10%	10%		40%
<b>Exportations</b>												
<b>2015</b>	0	0	0	0	0	0						
<b>2020</b>	0	9,2	0,0	0,0	15,0	5,8						
<b>2025</b>	0	12,6	0,0	0,0	7,8	10,3						
<b>2030</b>	0	10,4	0,0	0,0	0,0	7,5						

### 3 Résultats de l'étude

#### 3.1 Effets macro

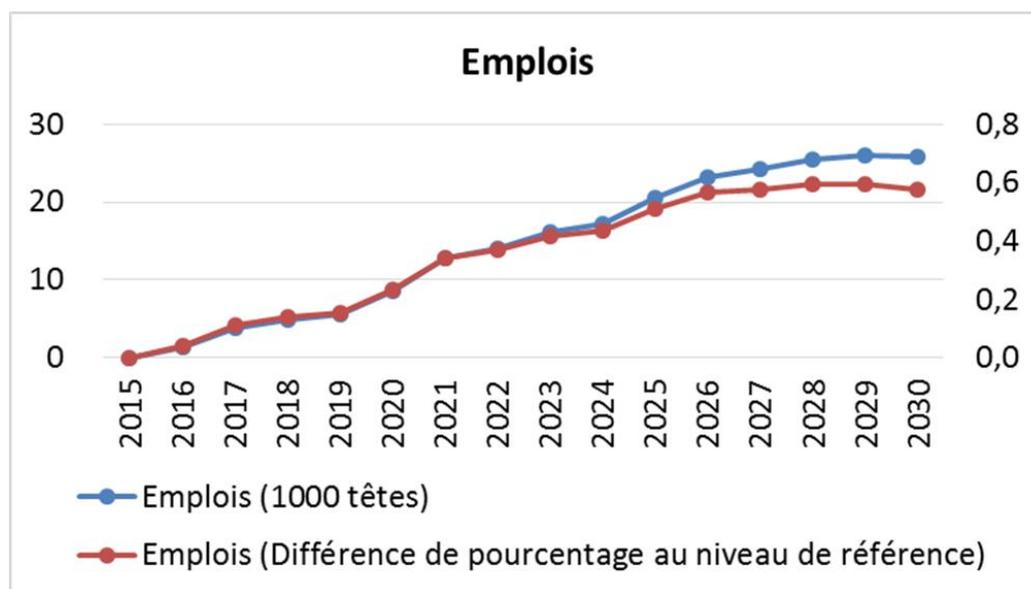
##### 3.1.1 Création d'emploi engendrée par le scénario EE/ER

Comme nous l'avons déjà vu, les effets des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique sur l'emploi augmentent en fonction des investissements et de la structure de l'industrie nationale. Pour quantifier ces effets du scénario EE&ER, nous avons besoin de le comparer à un scénario de référence. Notre scénario de base ne comprend pas d'investissements supplémentaires dans les énergies renouvelables ou dans l'efficacité énergétique. Le modèle proposé permet des modifications dans les investissements et des ajustements dans les capacités de l'industrie tunisienne. Des experts tunisiens ont mis au point un scénario qui prévoit certaines trajectoires d'investissement et différentes structures de production (cf. chapitre 3).

En fonction de l'instrument politique qui sera adopté pour permettre d'atteindre les objectifs fixés du PST et du plan de développement économique du pays, les quotas d'importation pourront être inférieurs (ou supérieurs) que prévu.

Avec la structure donnée, le scénario conduit à plus de 25.000 emplois supplémentaires en Tunisie. Dans la figure suivante, ce scénario est appelé EE/ER (Efficacité énergétique et Énergies renouvelables).

Figure 34: Emplois additionnels par milliers de personnes engendrés par le scénario EE/ER



Source : GWS, Alcor – Simulation propre

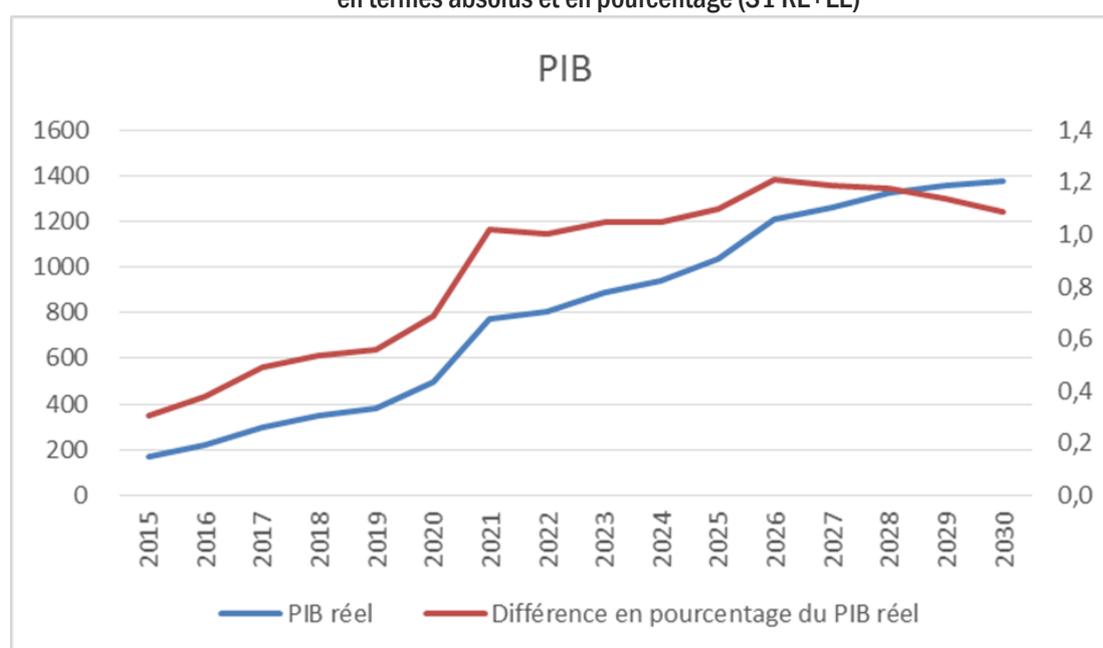
La forme de la courbe traduit la trajectoire des investissements et les améliorations de la productivité. L'effet sur l'emploi est, dans la phase initiale, plutôt faible, puisque de grands sous-ensembles de nouveaux systèmes seront importés. Seuls quelques petits intrants sont produits localement.

Les chiffres de l'emploi obtenus diffèrent des résultats antérieurs, car ils sont principalement tirés par le grand investissement dans l'efficacité énergétique (voir la comparaison des scénarios ci-dessus). Les nouveaux emplois créés pourraient être encore plus nombreux à l'avenir, si certaines mesures d'efficacité énergétique pouvaient être subventionnées et si les économies d'énergie obtenues pouvaient être investies à leur tour. Actuellement, ce scénario n'intègre pas ces effets induits.

### 3.1.2 Le PIB et ses composantes dans le scénario EE/ER

Les effets globaux sur le PIB sont positifs dans l'ensemble des scénarios analysés.

Figure 35: Développement du PIB réel - Différence par rapport au scénario de base en termes absolus et en pourcentage (S1 RE+EE)



Source: GWS, Alcor, Eco-Ser, projection propre

Le PIB réel sera différent de celui situé dans la trajectoire du scénario de base jusqu'à 1,500 millions de TND ou 1,2%. Le PIB réel et ses composantes pour le scénario EE/ER se distingue par un taux de croissance moyen d'environ 5,4% pour les années situées entre 2010 et 2030. L'amélioration économique dans ce scénario est principalement tirée par le développement de la formation brute de capital fixe et des exportations. Cette formation brute déterminera environ un quart du PIB réel à la fin de l'horizon de projection. Les exportations vont également augmenter en permanence par rapport au scénario de référence. Cependant, la balance commerciale négative restera la même jusqu'en 2030, en raison de l'augmentation des flux d'importation.

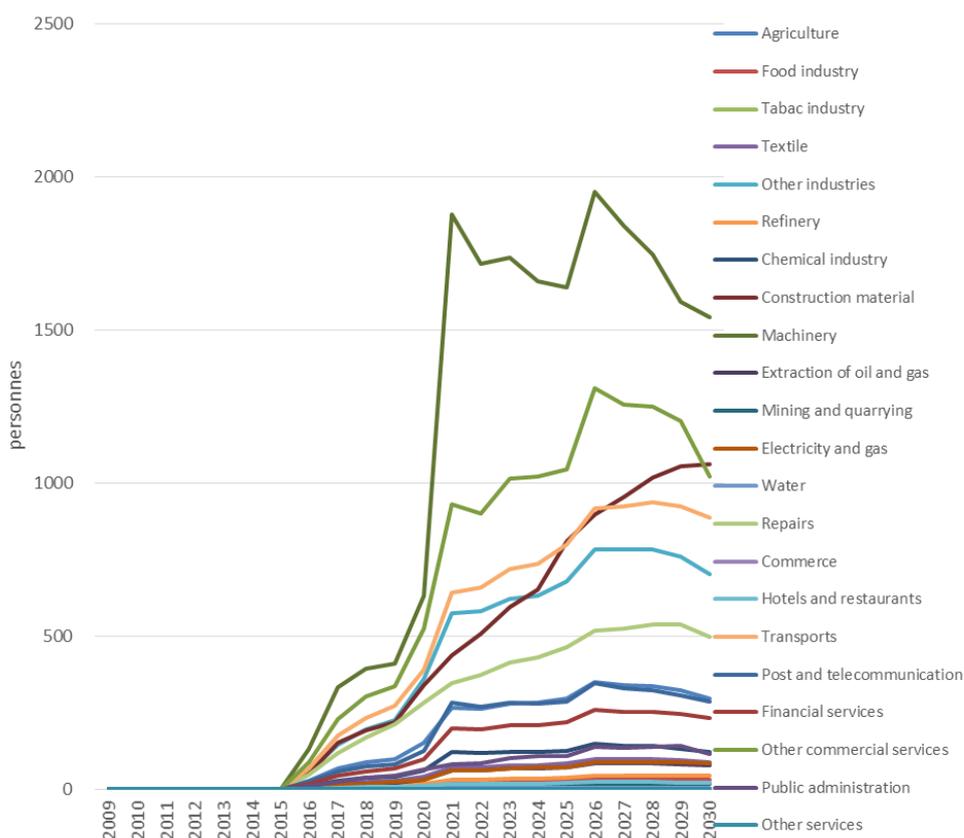
### 3.2 Effets structurels

Il est intéressant d'analyser les effets sur les différents secteurs économiques. Ce type d'analyse permet de détecter également des effets indirects et permet au législateur d'adapter explicitement les mécanismes de soutien aux secteurs présentant les plus fortes perspectives en termes de croissance. La figure 36 montre les résultats pour tous les secteurs économiques, à l'exception de la construction. Le secteur de la construction, comme indiqué ci-dessus, est le plus fort contributeur à l'effet global sur l'emploi, en raison de gros investissements dans les bâtiments. Cela conduit aussi à une demande supplémentaire pour les matériaux de construction, représentée par la ligne brune sur la figure 36.

Plus important encore pour le développement de l'industrie en Tunisie, est l'effet sur les secteurs industriels. D'importants développements sont observés dans le secteur des machines/équipements et dans les services pour cette industrie. Le transport et la logistique suivent l'activité économique supplémentaire, quoiqu'une partie de cette augmentation soit également due à une activité accrue de la construction.

Les impacts devraient s'accroître à l'avenir, pour refléter une diminution dans l'importation des intrants de production et des produits finis. La légère baisse à la fin traduit un ralentissement supposé dans les investissements projetés dans les scénarios et les améliorations de productivité dues aux gains dans l'industrialisation.

Figure 36 : Emplois par secteur (construction exclue) dans le S1 EE + ER



Source : GWS, ALCOR, Eco-Ser, estimation propre

Comme souligné dans la comparaison des scénarios, une grande partie de l'investissement global dans le scénario EE/ER est engagée dans les énergies renouvelables. Ainsi, une grande partie de l'emploi supplémentaire global découle de l'augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables. La technologie des CES fournit une petite part constante dans ce développement de l'emploi. Toutes les autres technologies nécessiteront d'importants investissements (étrangers) et dépendent de la rigueur avec laquelle le scénario est mis en œuvre.

## 4 Analyses de sensibilité

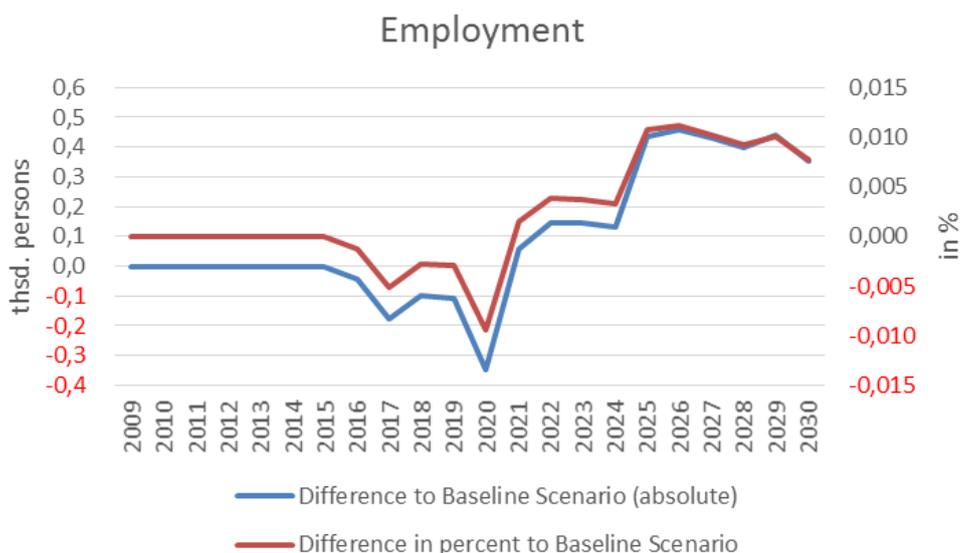
Une analyse de sensibilité permet de comprendre davantage les mécanismes de base mis en œuvre. Néanmoins, les sensibilités ne sont pas des scénarios élaborés, mais traduisent le changement d'un paramètre dans un scénario. Les analyses de sensibilité ont permis de mieux appréhender notamment :

- Une intégration plus élevée des processus de production des cellules et des modules photovoltaïques dans le pays, ce qui se traduit par un quota d'importation plus faible pour les cellules et pour les modules, de même que pour tout ce qui est nécessaire à ces processus de production ;
- La comparaison technologique avec l'investissement fixe : l'emploi généré par un investissement annuel dans la technologie X.

### 4.1 Intégration plus importante du PV

Les effets d'une plus grande intégration de la production de PV sont marginaux. L'emploi baisse initialement, allant jusqu'à un effet global négatif, avec la destruction d'emplois, en raison de la hausse des prix des cellules et des modules fabriqués localement dans le pays.

Figure 37: Création d'emploi (par milliers de personnes) résultant d'une plus importante intégration du PV.  
Différence par rapport au scénario EE/ER



Source : estimation propre

L'effet d'une intégration plus élevée devient positif après l'année 2020 et atteint un maximum en 2025. Ensuite, la réduction des installations et les gains de productivité compensent également des effets positifs.

## **4.2 Nouveaux emplois créés à partir de chacune des technologies**

Pour un meilleur éclairage sur les détails des mécanismes de création d'emploi, nous avons effectué une série d'analyses de sensibilité, en réalisant des simulations sur chaque technologie. De cette façon, nous pouvons également montrer des résultats tout le long de la chaîne de valeur technique, qui sont souvent mieux compris par le grand public. Les chaînes de valeur comprennent les phases de planification et de conception du projet, la fabrication de la technologie, l'installation soit du parc éolien, soit du champ solaire, etc., et enfin une phase d'exploitation et de maintenance. Les facteurs déterminants sont :

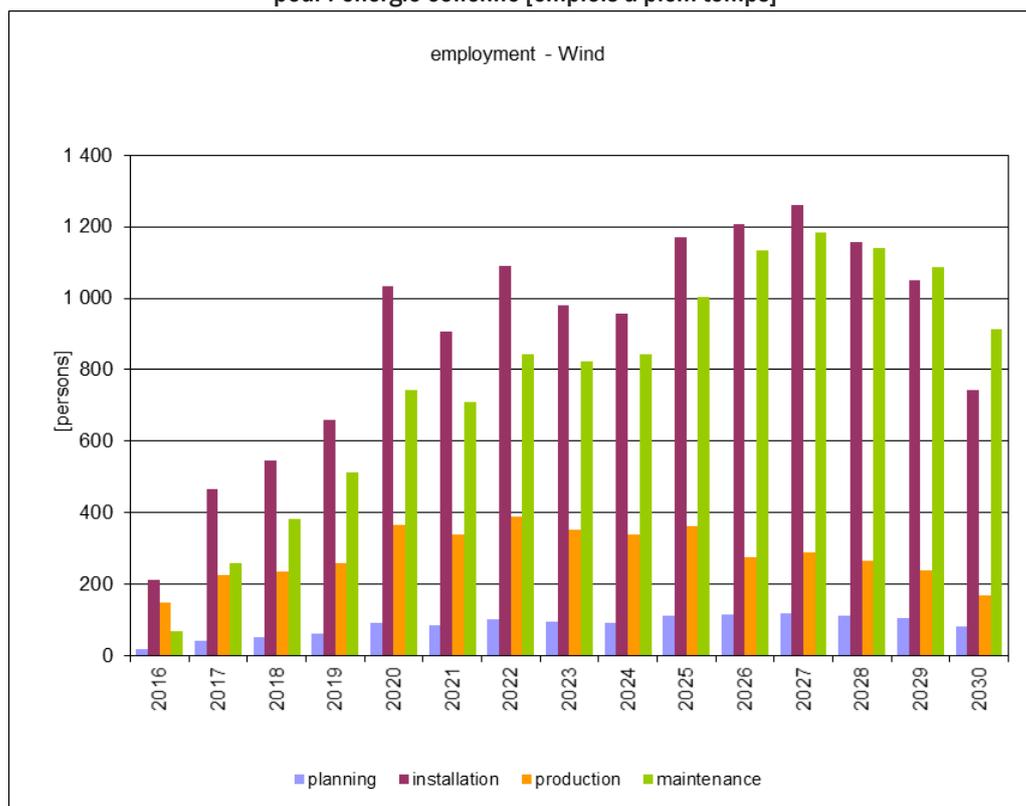
- La technologie ;
- La capacité des secteurs industriels (localement) ;
- La capacité et la qualification de la main-d'œuvre (locale) ;
- Les opportunités (à l'exportation) sur les marchés régionaux et internationaux.

### **4.2.1 Création d'emploi engendrée seulement par l'énergie éolienne**

Le premier exemple est l'emploi de l'énergie éolienne par phase d'ingénierie. Les investissements dans l'énergie éolienne sont simulés séparément dans cette analyse de sensibilité, en vue de distinguer ses effets. En particulier dans le secteur de la construction, il sera intéressant pour le débat politique d'examiner quelle partie du scénario contribue et avec quel volume relatif à l'accroissement des opportunités d'emploi.

L'installation et l'exploitation d'un parc éolien conduit à la création d'emplois, principalement durant la phase d'installation et celle de l'exploitation et de la maintenance. Les qualifications et la pérennité de ces emplois diffèrent. Les emplois associés à l'installation sont essentiellement des emplois temporaires, parce qu'ils sont reliés à la construction proprement dite de la ferme éolienne. Les activités ici incluent les travaux au sol, la construction des infrastructures et l'installation du générateur. Les secteurs économiques contribuant à cette activité incluent la construction en tant que telle, la fourniture de matériaux de construction, le transport et plusieurs services. La planification concrète de la ferme éolienne, bien que prise en compte dans le secteur des services, gros consommateur de main-d'œuvre, contribue avec seulement 100 emplois à l'effet global de création de plus de 2.500 emplois. La création d'emploi associée à la phase d'exploitation et de maintenance se distingue par plus de pérennité dans les emplois induits. Plus de 1.000 personnes travaillent d'une manière permanente pour maintenir les parcs éoliens. Les secteurs économiques y afférents couvrent l'entretien et la réparation, ainsi que la production de pièces de rechange. Les grands composants nécessitant d'éventuels remplacements sont cependant supposés être importés.

Figure 38: Création d'emploi durant la planification, l'installation, la production et l'E&M pour l'énergie éolienne [emplois à plein temps]

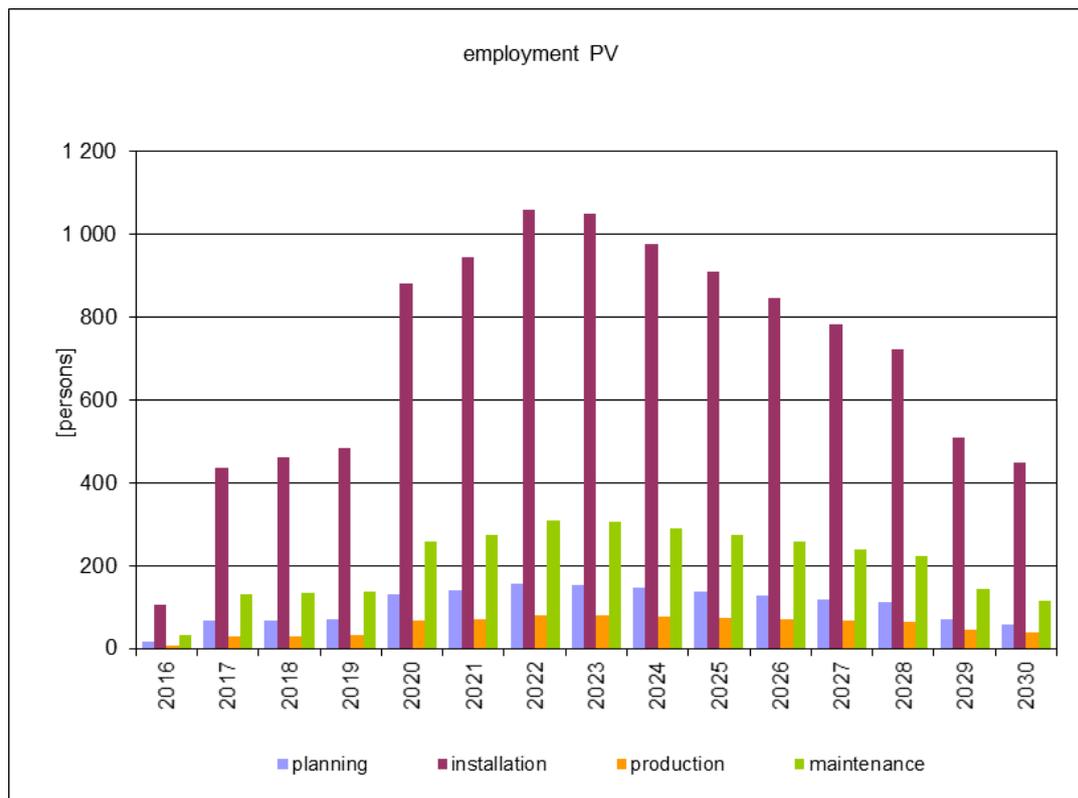


Source : estimation propre

#### 4.2.2 Création d'emploi via les investissements pour la production d'électricité à partir du PV

La seconde analyse de sensibilité par mono-technologie concerne le PV (à la fois pour les toits solaires et pour les plus grandes installations de PV montées au sol). Les résultats sont sensiblement différents : la plupart des emplois sont dans l'installation et dépendent donc du rythme continu de ces installations, voire très probablement d'un soutien continu. L'exploitation et la maintenance ne couvrent pas les grandes installations, alors que la planification est plus indiquée pour les installations PV montées au sol. La production n'engendre que moins de 100 emplois, qui ne sont permanents que si la demande est permanente.

Figure 39: Création d'emploi durant la planification, l'installation, la production et l'E&M pour l'énergie PV [emplois à plein temps]



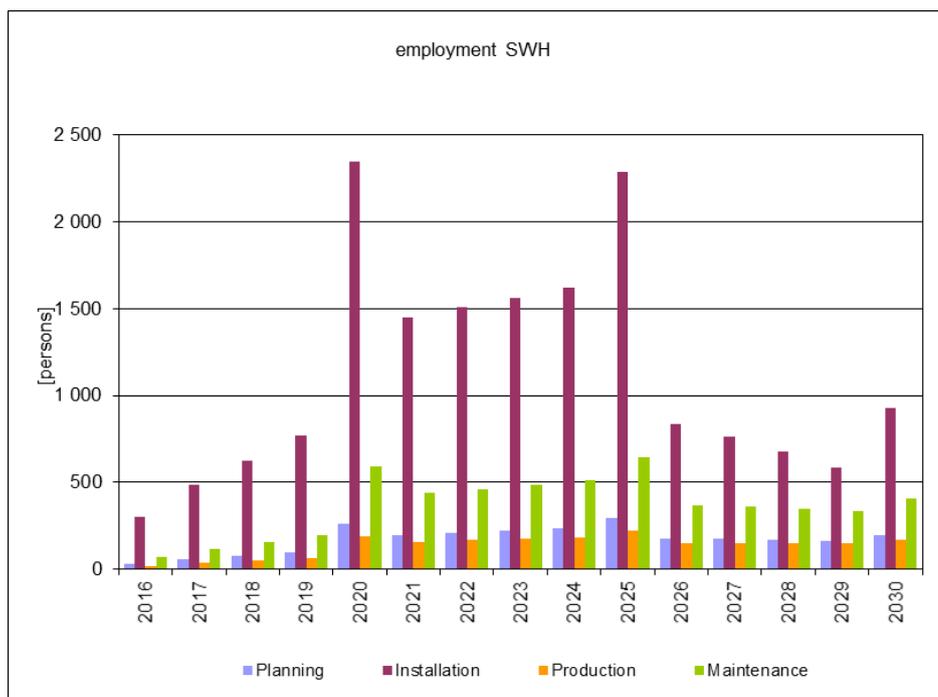
Source : estimation propre

#### 4.2.3 Création d'emploi via les investissements dans les chauffe-eau solaires thermiques

Les chauffe-eau solaires thermiques sont le cas de succès (success story) phare du déploiement des énergies renouvelables en Tunisie. Grâce au soutien du mécanisme innovant, le programme PROSOL, une industrie locale s'est développée (voir chapitre dans l'analyse ex-post). Comme cela a été mis en évidence pour l'autre technologie d'installations sur le toit, le principal impact de l'emploi réside dans la phase d'installation.

Cependant, l'effet sur l'emploi de la phase de production est deux fois plus élevé que dans celle de l'installation des toits solaires PV. Deux importants développements sont à considérer ici. Tout d'abord, un secteur productif de CES s'est déjà développé en partant d'entreprises qui se sont, au début, concentrées sur l'assemblage pour évoluer progressivement vers la production des composants, pièces et systèmes complets. En second lieu, pour ses développements futurs, l'industrie des CES en Tunisie pourrait être amenée à automatiser de plus en plus ses processus de production, ce qui aurait pour ultime conséquence que, même si le pays produit plus de MW de CES au niveau local, le nombre total d'emplois y afférents resterait plus ou moins le même.

Figure 40: Création d'emploi durant la planification, l'installation, la production et l'E&M des CES [emplois à plein temps]



Source : estimation propre

#### 4.2.4 Création d'emploi à partir des investissements dans l'EE

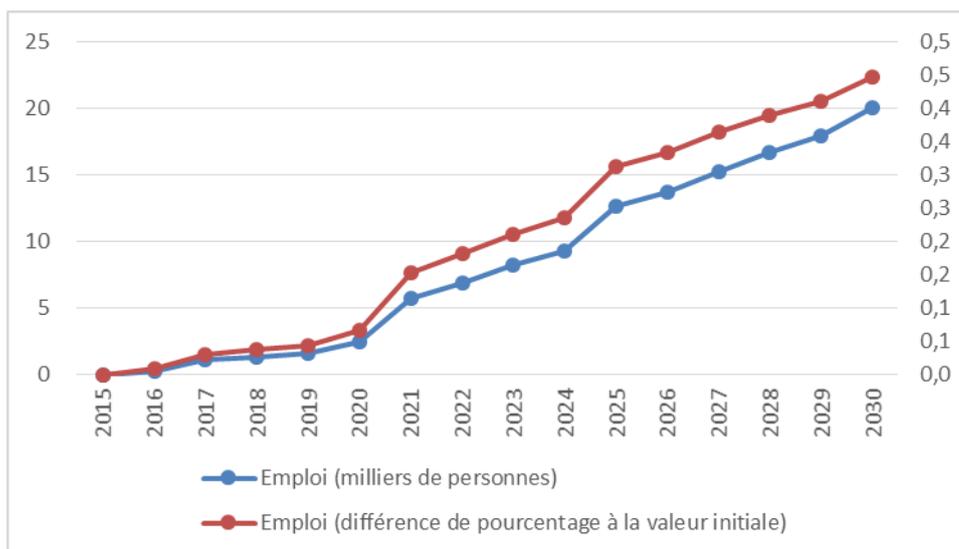
Pour mettre en valeur les impacts sur l'emploi dans le secteur de l'efficacité énergétique, nous avons lancé une simulation avec un exercice d'investissement où 100 millions de TND seront consacrés à l'isolation thermique des bâtiments entre 2012 et 2016.

Notre analyse montre les résultats suivants : l'isolation thermique peut être assurée en grande partie grâce aux produits locaux, bien que certains composants et matériaux doivent être importés. Globalement, les emplois supplémentaires générés par l'investissement des 100 millions de TND dans l'isolation thermique durant la phase de construction de cinq ans fournira des emplois pour 394 personnes.

Ceci représente le rendement le plus élevé en terme de création d'emploi par million de TND investit. L'isolation thermique s'est révélée ainsi très efficace en termes d'énergie économisée par TND dépensé, avec la particularité d'un recoupement de l'investissement sur une durée assez courte, et ce grâce aux économies d'énergie résultant d'une demande réduite de l'énergie nécessaire au chauffage et au refroidissement des bâtiments.

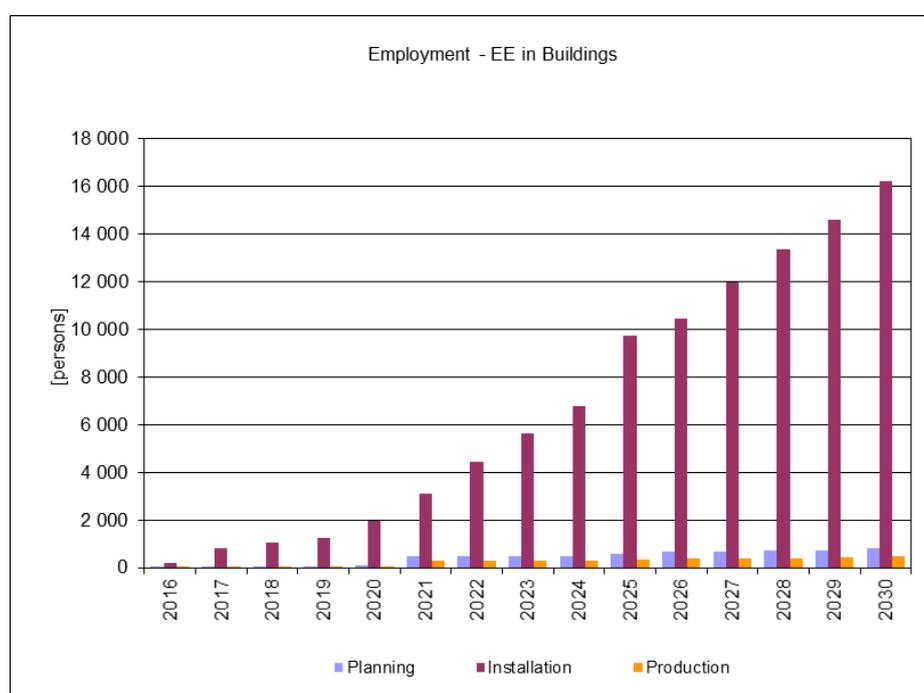
Ainsi, un programme de soutien à l'investissement initial, tel que suggéré par la KfW (2009), est recommandé (voir les recommandations du chapitre vers la fin de ce document). La performance durant la phase d'exploitation et de maintenance n'est pas nécessaire pour les mesures d'efficacité énergétique. La figure 41 montre la répartition de l'emploi total (direct et indirect) sur tous les secteurs économiques concernés.

Figure 41: Effets sur la création d'emploi et la valeur ajoutée de l'isolation thermique



Pour les investissements dans l'efficacité énergétique, nous n'avons pas supposé une phase d'exploitation et de maintenance, car les bâtiments ne sont, dans notre cas, ni correctement gérés, ni particulièrement entretenus, en ce qui concerne leurs aspects d'efficacité énergétique. Si des fenêtres à double vitrage sont installées, elles ne sont pas mieux nettoyées que des fenêtres à simple vitrage. Les phases de production et de planification contribuent également à la création d'emploi, mais le nombre total d'emplois créés par les investissements dans l'EE est dominé par ceux engendrés par la phase d'installation, à savoir les travaux de pose et de construction.

Figure 42: Création d'emploi durant la planification, l'installation, la production et l'E&M de l'EE Emplois dérivés des investissements EE dans les bâtiments



Source : estimation propre

Comment va réagir le secteur de la construction ?

Compte tenu du taux de chômage de plus de 15% (Institut national de la Statistique de la Tunisie), le marché du travail est plutôt en quête d'impacts positifs. La création d'emplois additionnels pour environ 20.000 personnes se traduit par une augmentation de 0,4 % par rapport au scénario de base. Ceci peut donc, sans risque, être supposé sans conséquence immédiate sur le niveau des salaires et sans pression exercée sur le marché du travail.

#### 4.2.5 Création d'emploi par unité monétaire

En vue de comparer les effets potentiels sur la création d'emploi des différentes technologies des ER, nous avons calculé les emplois par millions de TND dépensés. Les emplois rapportés dans la figure ci-dessous comprennent l'impact total sur la création d'emploi de l'investissement dans les technologies respectives. Il comprend la fourniture des intrants à la production locale, les possibilités d'exportation et le degré d'intégration de l'industrie locale.

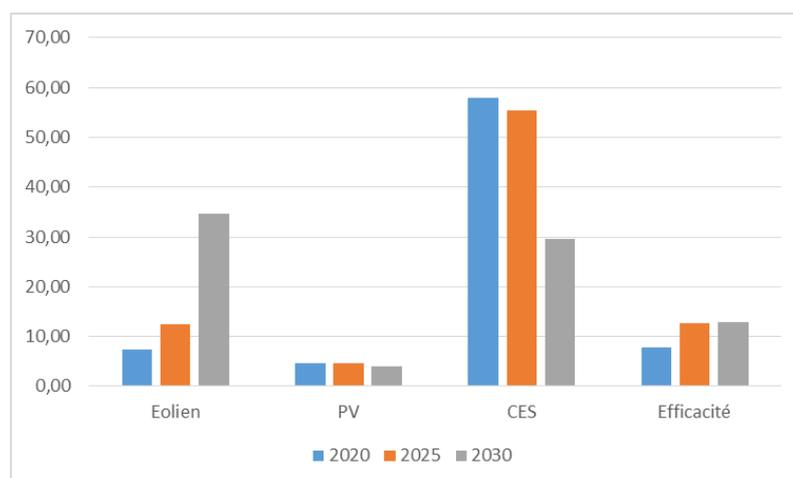
L'énergie éolienne doit composer, dans une première étape, sur des parts d'importation élevées, avant de bénéficier progressivement d'une industrie plus intégrée localement dans le scénario. Ainsi, la création d'emploi par millions de TND augmente avec le temps.

Les chauffe-eau solaires représentent la technologie la plus avancée parmi les technologies des ER. L'industrie locale associée devient plus intégrée, mais devient aussi de plus en plus productive au cours de la période d'observation, avec moins d'emplois qui seront nécessaires par unité monétaire, notamment aussi en raison de l'automatisation prévue de la production des CES.

Vu que la fabrication des panneaux PV est déjà entièrement automatisée sur le marché mondial, les avantages potentiels d'une intégration verticale dans l'industrie locale ne sont pas envisageables. Ainsi, l'installation est la principale phase créatrice d'emplois pour le PV.

L'efficacité énergétique a déjà d'importantes parts de contenu local, mais la production d'appareils électro-ménagers devient de plus en plus locale au fil du temps, ce qui explique l'augmentation dans la création d'emploi par unité monétaire.

Figure 43: Créations d'emploi engendrées par les investissements en millions de TND



## 5 Résumé et perspectives

Notre analyse montre que, dans un cadre réglementaire avec des conditions appropriées, investir dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique en Tunisie va conduire à une augmentation des emplois qualifiés et durables. Des objectifs ambitieux pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique sont une condition nécessaire à la création d'emploi dans ces secteurs. Tout investisseur, qu'il soit national ou international, voudra un cadre réglementaire avec des conditions stables et fiables pour sécuriser ses retours sur investissement. L'électricité produite à partir de sources renouvelables doit avoir un accès prioritaire au réseau pour qu'elle puisse être commercialisée par son producteur.

Le réseau et l'ensemble des infrastructures associées doivent être capables d'absorber et de gérer des quantités sans cesse croissantes de nouveaux apports électriques fluctuants. Le cadre réglementaire requis pour tout ce qui précède doit être mis en place.

Les subventions et les crédits nécessaires doivent être sécurisés au fil du temps. Cela vaut autant pour les entreprises que pour les ménages privés, qui doivent supporter des coûts additionnels initiaux, en particulier avec les technologies d'efficacité énergétique. Durant leurs cycles de vie, ces technologies qui « payent pour elles-mêmes » se distinguent par leurs effets induits de recoupement des investissements grâce aux économies d'énergie engendrées.

Les résultats doivent être considérés à la lumière du développement global en Tunisie depuis la dernière étude sur les effets similaires et à la lumière du développement des énergies renouvelables depuis 2011, l'année de la dernière étude GIZ. Les énergies renouvelables, notamment le PV, ont enregistrées ces dernières années une baisse de prix remarquable et ont fait de grands pas pour devenir compétitifs. En termes de coûts de production d'électricité, le PV est déjà compétitif dans la plupart des régions disposant d'un rayonnement solaire élevé.

Cependant, les prix de l'électricité à partir de sources fossiles demeurent encore subventionnés, comme indiqué ci-dessus. De ce fait, des incitations en faveur d'installations PV ou d'autres technologies liées aux énergies renouvelables restent encore nécessaires.

Les résultats des simulations montrent également que les emplois supplémentaires à partir des installations d'autoproduction PV en Tunisie sont de faible ampleur, de sorte que l'étape consistant à augmenter la production de cellules ou de modules dans le pays doit être bien considérée. D'autre part, davantage de retombées technologiques peuvent être attendues de l'énergie éolienne, comme l'a montré l'étude précédente (Lehr et al., 2011).

L'investissement dans l'amélioration thermique des bâtiments s'est révélé comme le principal moteur de création d'emploi dans le scénario. Néanmoins, les défis de la qualification de la main d'œuvre ne doivent pas être sous-estimés. Bien que des mesures simples donnent déjà de grandes économies d'énergie, comme les toits réfléchissants, d'autres mesures présentant des challenges techniques plus importants, tels que le double ou le triple vitrage, ont besoin d'une main d'œuvre qualifiée pour assurer la qualité

du résultat. Le cas échéant, l'isolation thermique faite par une main d'œuvre non qualifiée peut engendrer d'importants dommages et des effets négatifs.

Les récents développements économiques en Tunisie, notamment durant les années post révolution, ont été plutôt relativement sombres et moroses, ce qui a conduit à un ajustement du modèle économique. Dans l'ensemble, le scénario présente quand même un impact marqué sur l'emploi et la croissance, ce qui est en fait une contribution durable au développement futur de la Tunisie.

## 6 Références

Do Dinh Long, Suduk Kim (2014) : *Un modèle d'équilibre général pour l'évaluation de la politique énergétique utilisant GTAP-E pour le Vietnam*, Economie mondiale, ISSN 2328-7144 - Mai 2014, Vol. 2, No. 5, 347-355.

Herbst, L. Lalk, J (2016) : *Un examen des documents de politique derrière le programme Producteur d'approvisionnement d'énergies renouvelables 'Independent Power' de South Africa: Comment son succès marque l'impact sur la société* (Document de conférence) Symposium international sur la technologie et la société, Proceedings - Volume 2016 - 22 mars 2016, réf. 7439400.

*Renewable Energy World* (2016), accessible en ligne le 21 juillet 2016 <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2015/02/the-top-ten-pv-manufacturers-in-2014-and-why-this-list-can-lack-meaning.html>

Agama, 2003. *Employment Potential of Renewable Energy in South Africa*. Etude élaborée pour : 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): élaboré par : 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*. Rapport final préparé par : 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.

Duscha, Ragwitz, Breitschopf, Schade, Walz, Pfaff, de Visser, Resch, Nathani, Zagamé, Fougeyrollas, Boitier, France (2014), *Employment and growth effects of sustainable energies in the European Union*.

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. *Renewably 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, dirigé par: Fayçal Lakhoua, IACE: Tunisie.

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*. Rapport final : 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?*

Kratzlat, 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*. EnergyPolicy 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.

Lutz, C. & Lehr, U. (2014): *Macroeconomic Effects of Renewable Energy and Energy Efficiency Policies with a Focus on Germany*. In: Bernhard, L. & Semmler, W. [eds.]: The Oxford Handbook of the Macroeconomics of Global Warming, pp. 477-496, Oxford University Press.

Lutz, C., Lehr, U. & Ulrich, P. (2014): *Economic Evaluation of Climate Protection Measures in Germany*. International Journal of Energy Economics and Policy, 4(4), pp. 693-705.

Miller, R.E., Blair, P.D., 2009. *Input-output analysis – Foundations and extensions*. 2<sup>nd</sup> 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*. Elaboré par: 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*. 1<sup>st</sup> ed. Frankfurt am Main, Verl.- und Wirtschaftsgesellschaft der Elektrizitätswerke VWEW, Energiewirtschaftliche Studien.

Pollin, R., Garrett-Peltier, H., Heintz, J., & Chakraborty, S. (2015). *Global Green Growth: Clean Energy Industrial Investments and Expanding Job Opportunities*. United Nations Industrial Development Organization and Global Green Growth Institute, Vienna and Seoul.

Pollin, R., Garrett-Peltier, H., Heintz, J., & Hendricks, B. (2014). *Green Growth: A U.S. Program for Controlling Climate Change and Expanding Job Opportunities*. Washington, D.C. and Amherst, MA, USA: Center for American Progress and Political Economy Research Institute.

Pollin, R., Heintz, J., & Garrett-Peltier, H. (2009). *The Economic Benefits of Investing in Clean Energy: How the Economic Stimulus Program and New Legislation Can Boost U.S. Economic Growth and Employment*. Amherst, MA and Washington D.C.: Political Economy Research Institute and Center for American Progress.

Ragwitz et al., 2009. *Impact of Renewable Energy Policy on Economic Growth and Employment in the EU* (Employ-RES). Contractor: DG TREN.

Ragwitz, M. et al. (2009): *EmployRES: The Impact of Renewable Energy Policy on Economic Growth and Employment in the European Union*. Directorate General for Energy and Transport.

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

Rothengatter W., Schaffer A., 2008. *Macro compact. Basics of macroeconomics*, 2<sup>nd</sup> ed., Physica Verlag Heidelberg: Heidelberg.

Rutowitz/Atherton, 2009. *Energy sector jobs to 2030: a global analysis*. Elaboré pour : Greenpeace International par: 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*. Editeur : BMU.

UBA (2014): *Umwelt, Innovation, Beschäftigung*. August 2014. Beschäftigung im Umweltschutz.

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, pour le compte du : Ministère des Transports, de l'Innovation et de la Technologie : Autriche.