LIVRABLE I : ETUDE DE LA SITUATION ACTUELLE DE L'INDUSTRIE DU POMPAGE SOLAIRE AU MAROC ET EN AFRIQUE

Projet : Elaboration d'un plan de développement industriel local de composants et de systèmes de pompage solaire photovoltaïques pour l'irrigation agricole

Client : AMEE

Date : *02/11/2021*

Préparé par Africa Climate Solutions

Table des matières

I. Introduction 8

II. Contexte et démarche 10

III. Potentiel du pompage solaire au Maroc et en Afrique 13

1. Systèmes de pompage photovoltaïque : Vue d'ensemble 13

a. Principe de fonctionnement du PPV 13

b. Composantes du PPV 13

c. Configurations 13

2. Retour sur le potentiel de développement du marché de pompage solaire pour l'agriculture au Maroc 15

3. Diagnostic du potentiel de développement du pompage solaire dans l'agriculture en Afrique 18

a. État de l'irrigation en Afrique 18

b. Potentiel de développement du marché PPV en Afrique subsaharienne 21

c. Potentiel du développement de marché de PPV en Afrique du Nord 25

IV. Benchmark international en matière de développement industriel, d'écosystèmes, et de production de composants de pompage solaire 27

1. Panneaux photovoltaïques 27

a. Pays leader : Chine 29

b. Pays leader : Allemagne 32

c. Pays émergeant : Inde 35

d. Pays à profil similaire : Tunisie 37

e. Conclusion 38

2. Variateurs – Onduleurs 39

a. Définition de la composante 39

b. Marché des onduleurs – variateurs 41

c. Ecosystèmes et développement de l'industrie des onduleurs – variateurs 47

3. Pompes 58

a. Retour à la base de la production : pompe manuelle pour puits profond 58

b. Pompes électriques : Expérience de l'Inde 59

4. Structures PV 65

a. Structure de modules à l'international : 65

b. A L'échelle nationale 66

V. Benchmark national en matière de développement industriel, d'écosystèmes, et de production de

composants de pompage solaire 66

1. Stratégies industrielles : Fondement d'un développement industriel sain 67
   a. Origine de la problématique 67
   b. Retour sur le cas du Maroc 67
2. Opportunité géo- politique et climat d'affaires Maroc-Afrique 70
   a. La coopération entre le Maroc et ses partenaires africains 70
   b. Opportunité d'échange Maroc - Afrique 73
   c. Opportunités d'investissement du Maroc en Afrique 75
3. Opportunité d'investissement au Maroc : rôle de l'état et du privé dans l'industrialisation 79
   a. Contribution de l'état 79
   b. Contribution du privé 82
4. Retour sur la chaine de valeur de l'industrie solaire du Maroc 84
   a. Secteur industrie solaire au Maroc 84
   b. Amont de la chaine de valeur solaire 85
   c. Amont de la chaine de valeur solaire : Fabrication et assemblage 86
   d. Aval de la chaine de valeur : Installation et fabrication des structures 87
5. Composants les plus rémunérateurs : Proposition pour le cas du Maroc 88
   a. Capitalisation sur le retour d'expérience 88
   b. Définition des critères 94
   c. Proposition des composants les plus rémunérateurs 96

Annexe 1 101

Annexe 2 102

Annexe 3 110

Annexe 4 111

Références et Bibliographie 112

Liste des figures

Figure 1 : Représentation de la vision d'élaboration du Benchmark suivant 3 critères 11
Figure 2:Prise de décision par classement des pays. 12
Figure 3 : Récapitulatif des pays benchmarkés 12
Figure 4: Installation de PPV avec système d'irrigation après stockage (bassin) 14
Figure 5 : Installation de PPV avec système d'irrigation directe 14
Figure 6: Exploitations agricoles équipées en PPV en 2019 et 2020 dans la zone choisie de la région Fès Meknès 17
Figure 8: Exploitations agricoles équipées en PPV en 2019 et 2020 dans la région Souss Massa 17
Figure 9: Exploitations agricoles équipées en PPV en 2019 et 2020 dans la région Berkane 18
Figure 10: Irrigation en Afrique (en pourcentage du potentiel d'irrigation). 20
Figure 11 : Répartition du potentiel d'extension des surfaces irrigation en Afrique 21
Figure 12 : Déplacement horizontale de l'eau du fleuve à la parcelle avec un besoin minime en énergie .. 22
Figure 13: Potentiel du marché PPV accessible en Afrique subsaharienne 24
Figure 14 : Potentiel d'irrigation en Tunisie en MWc 26
Figure 15 : Croissance mondiale du PV par région (en GWc) 28
Figure 16: Facteurs clés du succès de l'Industrie solaire chinoise. 32
Figure 17 : Mesures de soutien photovoltaïque en Allemagne (avec critères principaux) et leurs groupes cibles 33
Figure 18 : Package proposé pour encourager l'investissement en industrie PV en Allemagne 33
Figure 19 : Incitations du gouvernement indien en faveur de l'industrie en général, et photovoltaïque précisément 36
Figure 20 : Incitations mises en place pour la promotion de l'industrie en faveur des ER 38
Figure 21 : Diversification des applications des variateurs 39
Figure 22 : Décomposition d'une unité type d'onduleur/variateur 40
Figure 23 : Structure interne du module de puissance 41
Figure 24 : Part du marché des onduleurs par technologie 44
Figure 25 : Cartographie des acteurs de la chaine de valeur Suisse 45
Figure 26 : Evolution U.S du prix à la sortie de l'usine des onduleurs solaires 46
Figure 27 : Chaine de valeur Onduleurs Huawei 48
Figure 28 : 5 points recommandés pour ériger l'industrie solaire en général, et celle de l'électronique en parallèle, en Inde 51
Figure 29 : Vision de l'Afrique du Sud pour le développement de l'industrie 55
Figure 30 : Aperçu du produit 56
Figure 31 : Résultat du projet : Lancement d'une production locale des composantes du variateur de de la pompe 58
Figure 32 : Image d'une production de masse des pompes manuelles et les machines de production utilisées (Image 1 Inde, Image 2, Kenya) 59

Figure 33 : Logos de quelques industriels de pompes en Inde 59
Figure 34 : Ecosystème industriel à Coimbatore et exemple de l'industrie Shakti pumping hébergeant l'intégralité de la chaine de valeur (assemblage des pompes à gauche, assemblage variateur de vitesse de la pompe à droite) 61
Figure 35 : Process de fabrication des pompes en Inde principalement de l'assemblage avec images de quelques équipements utilisés 63
Figure 36 : Modèles de structures fréquent en agriculture : Sur toit et sur Sol 65
Figure 37 : Retour sur la politique industrielle du Maroc à travers les années (Adapté par ACS) 68
Figure 38 : Diversité et concentration des exportations pour les pays de l'Afrique : Positionnement du Maroc (données 2019) 68
Figure 39 : Visionnement de la réalité de l'industrialisation du solaire au Maroc 70
Figure 40 : Types d'accords fréquents existants entre le Maroc et les pays de l'Afrique 71
Figure 41 : Exportations du Maroc vers le Mali en % par rapport au total de 20 M de dollars (2019) 71
Figure 42: Régions de l'Afrique subsaharienne avec la masse d'export du Maroc vers ces régions à partie de 2016 (Adapté par ACS) 73
Figure 43 : Evolution des exportations (Afrique et hors Afrique) : Tendance en hausse de l'industrie métallique et électrique 74
Figure 44 : Schéma mettant en évidence le plan solaire avec l'agriculture comme sous-composante bénéficiant de l'intégration industrielle via les panneaux, le matériel électrique solaire et les pompes à eau 75
Figure 45: Evolution des investissements directs marocains en Afrique. 76
Figure 46 : Part des investissements du Maroc en Afrique dans les trois secteurs dominants 77
Figure 47: Cartographie globale des IDE marocains en Afrique-2018. 78
Figure 48 : Les 3F mises à disposition pour le cas d'industrie de haute technologie 79
Figure 49 : Principaux acteurs dans le cercle de l'innovation 84
Figure 50: Cartographie de la chaîne de valeur de pompage solaire au Maroc. 85
Figure 51: Les acteurs des maillons de la chaine de valeur présents au Maroc. 85
Figure 52 : Liste des 12 secteurs classés à fort potentiel au Maroc 86
Figure 53 : Localisation des principaux producteurs nationaux de panneaux PV 87
Figure 54 : Compétitivité des composants PPV pour le cas du Maroc 97
Figure 55 : Positionnement des composantes PPV pour le Maroc 100

Liste des tableaux

Tableau 1 : Importations des panneaux solaires au Maroc entre 2011-2020 15
Tableau 2 : Estimation des importations en MWc entre 2011 et 2020 16
Tableau 3: Utilisation des PPV en Afrique subsaharienne 23
Tableau 4 : Financement PV approuvé de BMU (Source : BMU 2010) 34

Tableau 5 : Comparaison de l'étendu de déploiement production entre l'Inde et la Chine 36
Tableau 6 : Aperçu de la tendance du marché des onduleurs-variateurs avec une revue sur la production de la Chine en onduleurs 41
Tableau 7 : Répartition des fournisseurs d'onduleurs solaire dans le marché mondial 43
Tableau 8 : Niveau d'implication des acteurs de l'écosystème en Suisse dans les thématiques liés à l'électronique pour le photovoltaïque 46
Tableau 9 : Aperçu de la chaine de valeur (partie assemblage) de Huawei 48
Tableau 10 : Informations comparatives disponibles pour les onduleurs solaires et la carcasse 49
Tableau 11 : Modèles d'initiatives incitatives pour le développement de l'industrie de l'électronique en Inde 52
Tableau 12 : Catégories d'entreprises opérant dans le secteur électronique en Afrique du Sud 52
Tableau 13 : Aperçu de quelques industries implantées en Afrique du Sud 54
Tableau 14 : Historique de développement 57
Tableau 15 : Segmentation du profil cluster de l'industrie des pompes 62
Tableau 16 : Principales associations de développement et de soutien de l'industrie des pompes à Coimbatore 64
Tableau 17:Instruments de promotion pour l'industrialisation et l'innovation : exemples dans la dimension subvention 80
Tableau 18: Les principales entreprises de production de modules photovoltaïques au Maroc. 86
Tableau 19 : Facteurs de réussite relevées comme conclusions du benchmark international 90
Tableau 20 : Résultat de l'analyse multicritère de la compétitivité des composants 98

Liste des acronymes

ACS Africa Climate Solutions, Africa Climate Solutions, Africa Climate Solutions
AMEE Agence Marocaine pour l'Efficacité Énergétique
AMISOLE Association marocaine de l'industrie solaire et éolienne
CDG Caisse de dépôt et de gestion
CDN Contribution Déterminée au niveau National
CEDEAO Coopérations libre-échange avec l'Afrique de l'Ouest
CEM Contract Electronics Manufacturer, composants électroniques sous contrat
CEMAC Communauté économique et monétaire des États de l'Afrique centrale
CSP Concentrated Solar Power
EPCs Engineering Procurement and Construction
ER Energies Renouvelable
FIT Feed In Tarif
FMN Firmes multinationales
IDI Investissements directs internationaux
IDM Investissements directs marocains
IIUS Industrial Infrastructure Upgradation Scheme
IRESEN Institut de Recherche Energies Solaires Energies Nouvelles
IWMI Institut International de Gestion de l'Eau
JNNSM Mission Solaire Nationale Jawaharlal Nehru
LPM Libéralisation, privatisation et mondialisation
MENA Middle East and North Africa
MLPE Module Level Power Electronics
MPME Micro, Petite, Moyenne Entreprises
OEM Origin Equipment Manufacturer
PME Petites et Moyennes Entreprises
PNUD Programme des Nations unies pour le développement
PPP Partenariat Public-Privé
PPV Pompage photovoltaique
R&D Recherche et Développement
RBF Ready Built Factory
SAI Surface Agricole Utile
TPE Très Petites Entreptises
TT Transfert Technoloqique
UEMOA Union Économique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest

I. Introduction

Le développement du secteur de pompage solaire photovoltaïque (PPV) concrétise les actions de la stratégie énergétique nationale de développement à grande échelle des énergies renouvelables au Maroc, qui vise le recours à des sources d'énergie durable, l'intégration industrielle des technologies propres et la création d'emplois verts, sans oublier sa participation dans la contribution déterminée au niveau national (CDN). Aussi, le développement des systèmes PPV s'inscrit dans le cadre de l'objectif du nouveau Plan baptisé "Génération Green 2020-2030", priorisant la valorisation des ressources en eau. Enfin, dans les circonstances de la crise sanitaire COVID-19, le Maroc a dû s'adapter par une nouvelle vision tentant de réduire les importations et focaliser les efforts sur la promotion du contenu local et exportations.

Au cours des dernières années, le marché du pompage solaire a connu une croissance exceptionnelle. Malgré l'absence de subvention de l'État, le nombre d'installations PPV a enregistré une croissance significative. En effet un taux d'augmentation qui varie entre 30% et 40% de nouvelles installations de pompage solaire a été enregistré entre 2018 et 2019 [1]. Ce développement est principalement dû à la baisse des coûts des modules solaires, à la prolifération des installateurs de PPV et évidemment au retour sur investissement rapide des systèmes de PPV.

L'étude de structuration de l'accompagnement du développement du pompage solaire, réalisée par l'AMEE en partenariat avec le PNUD, a permis de confirmer le fort potentiel de développement du pompage solaire dans le secteur de l'agriculture au Maroc, estimé à 3,4 GWc à l'horizon 2030. Néanmoins, si la demande des technologies photovoltaïques est au rendez-vous, le marché du PPV au Maroc n'a pas encore dépassé la phase embryonnaire de son développement industriel. En effet, toutes les lignes de fabrication existante sont seulement des lignes d'assemblage de modules et ne présentent pas une grande valeur ajoutée dans la chaine de valeur de production des panneaux solaires. Par ailleurs, la quasi-totalité des pompes, des onduleurs et des variateurs de vitesse sont importés de l'étranger[2].

Les modules, les pompes, et l'onduleur/variateurs représentent 60 à 75 % du coût du système, selon la taille et la configuration technique. Motivée par cette optique d'intégration industrielle, l'Agence Marocaine pour l'Efficacité Énergétique (AMEE) a confié à Africa Climate Solutions (ACS), la réalisation d'une étude portant sur l'élaboration d'un plan de développement industriel local de composants et de systèmes de pompage solaire photovoltaïques pour l'irrigation agricole, et ceci à travers :

- L'étude de la situation actuelle de l'industrie du pompage solaire au Maroc et en Afrique
- L'étude des options d'une industrie nationale de composantes de pompage solaire
- L'étude de faisabilité (Business Plan) des unités de fabrication
- Un plan d'accompagnement des unités de fabrication

[1] Rapport livrable II du Projet GEF-Pompage solaire : Etat des lieux du marché de pompage solaire photovoltaïque, Mars 2019

[2] Résultats de l'enquête de la deuxième phase de l'étude « GEF-Pompage solaire », AMEE, 2019

Ce rapport présente la première phase de cette étude, qui concerne la réalisation d'un état des lieux de l'industrie solaire à l'échelle nationale et internationale, à travers l'évaluation du potentiel de l'offre, à savoir le développement industriel, et de la demande, à savoir l'évolution du pompage solaire pour l'irrigation en agriculture aussi bien pour le Maroc que pour l'Afrique. Les différentes possibilités de positionnement, de soutien et de développement seront mises en examen dans ce benchmark. L'étude se conclura par l'identification des composantes les plus rémunérateurs en se basant sur des indicateurs pertinents.

II. Contexte et démarche

Le photovoltaïque solaire a été l'une des technologies renouvelables pionnières au fil des décennies. La capacité totale installée de l'énergie solaire photovoltaïque a atteint 480 GW au niveau mondial (hors CSP) à la fin de 2018, ce qui représente la deuxième plus grande source d'électricité renouvelable après l'éolien *(IRENA, 2019).*

En 2019, le solaire photovoltaïque a dominé les ajouts de capacité d'électricité, ajoutant deux fois plus de capacité que l'éolien et plus que l'ensemble des combustibles fossiles et du nucléaire. Ensemble, les ajouts de panneaux solaires photovoltaïques ont atteint environ 94 GW *(IRENA, 2019).*

Au niveau mondial, l'évolution de l'industrie du solaire photovoltaïque a été remarquable jusqu'à présent, avec plusieurs étapes franchies ces dernières années en termes d'installations (y compris installations hors réseau, notamment en milieu rural), de réduction des coûts technologiques, ainsi que la création d'associations clés dans le domaine de l'énergie solaire.

Au niveau national, et dans le secteur de l'énergie pour l'irrigation, le pompage solaire est considéré la source d'énergie la plus compétitive, le prix du mètre cube moyen produit à partir de l'énergie solaire : 0,44 DH/m^3.

Entre 2015 et 2030, le gain pour l'état s'élèvera à 2,43 milliards de DH. Pour les agriculteurs, les économies visées cumuleront 2,77 milliards de DH. *(Estimations 4C Maroc, Source : Resagro, 10/05/2021)*

A la lumière des pistes envisagées pour mener le benchmark en matière de l'offre et de la demande d'une industrie local PPV, la présentation du potentiel, des expériences et des opportunités à détailler dans ce livrable émane d'une réflexion basée sur trois critères :

- ✓ **L'évolution :** La connaissance de l'historique du secteur industriel PV (et autres secteurs en relation avec cette technologie) et l'évolution (existante ou potentielle) des chaines de valeurs et des écosystèmes, ainsi que leur degré de maturité et complexité.
  Ce critère est essentiel dans la mesure où il permet de recueillir un retour d'expérience sur les enjeux et les processus d'élaboration des plans de développement industriel.

- ✓ **La flexibilité :** Critère permettant d'avoir une marge de liberté dans la présentation et l'analyse des données recueillies, chose qui peut être perceptible à travers les différentes sources d'informations et l'interprétation des informations.

- ✓ **La simplicité :** Critère primordial pour comprendre les aspects de développement des industries dans chaque pays, les potentiels et opportunités existants pour le Maroc, de telle sorte que l'on puisse facilement déduire des combinaisons et des adaptations pour le profil du secteur industriel PPV marocain.

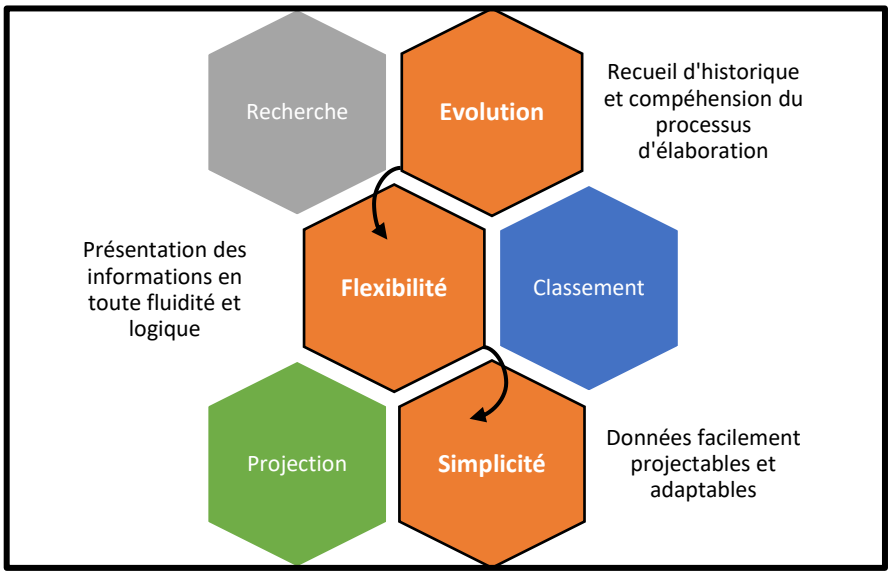


Figure 1 : Représentation de la vision d'élaboration du Benchmark suivant 3 critères

Pour le choix des pays à profil intéressant et assez inspirant pour le Maroc, la prise de décision a été soutenue par le recours à la méthode de sur-classement. Elle est basée sur une approche descriptive et prescriptive, qui permet d'analyser et aussi visualiser les synergies entre critères. Ces critères sont évalués, puis pondérés suivant leur importance. À la suite du classement obtenu, les pays sélectionnés seront donc sujets du Benchmark.

Les critères suivants ont été pris en considérations :

- Richesse de l'historique du pays,
- Marché local et d'export,
- Avancées d'écosystèmes industriels,
- Niveau d'approche du développement industriel avec les EnRs,
- Avancées en matière d'incitations, de programmes et de soutien.
- Disponibilités des informations

Ensuite, le dialogue entre les différents acteurs intervenant dans le processus de décision a créé une pondération pour les critères. Ainsi, suite aux résultats, les pays mises à l'épreuve ont été classé comme suit :

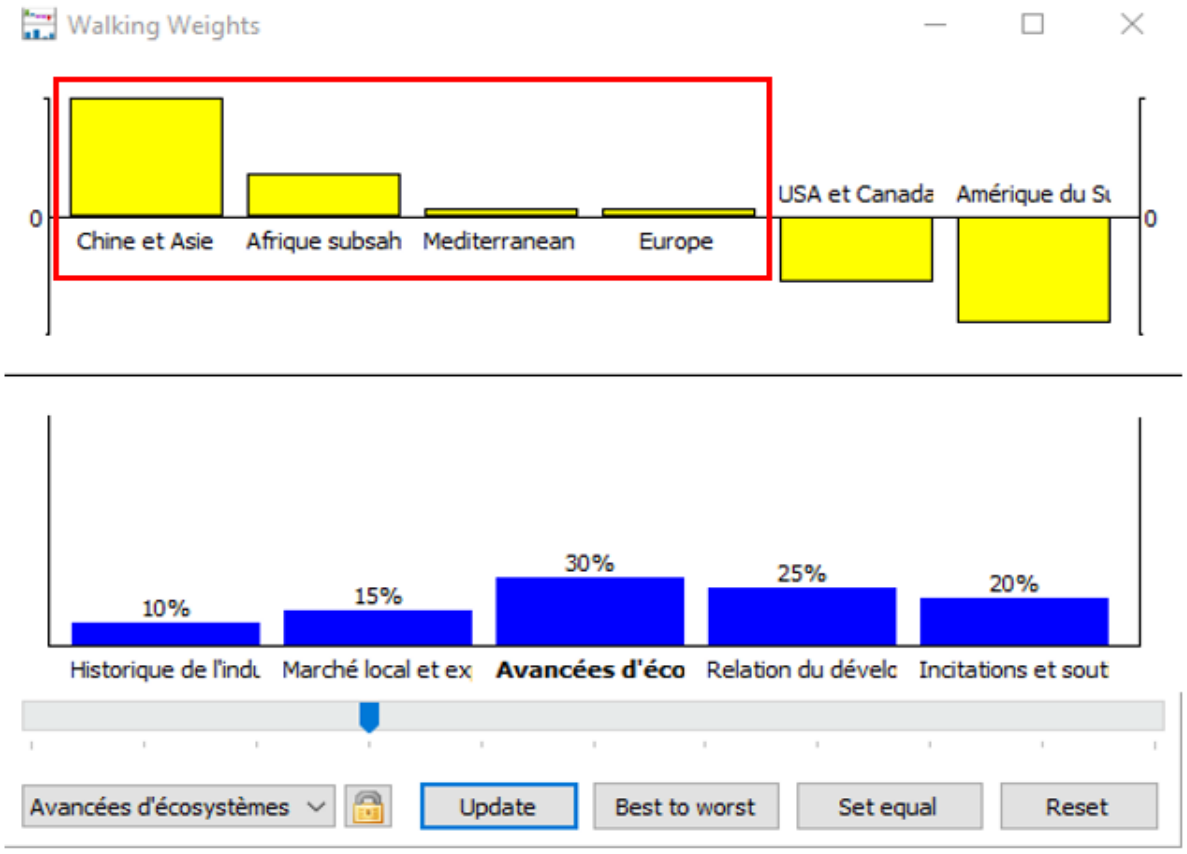


Figure 2:Prise de décision par classement des pays.

Les pays choisis sont ceux dont la valeur est positive (encadré en rouge).

En résumé, la carte suivante prend le soin de visualiser l'étendue du benchmark réalisé :

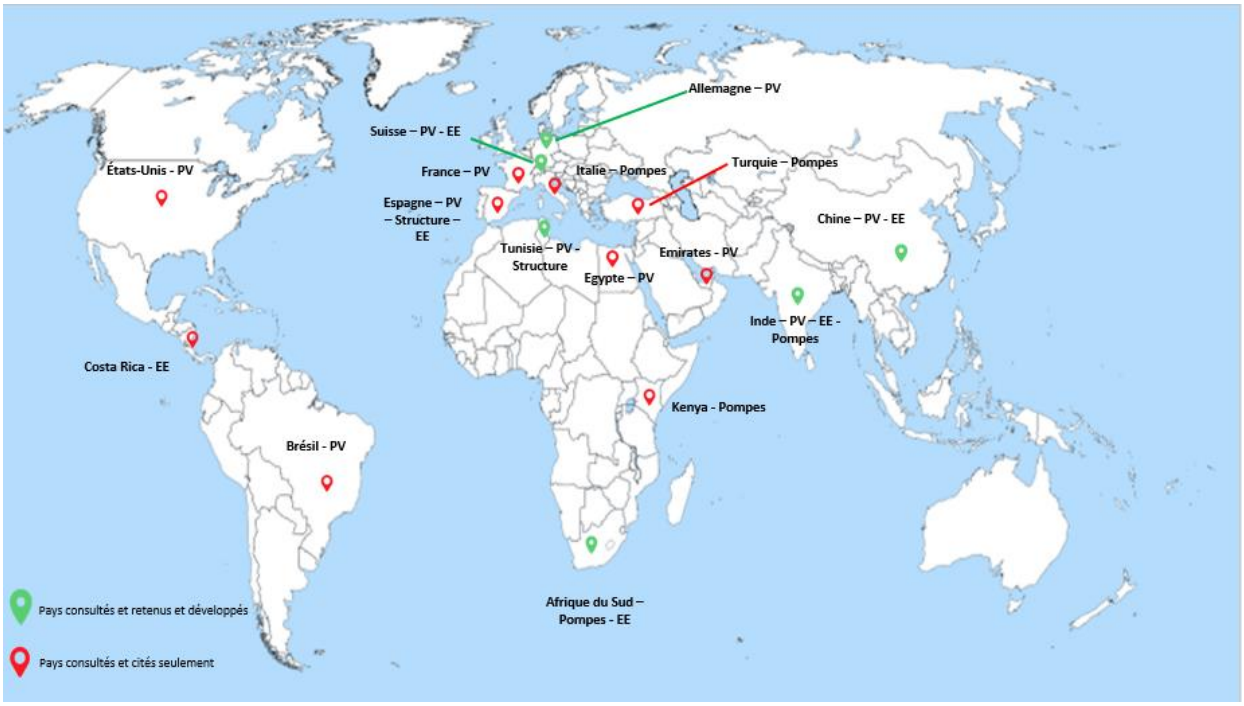


Figure 3 : Récapitulatif des pays benchmarkés

III. Potentiel du pompage solaire au Maroc et en Afrique

1. Systèmes de pompage photovoltaïque : Vue d'ensemble

a. Principe de fonctionnement du PPV

Le principe de fonctionnement d'un système PPV est simple. Un générateur solaire fournit de l'électricité à un groupe motopompe électrique qui achemine l'eau directement dans un système d'irrigation ou dans un réservoir. Une caractéristique spécifique du PPV est le fait qu'une sauvegarde sur batterie n'est généralement pas nécessaire. Ceci présente un avantage puisque les batteries demandent beaucoup d'entretien, sont coûteuses et doivent être remplacées régulièrement.

b. Composantes du PPV

Les composantes du PPV sont présentées avec détail dans les sections suivantes. Le tableau ci-dessous montre les principales options technologiques disponibles. Ces options peuvent être combinées les unes aux autres de nombreuses façons, mais certaines configurations sont préférables en fonction de la situation sur le terrain.

Composant	Options technologiques	
Champ solaire	Fixé	Suiveur
Convertisseur DC/AC	Variateur	Onduleur
Pompe	Surfacique	Immergée
Réservoir	Réservoir	Direct
Système d'irrigation	Gravitaire	Goutte à goutte

c. Configurations

Une installation PPV peut être conçue de plusieurs manières. Les principales variations résident dans la combinaison des composants clés :

- Installation autonome ou raccordée (Variateur ou onduleur) ;
- Champs solaire (sur sol, sur toiture, ombrière ou suiveur solaire) ;
- Installation du groupe motopompe (Immergé ou en surface) ;
- Intégration d'un réservoir ou non ;
- Méthode d'irrigation (goutte-à-goutte ou gravitaire).

La configuration la plus courante consiste en un générateur solaire installé sur une structure de montage fixe qui fournit de l'électricité à une pompe immergée installée dans un forage ou un puits. L'eau est ensuite pompée vers un réservoir. Une pompe surfacique pompe l'eau vers un système d'irrigation goutte à goutte.

La pompe surfacique peut être alimentée par un moteur diesel (ou butane) ou par la même installation solaire qui alimente la pompe immergée.

Cette configuration est illustrée dans la figure ci-dessous.

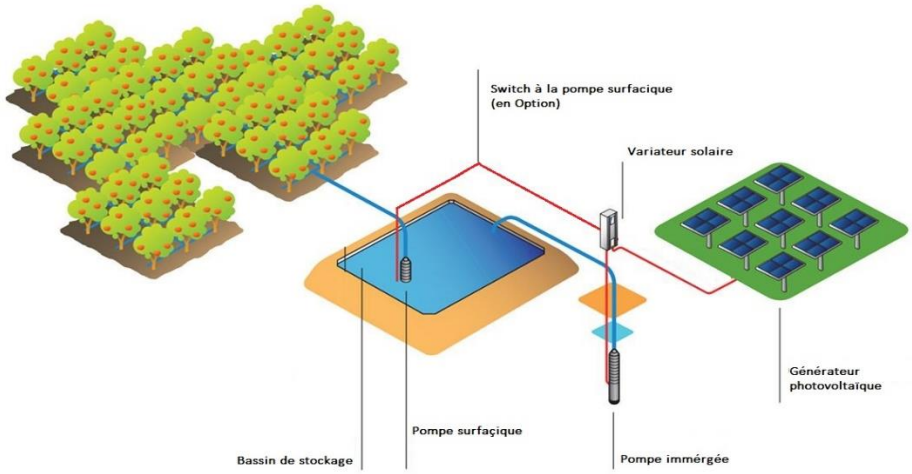


Figure 4: Installation de PPV avec système d'irrigation après stockage (bassin)

La configuration la plus simple consiste à installer un générateur solaire sur une structure de montage fixe qui fournit de l'électricité à une pompe immergée installée dans un fourrage ou un puits. L'eau est ensuite pompée directement vers un système d'irrigation de surface, par exemple via un réseau de canaux ouverts. Dans cette configuration, l'eau pompée ne traverse pas un réservoir. La pression et le débit de la pompe dans le système d'irrigation correspondent au rayonnement solaire réel, qui varie au cours de la journée

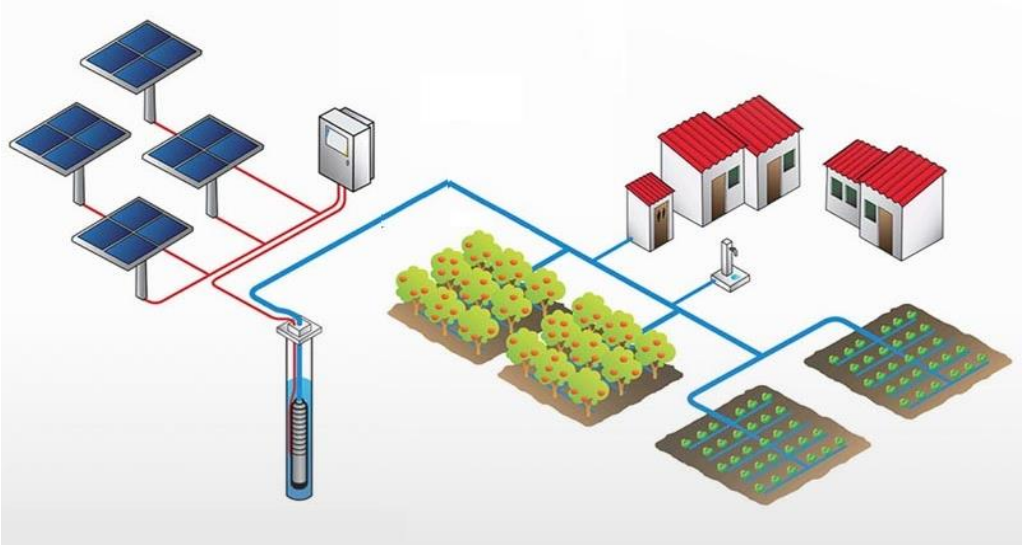


Figure 5 : Installation de PPV avec système d'irrigation directe

2. Retour sur le potentiel de développement du marché de pompage solaire pour l'agriculture au Maroc

Au Maroc, le pompage solaire a déjà entamé sa phase de développement sur le marché de l'irrigation. Diverses entreprises privées sont actives dans la commercialisation, l'installation et l'entretien des systèmes de pompage solaire dans la plupart des zones d'irrigation, même dans les zones rurales difficiles d'accès. La superficie totale des surfaces agricoles irriguées (SAI) au Maroc est estimée à 1 716 000 ha. Selon la méthode d'approvisionnement de la ressource en eau, les zones irriguées sont segmentées en trois types :

- Grande hydraulique (813 000 ha) : 47% de la SAI à partir des barrages, canaux et réseaux d'irrigation
- Petite et moyenne hydraulique (361 000 ha) : 21% de la SAI irriguée à partir des oueds, sources traditionnelles d'eau …
- Irrigation privée (542 000 ha) : 32% de la SAI irriguée en grande partie à partir des nappes d'eau souterraines[3]

Généralement, l'irrigation privée et les grands hydrauliques sont les plus concernées par le PPV. Le ratio moyen des installations PPV destinées à l'irrigation est estimé à 2kWc/ha[4]. Ce chiffre peut être utilisé pour estimer le potentiel en termes de puissance du marché du PPV au Maroc. **Pour une superficie agricole irriguée de 1 700 000 ha, le potentiel du PPV pouvant être déployé est de 3,4 GWc**.

En se référant aux données de l'Office des changes relatives aux importations des panneaux solaires entre 2011 et 2020, on constate une augmentation significative en 2016, 2017 et 2018, principalement due aux importations pour les grands projets photovoltaïques marocains (Nour Ouarzazate et autres...).

Le tableau ci-dessous présente les importations marocaines entre 2011 et 2020 en Millions DH, en tonnes et en MWc :

Tableau 1 : Importations des panneaux solaires au Maroc entre 2011-2020

Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	Total
Poids des importations en (tonnes)	120	442	481	1 250	1 088	23 254	20 260	26 722	10 081	18 735	**102 433**
Poids moyen des panneaux (kg/Wc)	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,1	0,1	0,08	0,06	0,05	-
Puissance importée en MWc	**2**	**6**	**7**	**18**	**18,1**	**232**	**203**	**334**	**168**	**375**	-

Les puissances unitaires des panneaux solaires dépendent des tailles des cellules et qui ont

[3] Source FAO,2018
[4] Résultats du projet GEF-Pompage solaire / Élaboration de l'étude de structuration de l'accompagnement du Résultats du projet GEF-Pompage solaire

considérablement varié depuis 2011. L'estimation avancée suggère qu'une puissance variante entre 200 à 450 Wc correspond à un poids variant de 20 à 27 kg respectivement. Par comparaison, il serait plus commode d'estimer la puissance importée en se basant sur les valeurs des importations en (MDH). Ci-dessus la méthode de calcul :

- *Méthode de calcul :*

L'équivalent de ces importations en MWc est calculé à partir de l'historique des prix des panneaux solaires en watt-crête à l'échelle mondiale (*source de donnée Fraunhofer ISE Report*[5]), entre 2011 et 2020. La méthode de calcul est présentée comme suit :

$$Puissance\ importée\ (MWc) = Valeur\ des\ importations(Millions\ DH) \div Prix\ moyen\ des\ panneaux(\frac{DH}{Wc})$$

Ces estimations sont présentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Estimation des importations en MWc entre 2011 et 2020

Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Valeur des importations en (Million DH)	19	87	56	125	143	1185	879	1403	404	670
Prix moyen des panneaux en (DH/Wc)	7,50	7,00	6,50	6,00	5,50	5,20	4,50	3,80	2,25	1,80
Puissance importée en MWc	**3**	**12**	**9**	**21**	**26**	**228**	**195**	**369**	**179**	**372**

Comme présente le tableau, l'évolution des importations en MWc par an de 2011 à 2020 connait des augmentations importantes même en 2020 (la première période COVID 19). Le Maroc a importé environ 370 MWc, soit deux fois la puissance importée en 2019, ce qui est justifié par l'alimentation d'une demande avant - covid du marché.

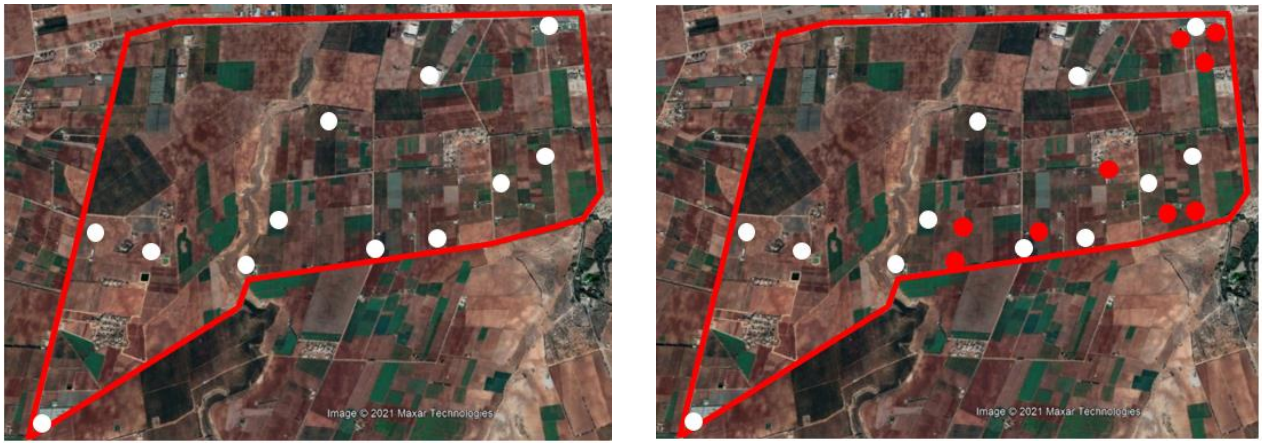
En 2018, plus de 30 000 exploitations agricoles au Maroc, ont été équipées en PPV[2]. En outre, selon l'étude de « GEF-Pompage solaire » de l'AMEE, le marché du PPV a évolué à des vitesses différentes, en réalisant des augmentations de 30 à 40% entre 2018 et 2019, donnant un cumul de plus de 40 000 installations PPV en 2019.

Ainsi, une comparaison des nombres d'exploitations agricoles équipées en PPV en 2019 et celles en 2020 a été établie afin d'estimer le taux d'accroissement d'installations de pompage solaire au niveau national. Ceci a été réalisé en se basant sur la visualisation des terrains agricoles par satellite via Google Earth Pro.

[5] www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/Photovoltaics-Report.pdf (pg 45)

Un échantillon aléatoire de trois zones dispersées a été choisi, à savoir une zone dans la région de Souss, une autre à Berkane et la troisième à Fès Meknès.

Les résultats de cette comparaison affirment que le nombre d'agriculteurs ayant adopté la technologie PPV entre 2019 et 2020 a augmenté significativement. En effet, l'échantillon dans la région de Fès Meknès a enregistré le taux d'augmentation le plus élevé, soit 75%. Cela est dû au fait que la région dispose d'une superficie agricole utile (SAU) importante, évaluée à 15% de la SAU nationale, en plus de la domination des agriculteurs commerciaux.



12 installations solaires en 2019 **21 installations solaires en 2020**

Figure 6: Exploitations agricoles équipées en PPV en 2019 et 2020 dans la zone choisie de la région Fès Meknès

Quant au deuxième échantillon (région de Souss Massa), considérée comme la 1ère région primeuriste et agrumicole du pays où l'agriculture constitue un véritable levier économique, le nombre d'exploitations équipées d'un système PPV a augmenté de 70%, affichant une reconversion plus engagée de ces périmètres d'irrigation intensive. En fait, cela peut se justifier par le fait que de plus en plus d'agriculteurs deviennent enfin convaincus par l'efficacité de ce système à énergie renouvelable et de sa capacité à assurer un bon approvisionnement en eau, vue les profondeurs de forages dans les régions pouvant atteindre les 300 m.

17 installations en 2019 **29 installations en 2020**

Figure 7: Exploitations agricoles équipées en PPV en 2019 et 2020 dans la région Souss Massa

Le modèle de la région de Berkane a montré quant à lui une augmentation relativement faible, soit 25 %. Cela est dû au potentiel d'installation relativement moins élevé par rapport aux autres régions.

24 installations en 2019 **30 installations en 2020**

Figure 8: Exploitations agricoles équipées en PPV en 2019 et 2020 dans la région Berkane

Ces résultats confirment que le taux d'accroissement des installations PPV suit toujours une courbe exponentielle avec des pourcentages qui diffèrent selon la région, en réalisant une augmentation moyenne de 56% au niveau national.

Cela se traduit par un **total d'exploitations agricoles équipées en PPV de 62 400 unités en 2020**. Un accroissement qui reste quasi-proportionnel aux puissances importées chaque année par le Maroc.

Cependant, la part de marché saturée en matière de PPV au Maroc s'élève à plus de 60 000 installations, soit entre 11% et 18% du total des exploitations irriguées, tout confondu, offrant un large potentiel de commercialisation des composants de pompage solaire au niveau national.

3. Diagnostic du potentiel de développement du pompage solaire dans l'agriculture en Afrique

a. État de l'irrigation en Afrique

L'irrigation est la cheville ouvrière du développement économique local dans les pays du Sud d'Afrique, mais de nombreux obstacles empêchent les agriculteurs de ces régions de pratiquer efficacement l'irrigation, notamment le manque d'accès à des sources d'énergie fiables. Le plus remarquable parmi ces obstacles c'est le manque d'accès à l'électricité dans les zones rurales, où l'agriculture est l'activité principale.

Selon la banque mondiale, 47,2 %[6] de la population subsaharienne n'ont pas accès à l'électricité. Cette situation explique l'un des facteurs du faible taux d'exploitation du potentiel d'irrigation en Afrique. Généralement, en Afrique subsaharienne dans les zones où la problématique de la disponibilité de la

[6] Source banque mondiale : Hugo Le Picard, chercheur au Centre Énergie & Climat de l'Afrique; https://storymaps.arcgis.com/stories/62eed2603dbe419ab3d4eedcf86cdda9

ressource en eau ne se pose pas, l'accès à la ressource en eau se présente comme un obstacle au développement de l'irrigation par pompage. Et environ 59%[7] de sa population vie en milieu rural, où l'activité est agricole est plus pratiquée. Donc une bonne extension du réseau électrique dans le milieu rural aurait pu être facteur déterminant au développement de l'irrigation en Afrique.

En effet, le coût élevé d'investissement dans la modernisation et l'augmentation de capacité des centrales de production d'électricité freine les décideurs à aller en avant du développement des énergies dans les pays. A cela s'ajoute le subventionnement accordé aux sources primaires utilisées dans la production d'électricité, ce qui alourdie davantage la facture étatique pour le raccordement de ces zones au réseau national de distribution d'électricité.

En Afrique, **seulement 6%**[8] des terres arables sont irriguées, principalement dans cinq pays : Afrique du Sud, Égypte, Madagascar, Maroc et Soudan. A titre de comparaison, 40 %[9] des terres sont irriguées en Asie.

La figure suivante présente la part du potentiel d'irrigation déjà exploitée dans les grands bassins fluviaux de l'Afrique. Elle montre que globalement, en Afrique subsaharienne, seule une très faible partie du potentiel est actuellement exploitée.

Ainsi, il est important de mentionner que le potentiel du marché de pompage solaire en Afrique est basé essentiellement sur l'irrigation en eaux renouvelables.

[7] https://donnees.banquemondiale.org/indicator/SP.RUR.TOTL.ZS?locations=ZG

[8] https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Development_Effectiveness_Review_2016/DER_Agriculture_2016_-_Fr.pdf

[9] https://www.un.org/africarenewal/sites/www.un.org.africarenewal/files/Agriculture_Africaine.pdf

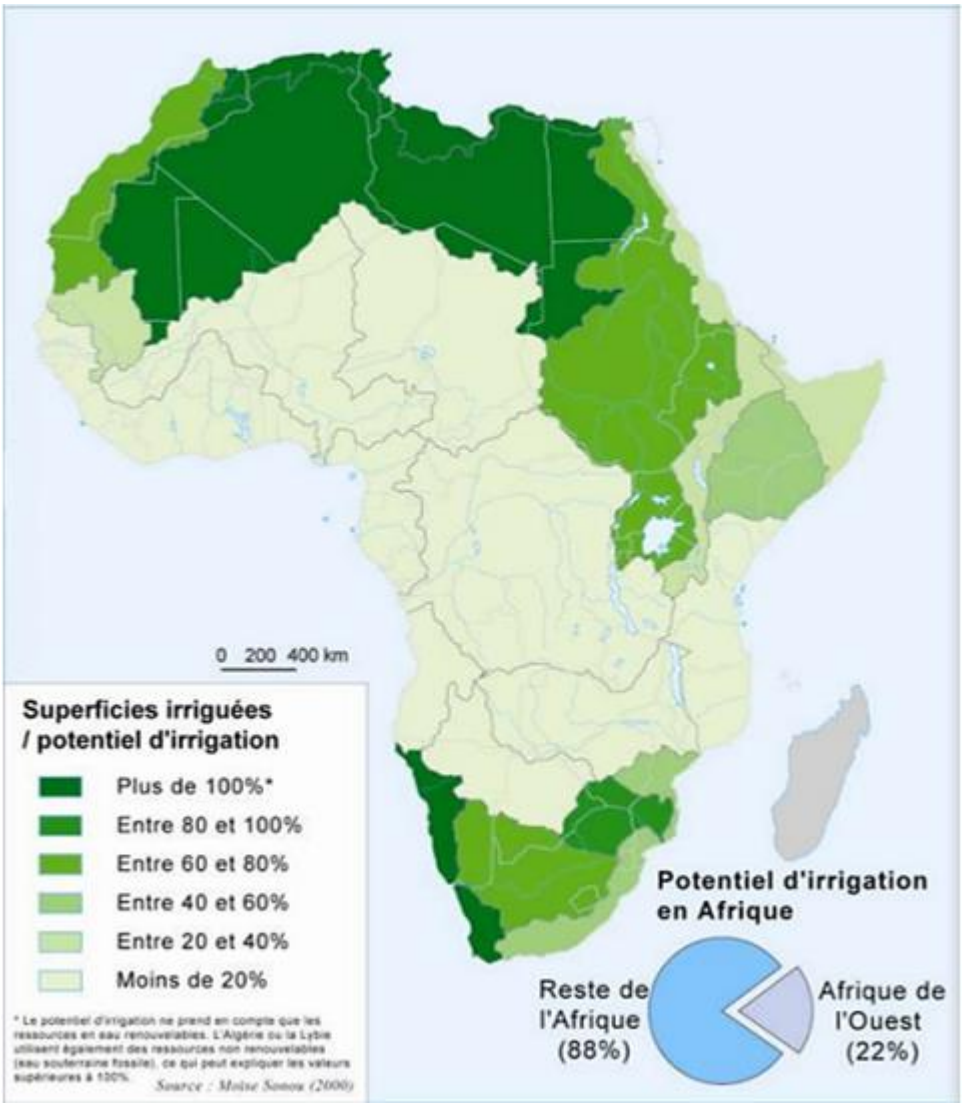


Figure 9: Irrigation en Afrique (en pourcentage du potentiel d'irrigation)[10].

La majorité des terres en Afrique subsaharienne se contentent de s'alimenter en eaux pluviales saisonnières, vue le caractère de subsistance remarqué. Environ 95 %[11] des terres agricoles en Afrique subsaharienne dépendent uniquement des précipitations saisonnières et imprévisibles pour satisfaire leurs besoins en eau.

Si l'on considère à la fois les ressources en terre et en eau, la majeure partie de l'augmentation des surfaces d'irrigation dans le futur aurait lieu en Afrique subsaharienne. Tout un atout pour justifier **le positionnement de l'Afrique subsaharienne comme première destination des produits de l'industrie solaire du Maroc.**

En effet, selon les estimations de l'Institut International de Gestion de l'Eau (IWMI) en 2020, une **augmentation de 29% des terres irriguées sera nécessaire** d'ici l'an 2025 pour pérenniser la production vivrière et réduire la pauvreté sur le continent. Par conséquent, il existe une forte pression sur l'agriculture, et en particulier sur le secteur de l'irrigation afin d'assurer la sécurité alimentaire en Afrique. **Le développement des systèmes d'irrigation occupe donc une place importante dans l'agenda politique de**

[10] https://www.oecd.org/fr/csao/publications/41893983.pdf
[11] "Managing Water for Rainfed Agriculture", IWMI, 2010

l'Afrique.[12]

En chiffres, **le potentiel des terres irriguées peut s'étendre à 38 millions d'hectares**, contre 7,7 millions actuellement[13]. Cette perspective d'évolution présente de réelles opportunités pour l'essor des technologies plus efficaces et abordables, comme le PPV. Les petits producteurs individuels présentent le meilleur potentiel du marché pour la diffusion des solutions d'irrigation solaire.

Plus spécifiquement, le potentiel d'extension de la petite irrigation en Afrique subsaharienne est estimé à 30 millions d'hectares pour les motopompes[14]. Ainsi, l'irrigation avec la motopompe a un fort potentiel, soit environ **80 %** de la capacité d'extension des surfaces à irriguer dans le futur.

La figure ci-dessous montre que le plus gros potentiel d'extension de l'irrigation est avec la motopompe.

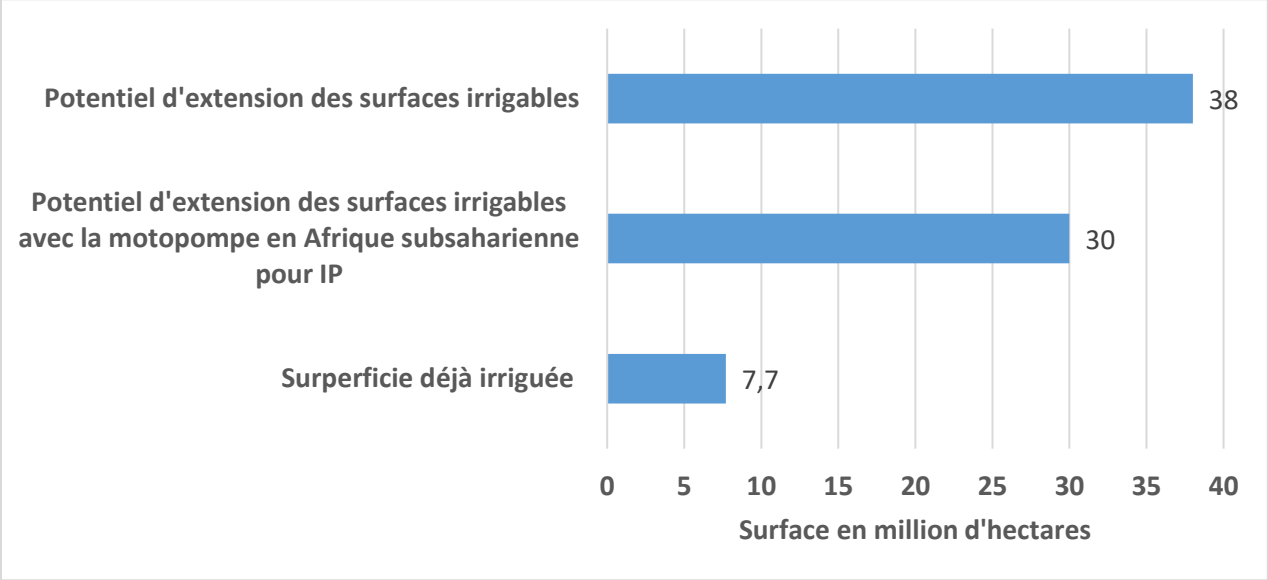


Figure 10 : Répartition du potentiel d'extension des surfaces irrigation en Afrique

b. Potentiel de développement du marché PPV en Afrique subsaharienne

Selon les résultats de la dernière étude portant sur les tendances mondiales et opportunités de marché dans le secteur du PPV [15], réalisée en 2019, les pompes diesel et les pompes électriques connectées au réseau sont les types de pompes à eau les plus courantes en Afrique subsaharienne. Donc, on conclut que l'irrigation est mutuellement liée au « privilège » d'accès à une source d'énergie (Electricité ou butane). Ceci révèle une vision limitée qui bloque l'option off-grid de se déployer vu le manque de promotion et d'assistance nécessaire.

i. Potentiel issu de l'aspect socio-économique

Face à la pauvreté énergétique, les agriculteurs africains rencontrent de nombreux problèmes dans

[12] https://au.int/sites/default/files/documents/38632-doc-cadre_de_developpement_de_lirrigation_french.pdf
[13] https://media.africaportal.org/documents/133232.pdf
[14] Panel Malabo Montpellier dans son rapport « Water-Wise : Smart Irrigation Strategies for Africa ».
[15] Tendances mondiales et opportunités de marché; https://storage.googleapis.com/e4a-website-assets/Solar-Water-Pump-Outlook-2019.pdf

l'utilisation de ces types de motopompes, parmi ces difficultés énergétiques on a :

- Coûts élevés et difficulté d'accès au carburant dans le cas de l'utilisation de la motopompe diesel ;
- Faible taux de couverture électrique dans le milieu rural et manque de source d'énergie stable pour l'utilisation de la pompe à moteur électrique ;

Ces difficultés font que le PPV se présente aujourd'hui comme l'alternative la plus adaptée à l'irrigation pour les agriculteurs subsahariens, notamment en mode off-grid. Une telle situation est très favorable au développement d'une industrie du PPV.

ii. Potentiel issu de l'aspect climatique et ressources naturelles

Il est important de signaler que le niveau de prélèvement de l'eau par pompage varie considérablement d'une région à une autre. L'Afrique est un espace climatique très diversifié en termes de ressources en eau et en sécurité alimentaire. La seule convergence sure est celle du potentiel d'irradiation solaire moyenne comprise entre 1750 kWh/m²/an et 2500 kWh/m²/an (*Source IRENA*).

Au cours des dix dernières années, à la suite de la forte baisse du prix des panneaux photovoltaïques, le PPV a commencé à s'imposer sur le marché des motopompes en Afrique subsaharienne, à la fois pour les pompes submersibles des puits et ceux surfaciques d'alimentation de la parcelle alimentées par l'énergie solaire.

Les pompes submersibles de grande taille sont utilisées dans les eaux profondes comme les puits ou les forages et peuvent nécessiter jusqu'à 4kW, tandis que les pompes de surface sont utilisées pour les eaux de surface et ne nécessitent que 75W.[16]

Figure 11 : Déplacement horizontale de l'eau du fleuve à la parcelle avec un besoin minime en énergie

Les petites pompes à eau solaires nécessitant 500W ou moins, sont plus répandues parmi les petits exploitants agricoles en Afrique subsaharienne et coûtent environ 600 à 800 USD.

[16] Source : https://storage.googleapis.com/e4a-website-assets/Solar-Water-Pump-Outlook-2019.pdf

Tableau 3: Utilisation des PPV en Afrique subsaharienne

	Pompes submersibles	Pompe de surface
Cas d'utilisation	– Puits – Forage	– Rivières – Lacs ou étangs – Fleuves
Pompe utilisée (en kW)	Jusqu'à 4 kW	Au moins 75 W
Pour les IP (Irrigation privée), le besoin en eau est limité, donc une installation solaire avec une pompe de 500 W couvre suffisamment le besoin.		

A la lumière du besoin en puissance pour les pompes, le potentiel du marché en Afrique subsaharienne pour les petites pompes à eau solaires représente actuellement 700 000 ménages et une valeur de 0,5 milliard USD.[17]

Avec l'augmentation des revenus des ménages due à la croissance économique, et avec la baisse des prix des produits due aux améliorations technologiques, la contrainte d'accessibilité diminuera probablement au cours de la prochaine décennie. Le marché du PPV pourrait augmenter à 1,6 million de ménages en Afrique subsaharienne d'ici 2025 et jusqu'à 2,8 millions de ménages d'ici 2030, soit une valeur d'environ 1,6 milliard USD d'ici 2030.[18]

Cette taille de marché **ne représente en fait qu'une petite partie** des 500 millions d'agriculteurs d'Afrique subsaharienne, dont la plupart ne seraient pas en mesure de s'offrir des pompes à eau solaires, même avec un financement, compte tenu de leurs niveaux de revenus actuels.

[17] Dalberg market sizing, 2019
[18] Dalberg market sizing, 2019

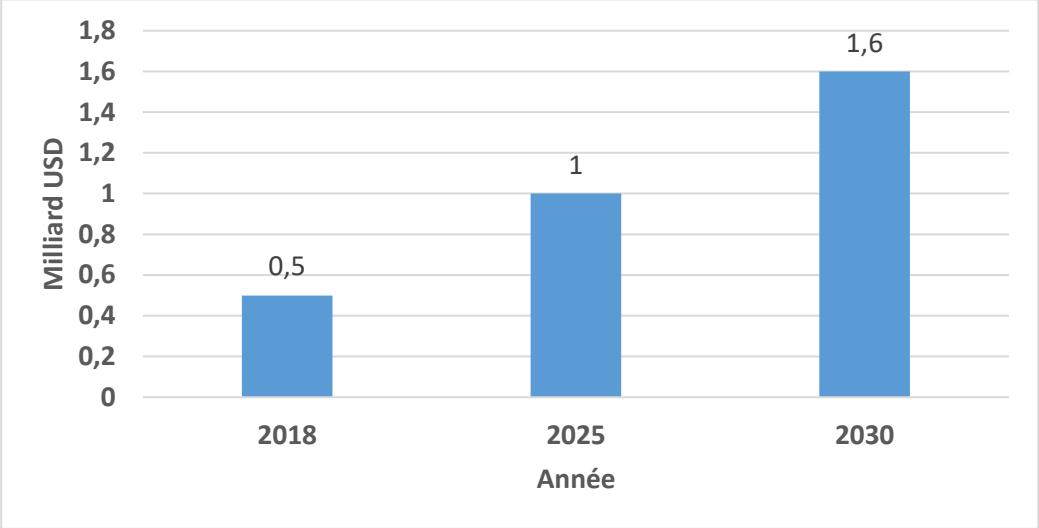


Figure 12: Potentiel du marché PPV accessible en Afrique subsaharienne[19]

Le PPV est donc un outil d'amélioration des conditions de subsistance et de garantie de la sécurité alimentaire.

Un exemple concret, qui montre que le matériel solaire est attractif, est celui du projet mené au Sénégal visant à prouver qu'il est possible d'exploiter le potentiel de l'irrigation présent afin de contourner les défis climatiques et sociaux. La communauté de Gabbar au Sénégal a bénéficié d'une expérience dans ce sens, où un réseau PV avec pompes solaires a été installé, et a été à l'origine de grandes améliorations des moyens d'existence. Le pompage a permis une pratique de contre saison avec nettement plus de maitrise vue que les agriculteurs n'attendaient pas la saison des pluies avec toutes les difficultés que celle-ci peut engendrer[20].

iii. Cas d'étude : Marché du PPV au Burkina, Togo et Benin

Selon une étude de marché pour les solutions d'irrigation solaire[21] réalisée dans les régions du Centre-Est, plus précisément au Burkina Faso, au Togo et à l'Atacora et Donga au Bénin, il ressort que les motopompes thermiques (d'origine asiatique) sont les pompes les plus répandues dans les jardins maraichers des trois pays de la zone d'étude. Cependant, le potentiel du marché de l'irrigation dans ces pays est principalement situé dans les bas-fonds où l'eau souterraine n'est pas encore exploitée car non accessible avec ces motopompes de puits. Le pompage solaire devient une alternative intéressante à la motopompe thermique.

Les pompes solaires permettent la mobilisation des eaux qui sont encore relativement peu exploitées car difficiles d'accès avec des motopompes (besoin de réaliser des contre puits) ou manuellement. Le développement de technologies pour l'irrigation à partir de telles profondeur d'eau va permettre d'étendre les superficies cultivées en maraichage et stimuler la demande du marché du pompage solaire.

[19] Solar-Water-Pump-Outlook-2019.pdf pg 12
[20] https://issuu.com/objectif-developpement/docs/acces-electricite-afrique-subsaharienne
[21] https://www.practica.org/wp-content/uploads/2019/08/Etude-de-marche%CC%81-des-solutions-dirrigation-solaires-SISAM.pdf

iv. Expérience de EDF et SUNCULTURE sur le marché Off-Grid : PPV pour les petits agriculteurs

Le groupe EDF en collaboration avec une start-up kenyane, SunCulture, se sont lancés dans un projet de déploiement à grande échelle du pompage solaire pour les petits agriculteurs au Kenya et en Afrique de l'Ouest. A terme, l'objectif d'EDF est de soutenir SunCulture dans sa croissance en tant qu'actionnaire industriel de référence.

Dans le cadre de ce projet, SunCulture a obtenu 14 millions de dollars auprès d'EDF, d'Energy Access Ventures, d'Acumen Capital Partners et de Dream Project Incubator pour diffuser ses pompes à eau solaires dans sept pays africains (Ethiopie, en Ouganda, en Zambie, au Sénégal, au Togo, en Côte d'Ivoire et au Kenya).

c. Potentiel du développement de marché de PPV en Afrique du Nord

Quant à l'Afrique du Nord, avec une électrification quasi-totale de la population, une grande superficie de terres cultivées est irriguée. On affiche 8,69 millions d'hectares de superficie irriguée avec 6,3 millions d'hectares de superficie équipée pour l'irrigation, **dont 85% du potentiel est déjà développé**, ce qui reflète la quasi-saturation du marché nord-africain en matière d'irrigation.

En effet la plupart des exploitations agricoles utilisent les pompes alimentées au diesel ou à l'électricité pour irriguer leurs cultures, cela n'empêche que ces superficies irriguées à base des sources non durables présentent un potentiel important pour le **développement de marché PPV à travers la reconversion.**

- Exemple de la Tunisie

Selon l'étude de la GIZ portant sur le potentiel du photovoltaïque dans les secteurs agricoles et agroalimentaires en Tunisie, le potentiel global du solaire PV pour le secteur agricole en Tunisie est estimé à 639 MWc, dont 108 MWc[22] est destiné au pompage d'eau d'irrigation.

[22] Le potentiel du photovoltaïque dans les secteurs agricole et agroalimentaire en Tunisie, GIZ, 2019

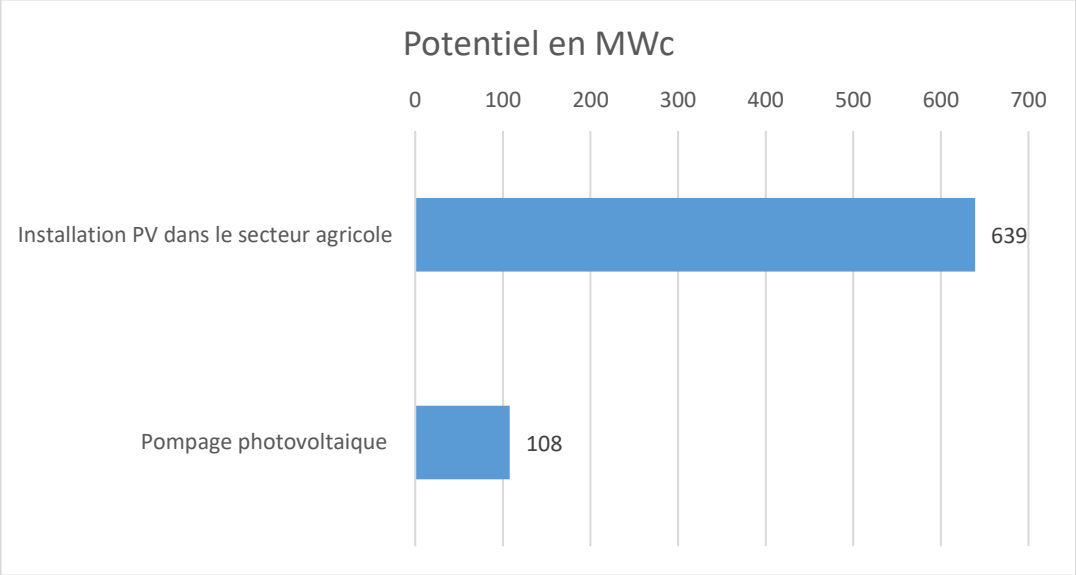


Figure 13 : Potentiel d'irrigation en Tunisie en MWc

Le potentiel de pompage solaire (108 MWc) permettrait de couvrir les besoins en eau d'une superficie irriguée globale à l'échelle nationale d'environ 70 000 ha[23], ce qui donne un ratio de 1,54 kWc/ha. Cependant la superficie totale irriguée en Tunisie qui est estimé à 496 000 ha[23], avec un potentiel de 639 MWc [23] destiné aux installations photovoltaïques, et 108 MWc[23] destiné au pompage solaire, soit 17% du potentiel total.

Toutefois, la Tunisie est quand même considérée parmi les faibles potentiels de développement en Afrique du Nord vu sa superficie irriguée relativement petite par rapport à d'autres pays. Par exemple, l'Égypte avec 3,7 millions d'hectares de terres agricoles irriguées (2010)[24] dont la majorité commence à se localiser dans des zones désertiques isolées à cause des conditions climatiques moins attrayantes dans la zone du delta, et la Libye avec 400 000[25] hectares de surfaces irriguées (2017), qui confronte toujours la problématique de pénuries d'eau dû aux conditions climatiques et pédologiques inadaptées, ce qui impose la nécessité d'intégration des nouvelles techniques d'irrigation durables.

Cependant, cet état actuel d'irrigation de l'Afrique du Nord nous amène à convertir l'accent sur l'autonomie des systèmes utilisés actuellement et par conséquent identifier un grand potentiel de pompage photovoltaïque à travers la reconversion, qui se traduit par un marché ouvert à la production en masse des composantes de l'installation.

- Conclusion

Le continent africain présente une véritable opportunité pour le Maroc en matière de développement de l'industrie de pompage solaire, notamment l'Afrique de l'Est et l'Afrique de l'Ouest où le potentiel d'irrigation est largement sous- exploité et les conditions climatiques ne fournissent pas des ressources en eau surfaciques. Cela présente un terrain d'implantation des systèmes de pompage solaire dans la région.

L'Afrique du Nord, étant dotée de grandes superficies irriguées déjà équipées avec des systèmes de

[23] Le potentiel du photovoltaïque dans les secteurs agricole et agroalimentaire en Tunisie, GIZ, 2019
[24] Efficacité, productivité et durabilité de l'eau dans la région NENA, FAO
[25] https://knoema.fr/atlas ,Atlas mondial de données

pompage alimentés au diesel ou à l'électricité, regorge un fort potentiel de reconversion vers des systèmes de pompages solaires, ce qui donne à l'industrie PPV un grand élan vers des horizons d'une industrie régionale.

IV. Benchmark international en matière de développement industriel, d'écosystèmes, et de production de composants de pompage solaire

L'analyse est la première étape pour entrer sur le marché solaire avec une stratégie efficace, en identifiant les opportunités les plus intéressantes, concrétisées en options stratégiques pour un client dans le domaine de la fabrication et de la production des composantes d'une installation solaire pour les différentes applications, dont le pompage solaire.

Le benchmark international qui sera présenté dans cette partie fournit la radioscopie nécessaire à identifier les composantes les plus attractives pour une éventuelle industrialisation au Maroc, et ce, à la lumière des expériences des pays leaders dans le domaine et des pays recherchant un positionnement de l'industrie solaire et de pompage dans le tissu industriel local et mondial.

L'analyse sera menée **par composante**, et sur deux étapes :

1. Tout d'abord, les chaînes de valeur de chaque technologie sont décrites, et les opportunités sont identifiées pour chaque composante selon l'expérience des marchés leaders et le niveau de maturité des écosystèmes. Cette phase prend en compte tous les produits et services en amont et en aval, en essayant de se pencher vers le pompage solaire comme application finale.

2. Ensuite, le cas échéant, une analyse des faisabilités et des facteurs de succès/d'échec est présentée à partir des informations collectées et de l'appréciation du consultant.

1. Panneaux photovoltaïques

Le paysage mondial du marché photovoltaïque a connu une grande évolution dans les dernières années avec un rythme rapide en termes de fabrication, de distribution et d'installation. Les raisons de cette rapide évolution du marché sont diverses :

- Le progrès technologique permet une automatisation et un accroissement de la taille des usines de fabrication. Produire dans une usine de 100 MWc ne présente pas le même coût par Watt produit qu'une usine de 1 GWc ;
- L'investissement en recherche et développement (R&D), rendu possible par l'accroissement du marché, a permis de diminuer les quantités de matières utilisées (et donc les coûts y afférents) sans dégrader les performances et la qualité des modules photovoltaïques ;
- De même, la R&D permet l'amélioration des rendements énergétiques contribuant ainsi à une optimisation des coûts.

- La technologie photovoltaïque basée sur les wafers en silicium a représenté environ 95 % de la production totale en 2020. La part de la technologie monocristalline est désormais d'environ 84 % (contre 66 % en 2019) de la production totale de c-Si.
- La taille des wafers a augmenté, ce qui permet d'augmenter la taille des modules PV et d'atteindre des puissances de +600 W par module. L'augmentation typique du courant avec des wafers plus grands tels que M6, M10 et G12 est de 9 %, 28 % et 75 %, respectivement, par rapport aux anciens wafers "standard" de 156 mm.

En 2020, les producteurs asiatiques ont représenté 95 % de la production totale de modules PV c-Si. La Chine occupe la première place avec une part de 67 %. L'Europe a contribué avec une part de 3 % et les États-Unis/CAN avec 2 %. Le graphe ci-dessous montre l'évolution de la production annuelle mondiale des panneaux photovoltaïques :

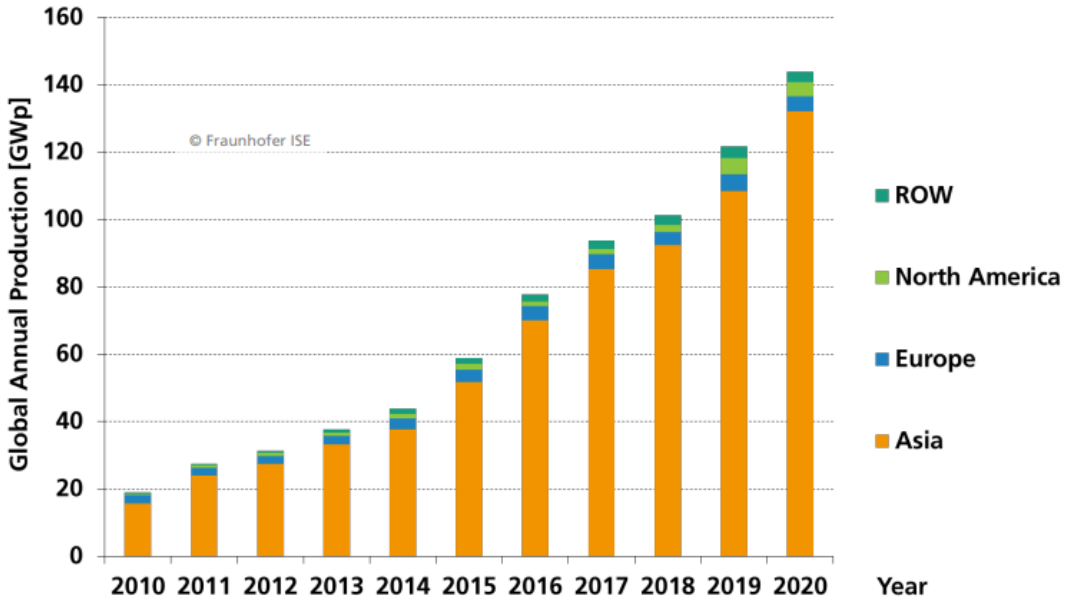


Figure 14 : Croissance mondiale du PV par région (en GWc)

Environ 82 % de la production mondiale de modules PV provenait d'Asie en 2010. Cette part a progressé pour atteindre environ 92 % de la production mondiale totale en 2020. La production annuelle a été multipliée par 7 au cours de cette décennie en se basant sur des différentes technologies :

Technologie	Rendement
Panneau solaire monocristallin	Entre 18 et 24 %
Panneau solaire polycristallin	Entre 14 et 18 %
Panneau solaire amorphe	10 %

Technologie hybride pour panneaux solaires	28 %

L'analyse des possibilités d'intégration industrielle locale des modules photovoltaïques utilisés en PPV fait partie intégrante de la chaîne de valeur globale du PV, que ce soit pour des applications de pompage solaire, d'autoconsommation ou de grands projets solaires. Un benchmark sur l'intégration du solaire photovoltaïque dans les pays développés et dans les pays ayant les mêmes caractéristiques que le Maroc est présenté ci-après.

a. Pays leader : Chine

L'industrie solaire chinoise s'est approprié toute la chaîne de valeur (cinq étapes majeures) pour produire des cellules solaires classiques en silicium cristallin, puis les assembler en panneaux solaires.

Grâce à un fort soutien étatique, les fabricants chinois ont atteint des économies d'échelle sur l'ensemble de la chaîne de valeur photovoltaïque (PV) et dominent par conséquent le marché solaire mondial.

i. Chaine de valeur

La Chine a reconnu l'importance stratégique de l'industrie solaire et s'est concentrée sur la chaîne de valeur classique des panneaux solaires en silicium cristallin qui occupent la majeure partie du marché, soit près de 90 % ; les cellules en couches minces sont une technologie développée ces dernières années avec une part de marché relativement faible. Ci-dessous la part chinoise dans le marché sur chaque stade de la chaine de valeur :

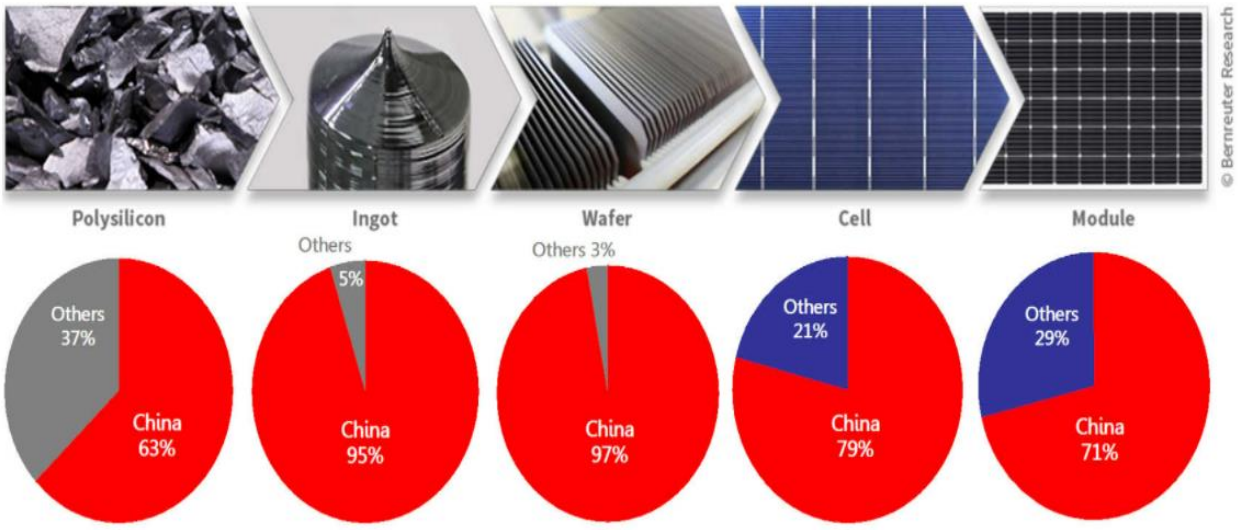


Figure 1 : Part de la Chine dans les volumes de production le long de la chaîne de valeur solaire en 2019[26]

On constate clairement que la Chine est un monopôle mondial sans égal dans la production des wafers avec 97 % de la part du marché, sans compter les lingots à 95%. En plus grâce à l'acquisition de plus de 63% de la part de production de la matière première, le polysilicon, la Chine maîtrise l'amont mondial de la chaine,

[26] Bernreuter Research, 29 juin 2020

ce qui la rend hors portée de concurrence dans cette partie.

Aujourd'hui, la production des lingots et des plaquettes est presque entièrement contrôlée par des fabricants basés en Chine.

ii. Transfert de technologies vers la Chine

Ce développement spectaculaire a été possible grâce **au transfert de technologies** depuis les pays développés vers la Chine au cours des quinze dernières années. Nous présentons ici les principaux canaux par lesquels ces technologies ont été transférées, par ordre décroissant d'importance.

Le commerce d'équipements de production : Outre le transfert de la technologie incorporée dans les équipements, le commerce d'équipements de production implique fréquemment un transfert de savoir-faire lié à leur fonctionnement. Les vendeurs d'équipements transfèrent ce savoir-faire dans le cadre de formations destinées aux ingénieurs, techniciens et opérateurs qui feront fonctionner ces équipements. La maîtrise de la ligne de production donne ensuite au client la possibilité de l'adapter aux conditions locales, en substituant par exemple de la main d'œuvre bon marché à certains équipements.

Circulation des employés : La circulation d'employés qualifiés est un second facteur clé de l'émergence de l'industrie solaire photovoltaïque chinoise, et reste aujourd'hui un canal significatif de transfert de technologies. Dans la mesure où les enjeux liés à la technologie sont centrés sur le processus de production, les connaissances associées à la technologie prennent principalement la forme de savoir-faire. Dans ces conditions, l'expérience des ouvriers et des ingénieurs est une ressource importante.

Investissements directs Internationaux : En 2009, la Chine a accueilli environ un tiers des investissements directs internationaux (IDI) dans l'industrie photovoltaïque. Dans ce cas, le bien technologique a été en effet produit localement à partir de techniques et de savoir-faire développés par l'investisseur dans son pays d'origine.

Contrats de licence : La session de licence est un autre canal possible de transfert de technologies, visant directement le transfert de la connaissance dissociée de tout support physique. En chine, un seul contrat de licence dans l'industrie photovoltaïque, portant sur une technologie de l'entreprise Allemande Johanna Solar, a été vendue à l'entreprise chinoise Shandong Solar Technology en 2008 pour monter une ligne de production.

iii. Écosystème des unités de fabrication des composants solaires en Chine

Au cours des 20 dernières années, la Chine est devenue le leader mondial de la technologie PV, et plusieurs mesures ont été cruciales pour développer un écosystème robuste pour ce leader mondial :

- Le gouvernement s'est engagé dans la construction de parcs industriels solaires pour soutenir la production de panneaux solaires et établir l'écosystème industriel nécessaire. Dans sa phase initiale, l'industrie solaire chinoise **dépendait des importations** de pièces et de matériaux en provenance des marchés étrangers tout en se concentrant principalement sur la fabrication locale de la filière intermédiaire.
- Les principales entreprises chinoises ont investi dans les segments en amont et en aval de la chaîne de valeur du solaire photovoltaïque pour augmenter la production locale et éviter les importations coûteuses tout au long de la chaine.

- Les entreprises ont été soutenues par des politiques gouvernementales favorables pour encourager la production locale de silicium brut afin de cesser d'importer des matières premières coûteuses.
- Le développement de la technologie de raffinage du silicium a été inscrit dans le 11e plan quinquennal du ministère de la Science et de la Technologie (2006-2010).
- Le gouvernement chinois a demandé aux entreprises étrangères intéressées à investir dans leur industrie naissante des énergies renouvelables de créer des **co-entreprises**, afin d'assurer le transfert de technologie.
- Les entreprises solaires se sont engagées dans la recherche et le développement pour trouver des technologies de pointe produisant de meilleurs taux de conversion d'efficacité énergétique solaire ainsi que les coûts réduits dans le processus de production.
- Du côté du gouvernement, la R&D sur la technologie de l'énergie solaire a constitué une partie de l'investissement total pour la recherche énergétique. **Environ 10 % du financement des programmes nationaux de R&D de la Chine ont été alloués à la recherche énergétique.**
- Les efforts de l'État ont été accompagnés par les gouvernements locaux fournissant des fonds aux programmes nationaux pour non seulement développer la technologie, mais aussi la commercialiser et l'exporter.
- Les universités chinoises sont devenues de plus en plus attirées par le domaine de l'énergie solaire et leurs recherches ont stimulé l'innovation technique. Un certain nombre d'universités ont créé des départements spécialisés pour soutenir l'industrie naissante.
- En 2009, la Chine a introduit un tarif de rachat (FIT) pour les énergies renouvelables. Ces incitations FIT ont encouragé de nombreux investisseurs chinois à soutenir la R&D et la fabrication d'énergies renouvelables comme les cellules solaires et les modules solaires.
- Les gouvernements centraux et locaux chinois ont aussi travaillé sur la promotion de leur secteur photovoltaïque national avec d'autres types de subventions et des incitations telles que des subventions en espèces, des garanties de prêt, des terres gratuites, des remises tarifaires sur l'électricité et des remises sur les matières premières telles que l'aluminium pour les cadres de modules.

En résumé, les paramètres suivants ont fait de la Chine le leader mondial de l'industrie de l'énergie solaire :

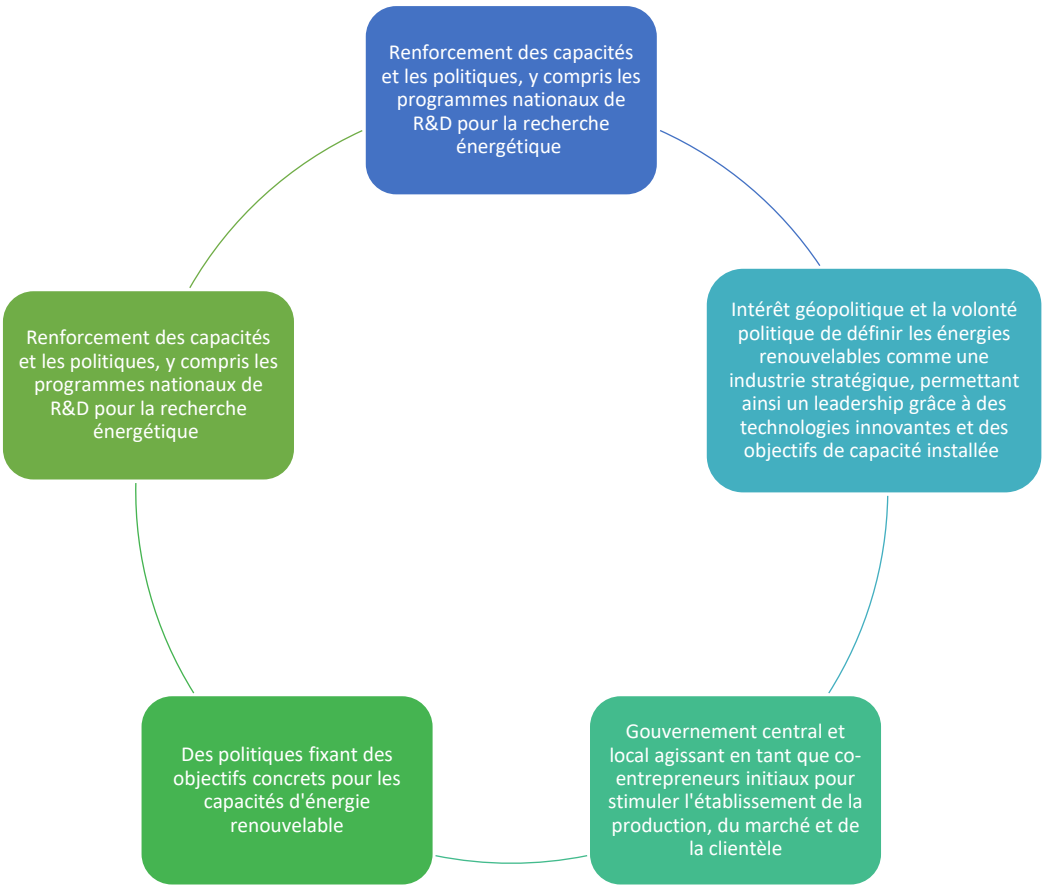


Figure 15: Facteurs clés du succès de l'Industrie solaire chinoise.

b. Pays leader : Allemagne

i. Atouts de l'écosystème industriel en Allemagne

L'Allemagne, ancien leader mondial dans la fabrication des modules photovoltaïques, grâce à son programme d'énergie durable et à des niveaux élevés de financement public, a développé plusieurs mesures de soutien au photovoltaïque. Dans le cadre de la stratégie allemande visant à encourager le déploiement des sources d'énergie renouvelables, le système de tarif de rachat est l'élément central, soutenu par des mesures supplémentaires telles que l'aide publique à la R&D pour les technologies PV et les régimes d'aide à l'investissement pour les usines de fabrication auxquels nous reviendrons par la suite.

La figure suivante donne un aperçu sur les mesures actuellement applicables :

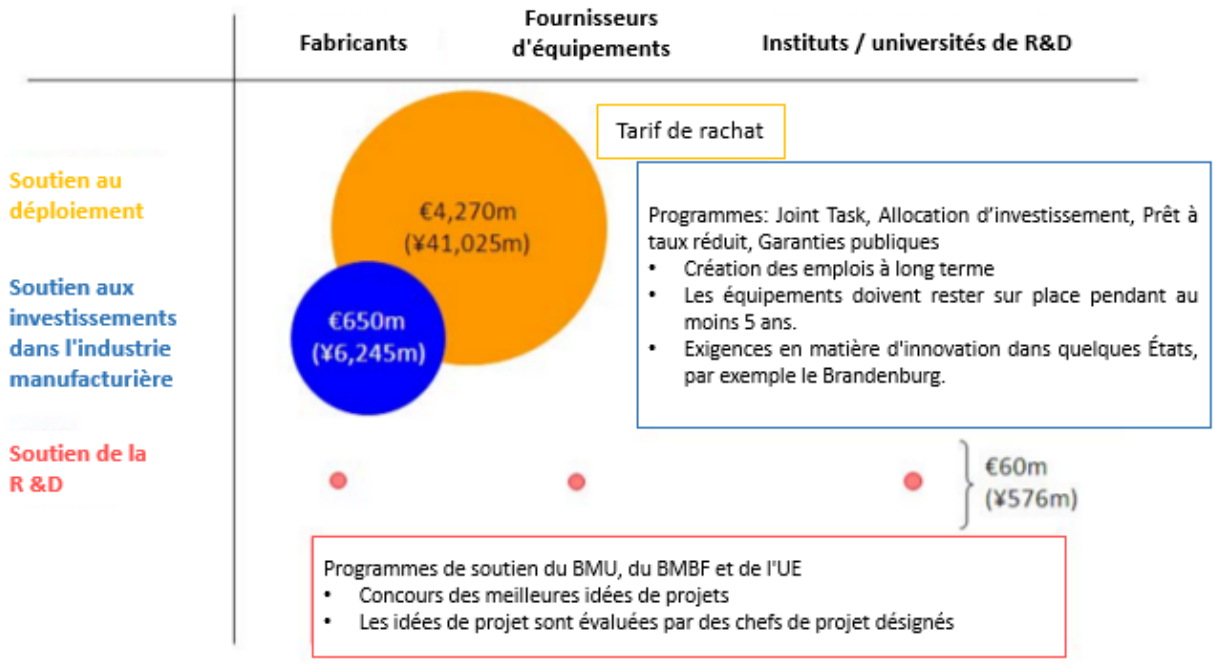


Figure 16 : Mesures de soutien photovoltaïque en Allemagne (avec critères principaux) et leurs groupes cibles

ii. Soutien à l'investissement pour les usines de fabrication en Allemagne

L'Allemagne propose différents programmes d'incitation à l'investissement qui peuvent être regroupés en trois packages :

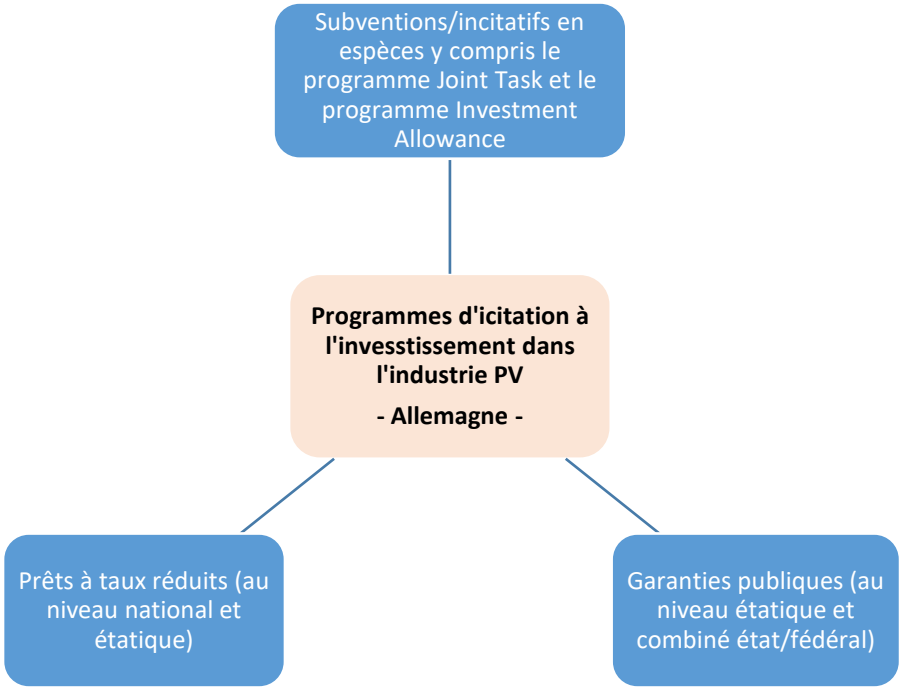


Figure 17 : Package proposé pour encourager l'investissement en industrie PV en Allemagne

Les industries admissibles, dont le Photovoltaïque, les formes d'investissement et les exigences générales du programme sont définies par chaque programme incitatif. En effet, on a :

- **Subventions/incitatifs financières**

Il existe deux principaux programmes offerts en Allemagne pour diriger l'allocation des incitations financières : le programme Joint Task, et le programme d'allocation d'investissement.

Ces programmes remboursent les coûts d'investissement directs pendant la phase d'investissement des projets (avant le démarrage des opérations).

- **Prêts à taux réduit**

Les banques publiques au niveau national et étatique (appelées banques de développement) proposent des programmes de prêts subventionnés par l'État aux investisseurs en Allemagne. Habituellement, ces programmes de prêts combinent des taux d'intérêt à des niveaux inférieurs aux taux actuels du marché avec des périodes de grâce intéressantes. Les prêts à taux réduit en tant que subvention peuvent normalement être combinés avec d'autres programmes de financement public.

- **Garanties publiques**

Afin de faciliter le financement des projets d'investissement des jeunes entreprises innovantes par le marché des capitaux, les entreprises dépourvues de titres peuvent demander des garanties publiques.

iii. Accompagnement R&D en Allemagne

La responsabilité des énergies renouvelables au sein du gouvernement fédéral allemand appartient au ministère fédéral de l'Environnement, de la Protection de la nature et de la Sûreté nucléaire (BMU).

La recherche et le développement sur les différents aspects du PV sont soutenus par le BMU ainsi que par le BMBF (Ministère fédéral de l'Éducation et de la Recherche). Alors que le soutien du BMBF aux projets de R&D photovoltaïque s'élevait à **19,5 millions** d'euros en 2008 (8 projets de R&D coopératifs ont été accordés), le budget de R&D du BMU pour le photovoltaïque s'élevait à **39,9 millions** d'euros, répartis entre 130 projets (IEA 2009). Par rapport à ces budgets publics de R&D photovoltaïque, les investissements industriels de R&D s'élevaient à **163 millions** d'euros (BSW-Solar 2010).

Tableau 4 : Financement PV approuvé de BMU (Source : BMU 2010)

Technologie ou domaine	% du financement alloué
Technologie des wafers de silicium	52%
Technologie de couche mince de silicium	10%
Technologie couche mince CIS	11%
Technologies alternatives PV / Absorbeur	5%
PV à concentration	12%
Ingénierie des systèmes / Intégration au réseau	7%
Projets globaux	3%

iv. Déclin dans l'industrie solaire allemande

L'industrie solaire allemande se portait extrêmement bien dans les années 2000. Avec le Renewable Energy Sources Act, l'industrie a commencé à se développer rapidement et détenait 69 % des ventes mondiales de

panneaux solaires en 2004.

En 2011, cette part a gravement reculé à 20 %. L'ancien leader a dû faire face à une concurrence féroce. Son industrie autrefois dominante de fabrication de panneaux solaires a été largement décimée par des concurrents moins chers en Asie, notamment chinois . Des entreprises de l'Empire du Milieu ont repris le savoir-faire allemand et ont construit leurs propres immenses usines pour la production de cellules et modules solaires. Grâce à des salaires plus bas et à une énergie moins chère, ils produisent moins cher que leurs concurrents allemands. Des conditions auxquelles les anciens leaders du marché allemands ne pouvaient pas suivre.

En effet, Malgré tout ce développement allemand en matière de la technologie et de la recherche et développement (R&D), et en raison de la délocalisation des capacités de production vers des pays où les salaires sont inférieurs, les normes environnementales inférieures et les subventions publiques plus élevées, comme des pays en Asie, les prix des modules ont chuté et ont mis l'industrie solaire allemande sous une pression croissante. De nombreuses entreprises ont dû déposer le bilan ou procéder à des restructurations. Q-Cells, autrefois le plus grand fabricant de cellules solaires au monde, a également été touché. Solarword, l'icône du secteur économique qui était censé faire avancer la transition énergétique allemande a fait faillite en 2017.

c. Pays émergeant : Inde

i. Industrie de PV en Inde

La grande croissance du secteur solaire en Inde a incité de nombreuses entreprises, grandes et petites, à envisager de se lancer dans ce secteur et de s'orienter vers la fabrication des composants solaires.

La chaine de valeur photovoltaïque indienne dépend fortement des importations de plusieurs composantes. En effet le marché des composants solaires est dominé par les entreprises chinoises, l'Inde a importé plus de 2,16 milliards de dollars de cellules, panneaux et modules solaires photovoltaïques (PV) en 2018-2019. Cette forte augmentation des importations a incité le gouvernement à lancer diverses mesures (voir figure 15) pour créer un écosystème robuste afin de stimuler la fabrication locale des composants solaires.

Le gouvernement a lancé plusieurs mesures politiques telles que la mission solaire nationale en 2010 et le programme d'incitation spéciale modifié (MSIPS) en 2012

Le gouvernement a introduit des mesures telles que l'exigence de contenu national (DCR) en 2014 et le droit de sauvegarde (SGD) en 2018 pour freiner l'afflux d'importations bon marché.

Afin de rendre la fabrication solaire nationale compétitive, le ministère des Finances a apporté une certitude politique à long terme en publiant une ordonnance imposant des droits de douane de base (BCD) de 40 % et 25 % à compter du 1er avril 2022 sur l'importation de modules solaires.

Figure 18 : Incitations du gouvernement indien en faveur de l'industrie en général, et photovoltaïque précisément

En comparant son statut avec la Chine, l'Inde a compris qu'il faut un marché local assez grand pour débloquer la production et assurer la compétitivité par la suite pour un positionnement sûr, notamment dans la région de l'Inde, où tous les pays de l'Asie sont en concurrence, à leur tête la Chine.[27]

Tableau 5 : Comparaison de l'étendu de déploiement production entre l'Inde et la Chine

	Sous-composante	Inde	Chine
Economie d'échelle	Module	Moyenne de la taille des 10 premières compagnies < 100 MWc	Moyenne de la taille des 10 premières compagnies + 1 000 MWc
	Cellules : Capacité	< 200 MWc	> 1 000 MWc
	Si Wafers : Capacité	250 – 1 000 MWc (planifié)	> 3 000 MWc
	Si Lingots : Capacité	250 – 1 000 MWc (planifié)	> 3 000 MWc
	Polysilicon : Capacité	1 250 TPA (Planifié)	> 10 000 TPA

Alors que la capacité mondiale de production de modules s'élevait à 55,7 GW, elle n'était que de 1,8 GW cumulé en Inde, avec une demande insuffisante pour les produits nationaux. Ces capacités découragent les entreprises indiennes en termes d'économies d'échelle.

L'Inde, étant le producteur d'énergie solaire le moins cher, représente une réussite du modèle efficace de partenariat public-privé (PPP). La croissance du secteur peut être attribuée aux éléments suivants :

- **R&D :** Pour promouvoir la R&D dans le secteur photovoltaïque, le gouvernement indien a créé la Commission pour les sources d'énergie supplémentaires au sein du Département des sciences et de la technologie . Malgré la création de ces organisations, la capacité installée d'énergie renouvelable était limitée à seulement 29 % de la capacité installée totale en 2002. Le manque

[27] https://ficci.in/spdocument/20294/Supply-Chain-paper.pdf

d'exploitation des ressources non conventionnelles disponibles a conduit à la formation de nombreuses politiques qui ont ensuite **façonné le développement de l'industrie photovoltaïque.** Ces politiques ont été introduites dans le cadre de plans quinquennaux (10e et 11e) de 2002 à 2012.

- **Rôle du gouvernement** : Les organismes spécialisés formés par le gouvernement indien comme le ministère des Énergies nouvelles et renouvelables (MNRE) et par la suite la Solar Energy Corporation of India (SECI) ont joué un rôle central en aidant l'Inde à devenir l'un des plus rapides à adopter l'énergie solaire. Cela a été traduit par les appels d'offres concurrentiels basés sur les tarifs que la SECI, l'État et le gouvernement central ont lancé par voie d'appels d'offres.
- **Incitations et politiques** : Les subventions et incitations fournies par le gouvernement et la mission solaire nationale Jawaharlal Nehru (JNNSM) depuis 2010 ont joué un rôle déterminant dans le développement de l'industrie solaire. Parmi les principales incitations fiscales qui ont contribué à la croissance, citons l'avantage d'amortissement accéléré et l'exonération fiscale annoncés sous l'article 80-IA de la loi de l'impôt sur le revenu au cours des premières années entre 2010 et 2015, qui ont apporté un soulagement majeur aux développeurs solaires en offrant les allégements fiscaux nécessaires.
- **Faible coût de la main-d'œuvre** : L'Inde a le coût de la main-d'œuvre le plus bas, ce qui permet à l'industrie solaire d'employer un grand nombre de personnes, ce qui accélère l'achèvement du projet au coût le plus bas. Par exemple, le coût de la main-d'œuvre au Moyen-Orient est 5 fois plus élevé qu'en Inde.

Tout au long de la description des chaines de valeur relatives aux composantes, d'autres informations peuvent surgir également. Ceci explique l'interaction des écosystèmes et l'approche intégrale du développement industriel.

d. Pays à profil similaire : Tunisie

i. Marché du photovoltaïque

Le marché du photovoltaïque en Tunisie n'a pas encore dépassé la phase embryonnaire de son développement mais il dispose de solides atouts dans plusieurs parties de la chaîne de valeur du photovoltaïque. En effet, une forte capacité industrielle a émergé en Tunisie en ce qui concerne la production d'équipements électriques et de câbles, ce qui permet une certaine flexibilité au niveau de l'assemblage des composants.

Bien qu'il y ait peu d'expertise dans la fabrication de panneaux photovoltaïques en Tunisie, les industries du câblage et de métallurgie sont bien développées, mais ils ont peu de chance de s'intégrer au marché photovoltaïque en raison de l'absence d'un système fiable d'incitations, le manque de main-d'œuvre qualifiée et la faible connexion entre la R&D et l'industrie.

Toutefois, dans ce secteur naissant de la fabrication locale de panneaux photovoltaïques, NR-SOL constitue le premier fabricant tunisien de modules solaires photovoltaïques (utilisant la technologie du silicium cristallin) et le premier fabricant en termes de capacité de production dans l'Afrique du Nord. En effet le premier ensemblier fournit des équipements à des entreprises locales à base des cellules importées.

ii. Soutien de l'état et du privé à la fabrication de composantes solaires

Afin de soutenir la fabrication locale des composantes solaires en Tunisie, plusieurs incitations ont été mises en place comme présente la figure qui suit :

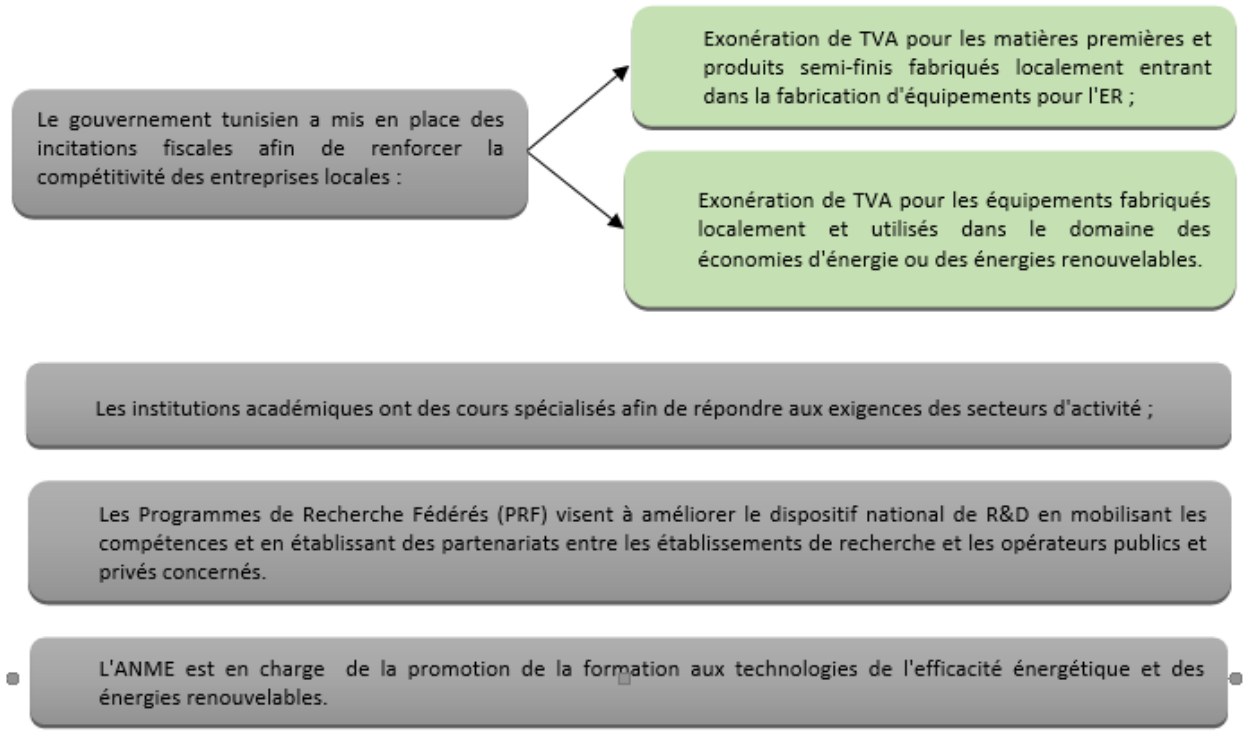


Figure 19 : Incitations mises en place pour la promotion de l'industrie en faveur des ER

e. Conclusion

Le développement industriel des modules photovoltaïques peut se faire de deux manières, la première qui représente la plus grande valeur ajoutée et qui est la plus difficile à s'approprier consiste au développement de la chaîne de valeur globale du PV, c'est-à-dire de la production de wafers jusqu'à la production de modules solaires. Pour un pays dans les premiers pas de son développement industriel, occuper tous les segments de la chaîne de valeur constituant l'industrie photovoltaïque est une cause perdue, étant donné que certains segments (tel que la production de Wafers) nécessitent des technologies assez avancées et seulement, les pays les plus développés et disposant d'un système de savoir-faire et R&D très avancé peuvent se positionner sur toute la chaine de valeur PV. En plus, l'expansion des marchés du solaire photovoltaïque, combinée à la chute des prix, a contribué à l'émergence de nouveaux acteurs du secteur, tels qu'Apple et Tesla (principalement dans la fabrication de modules), ainsi que certaines industries d'éoliennes, comme Gamesa, Goldwind et Mingyang, qui ont également fait leur entrée dans l'industrie solaire.

La deuxième option, qui ne requiert pas un grand besoin de transfert de technologie et sur laquelle le Maroc s'est déjà positionné avec plus de 3 industries aujourd'hui consiste en l'assemblage de panneaux solaires à partir de cellules. Cependant ce segment reste à grand risque et aujourd'hui avec l'évolution technologique rapide des panneaux solaires, les entreprises peuvent se retrouver avec des machines de production

obsolètes qui ne permettent pas de produire des panneaux solaires avec le même rendement que ce qui existe sur le marché actuel (+600 Wc).

2. Variateurs – Onduleurs

Le marché des variateurs et onduleurs est actuellement en phase de croissance sur diverses applications (voir figure 17), dont le solaire. La demande croissante d'énergie et les diverses initiatives mondiales 4.0 visant actuellement à encourager la mise en place de réseaux intelligents renouvelables sont les principaux moteurs de ce développement, à côté des autres applications traditionnelles via les variateurs industriels, dont le marché est loin d'être saturé.

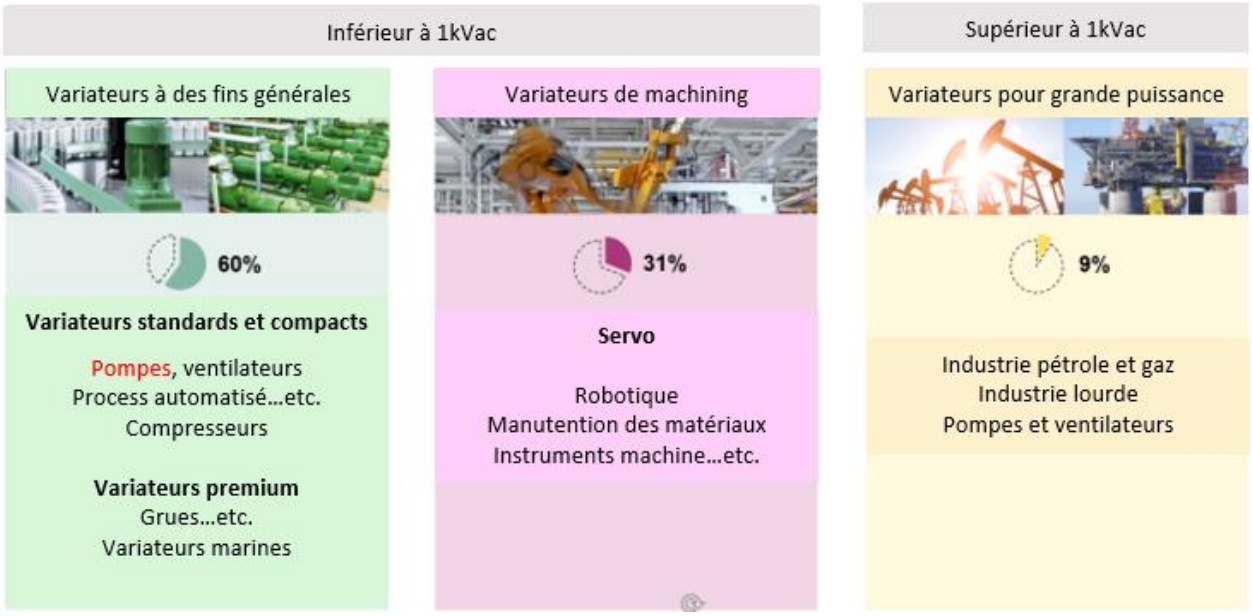


Figure 20 : Diversification des applications des variateurs

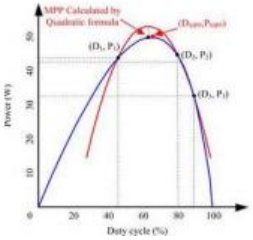
a. Définition de la composante

De point de vue règles de l'art, un onduleur/variateur est un convertisseur de puissance électrique qui transforme le courant continu en courant alternatif et optimise la marche du moteur électrique.

Les convertisseurs à semi-conducteurs ne comportent aucune pièce mobile. Donc sa fabrication ne nécessite aucune exigence mécanique. Cependant, un savoir-faire en électronique est primordial. Ils sont utilisés dans un large éventail d'applications. La fabrication du variateur-onduleur est similaire à tout dispositif électronique basé sur les technologies des semi-conducteurs. Ci-dessous une décomposition détaillée des éléments de l'équipement en question.

Design software	
La partie soft est tout un système programmable de commande et de gestion : – Gestion des fonctions d'alimentation de l'onduleur (DC solaire et AC réseau). – Gestion de commande par clavier ou interface ou interrupteur, marche/arrêt/redémarrage	

- Détection du type de pompe et la marche à sec, et détection des niveaux de bassin de stockage
- MPPT ou PWM (pulse with modulation), adaptation pour batteries
- Paramètres de GPRS et connexion internet
- Calcul des débits et énergies



Design Hardware

La partie hard est essentiellement composée de :

- Composantes électroniques de puissance et de traitement

- Composantes de ventilation

- Composantes de protection et d'isolation

- Composantes électriques : câbles et voyants LED

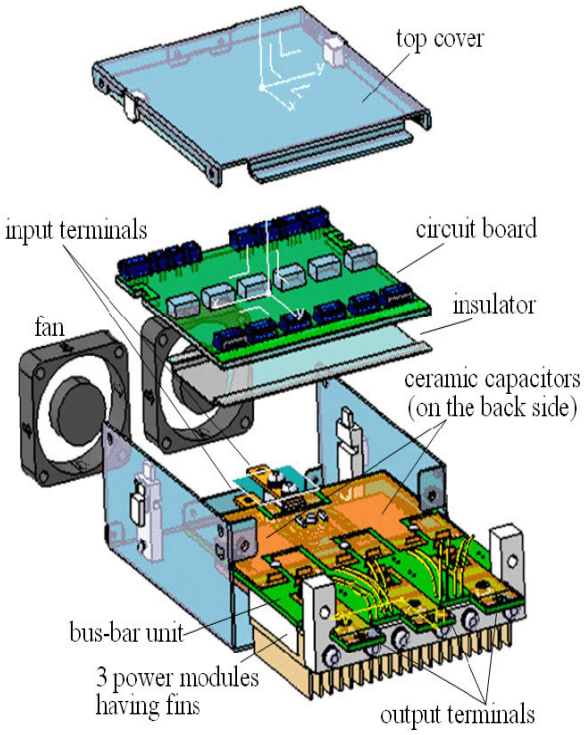
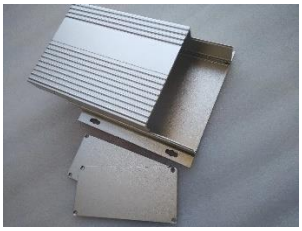


Figure 21 : Décomposition d'une unité type d'onduleur/variateur[28]

[28] https://www.researchgate.net/figure/External-appearance-of-the-inverter-unit_fig1_325293218

- Autres composantes : vis imperméable, matériaux plastiques et boutons, écran d'interface...etc.



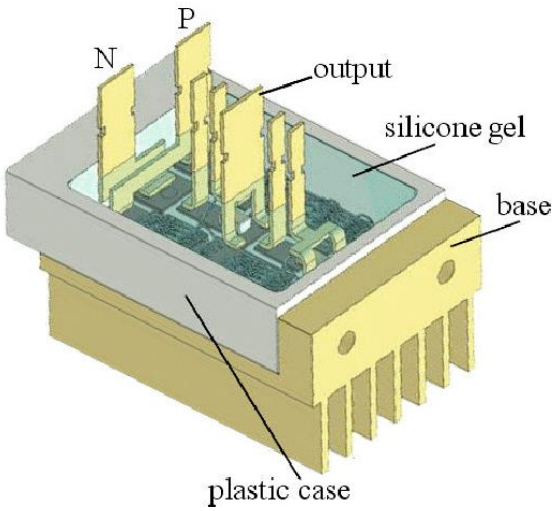


Figure 22 : Structure interne du module de puissance

Comme on peut le voir, la pièce maitresse de l'installation solaire se compose de deux parties : une partie soft qui contient tout le système de gestion et donne la raison d'être du variateur/onduleur. La partie hard contient tous les éléments physiques usinables.

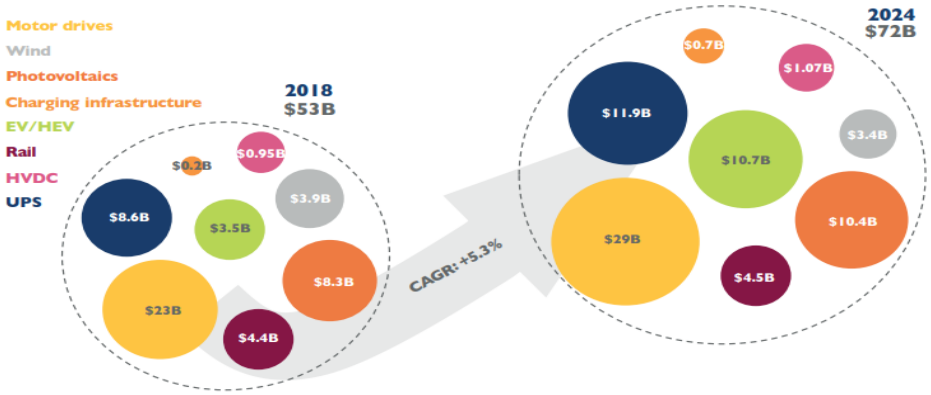
De point de vue tendance, les technologies des variateurs/onduleurs (partie hard) se sont améliorées grâce à l'adoption de nouveaux semi-conducteurs de puissance tels que le SiC et le GaN. Également, les variateurs/onduleurs sont désormais tenus d'avoir des fonctions de contrôle plus intelligentes, pour réaliser des fonctions de réglage autonomes pour la stabilisation du réseau et les fonctions smart et intelligence artificielle (Smart city, Smart Agri…etc).

b. Marché des onduleurs – variateurs

L'électronique de puissance est produite dans de nombreux pays à savoir la Chine, le Japon, la Corée du Sud, l'Australie, les Etats-Unis, le Canada, Allemagne, Espagne, Autriche, Suisse, Italie et Thaïlande. Ci-dessous une projection générale (au niveau mondial) du marché des variateurs puis des onduleurs, par application finale (end-use domain), avec un récapitulatif de l'approvisionnement du leader mondial en onduleurs solaires, **la Chine**.

Tableau 6 : Aperçu de la tendance du marché des onduleurs-variateurs avec une revue sur la production de la Chine en onduleurs

Projection du marché des onduleurs par application finale au niveau Mondial de 2018 à 2024



(Yole Développement, June 2019)

On remarque que les onduleurs intégrés aux variateurs de vitesse et les onduleurs solaires (on-grid) dominent le marché mondial avec plus de 54% de la part cumulé en 2024, contre 56% en 2018 en valeur monétaire. Ci-dessous la contribution actuelle de la Chine en 2018.

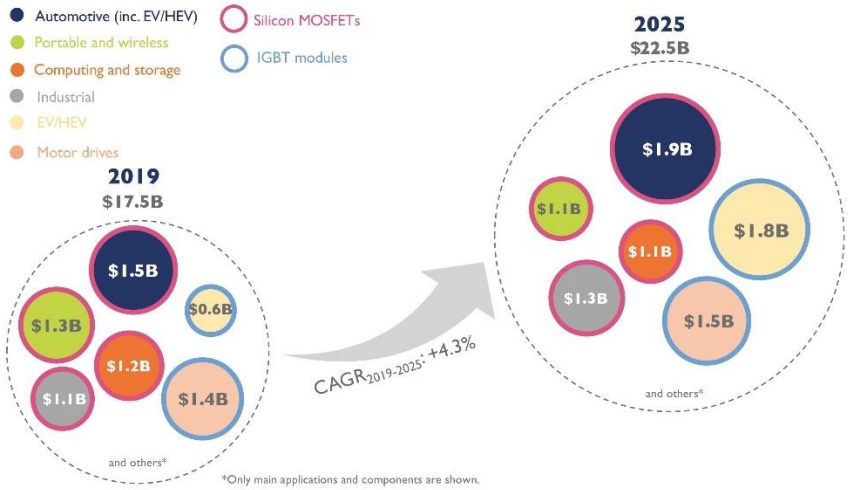
Exemple de la Chine

Année	Capacité fournie	Exportés en entier	Exportés en OEM* produit
2018	65,7 GW	-	-
2019	73,5 GW	40,3 GW	12 GW

Principales destinations des exportations chinoises	Europe	**Part du Marché en %**	77%
	Inde		61%
	Amérique latine, Moyen orient et le Japon		58%

Projection du marché des variateurs par application final au niveau Mondial de 2018 à 2024

(Source: Status of the Power Electronics Industry 2020 report, Yole Développement, 2020)



Le segment variateurs pour l'automobile, l'industrie et les moteurs (motor drives) représente quasiment tout l'avenir du marché vu son potentiel d'utilisation similaire dans diverses applications. Ainsi un marché dédié aux variateurs de vitesses industriels est parfaitement capable d'alimenter le marché du pompage pour l'irrigation avec les mêmes caractéristiques du produit et les mêmes standards de production.

*OEM (Original Equipment Manufacturer) : désigne de façon globale une entreprise chargée de la fabrication de pièces détachées pour une autre entité. Intel, fabricant de processeurs pour les ordinateurs, peut ainsi être considéré comme un OEM
CAGR: Compound annual growth rate. Le CAGR Du variateur solaire est de 3,8%[29]

[29] https://s3.i-micronews.com/uploads/2019/06/YD19028_Status_of_the_Inverter_Industry_June2019_Flyer.pdf

En ce qui concerne les onduleurs, on estime que la part des fabricants chinois dans le marché mondial des onduleurs PV était d'environ 60 % en 2019.

En 2011, la Chine ne comptait qu'un seul fabricant d'onduleurs (Sungrow) dans le classement des 10 premiers, alors qu'en 2019, cinq entreprises chinoises figuraient dans le classement des 10 premiers pour leur volume d'expédition (Huawei, Sungrow, Sineng, Growatt et Ginlong Solis). Ci-dessous la répartition générale des producteurs d'onduleurs solaires dans le monde :

Tableau 7 : Répartition des fournisseurs d'onduleurs solaire dans le marché mondial[30]

Marque	Origine	Part du marché 2019	Part du marché 2020	Evolution
Huawei	Chine	22%	23%	1%
Sungrow Power Supply	Chine	13%	19%	6%
SMA	Allemagne	8%	7%	-1%
Power Electronics	Espagne	6%	5%	-1%
Growatt	Chine	4%	5%	1%
Ginlong Solis	Chine	3%	5%	2%
Fimer	Italie	5%	4%	-1%
Sineng	Chine	5%	4%	-1%
GoodWe	UK	3%	4%	1%
TMEIC	Japon	3%	4%	1%
SolatEdge Technologies	France	4%	3%	-1%
SofarSolar	Chine	–	2%	2%
Ingeteam	USA	3%	2%	-1%
Fronius	Autriche	3%	2%	-1%
TBEA Sunoasis	Chine	3%	2%	-1%
Kehua	France	–	2%	2%
KSTAR	Chine	2%	–	-2%
Autres	–	9%	8%	-1%

De nouveau, et comme le montre le tableau suivant, la concurrence est serrée avec des marges réduites mais qui laissent néanmoins la Chine en tête grâce au maintien de sa compétitivité.

Avant, les procédures d'approvisionnement du marché en onduleurs PV étaient à l'origine affectées par les codes et règlements nationaux, ce qui garantissait le marché de sorte que les fabricants nationaux ou régionaux avaient tendance à dominer les marchés PV nationaux ou régionaux. Cependant, les produits importés à bas prix ont commencé à augmenter leur part dans les pays et les segments de marché où la pression de réduction des coûts est forte. La loi de la concurrence prend le dessous, et sur ces marchés, les principaux acteurs disposant de chaînes d'approvisionnement mondiales prennent ainsi la part des acteurs régionaux.

En somme, **les prévisions envisagent 1 TW d'onduleurs** expédiés à travers le monde entre 2021 et 2025, ce qui correspond à un marché de 54 billions USD, principalement tenu par les acteurs connus (Chine, Allemagne, Etats Unis et Japan) et avec une forte émergence de l'Inde *(Source : IHS Markit,2020).*

En examinant la segmentation par technologie d'onduleurs, on s'aperçoit que le triphasé avec une

[30] https://min.news/en/economy/a4d65dfda1902accff92f070a21c6ada.html?__cf_chl_jschl_tk__=pmd_klxWfekyZfBJyuBn9SsZuQRc2jUOqK48LYhkKCiEn5I-1632925437-0-gqNtZGzNAlCjcnBszQd9

puissance inférieure à 500 kW représente 56% du marché. Ceci expliquera le recours aux onduleurs dans les petites applications, à savoir le résidentiel et l'agriculture.

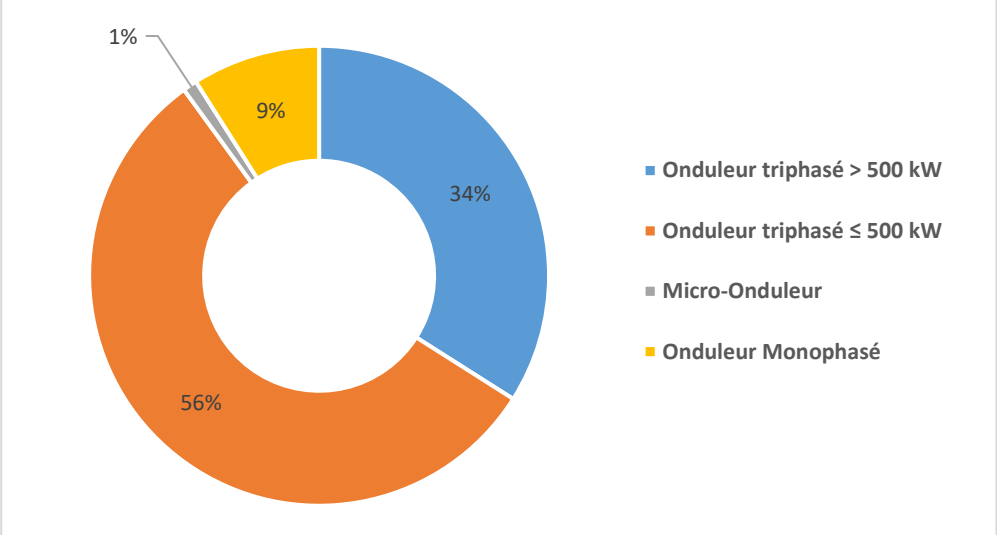


Figure 23 : Part du marché des onduleurs par technologie[31]

Les changements dans le marché des onduleurs sont similaires à ceux des panneaux. Des réorganisations, des fusions et des acquisitions d'onduleurs ont été signalées depuis 2019. Ceci fournira une idée sur les orientations futures du positionnement des marchés.

En janvier 2019, KACO new energy (Allemagne) a annoncé qu'elle avait vendu son activité d'onduleurs centraux à OCI Power (Corée). L'entreprise a également annoncé un projet de vente de l'activité d'onduleurs string à Siemens (Allemagne) pour se concentrer sur les activités liées aux systèmes de stockage et à l'infrastructure intelligente. Ceci prouve l'entrée des industries de l'éolienne dans le marché solaire. Schneider (France) a annoncé son intention de se retirer de l'activité d'onduleurs centraux et de se concentrer sur l'activité d'onduleurs string. ABB (Suisse) a accepté de vendre l'activité d'onduleurs photovoltaïques à FIMER (Italie), qui normalement agissait dans le secteur automobile, et la transaction a été finalisée en mars 2020. Dans le secteur des MLPE[32], SunPower Corporation (États-Unis) avait vendu l'activité micro-onduleurs à Enphase Energy (États-Unis) en août 2018.

Toutefois, le marché des onduleurs devrait connaître une forte croissance au cours des cinq prochaines années malgré la réorganisation, et malgré les ventes contraires à court terme, les coûts de composants semi-conducteurs plus élevés et les coûts de transport plus élevés. L'impact du COVID-19 semble n'avoir qu'un effet temporaire, car les fournisseurs continuent à investir dans de nouveaux produits et à innover en permanence. Comme on le verra dans la partie suivante, le coût de la main-d'œuvre semble être un facteur important pour la compétitivité internationale, comme l'indique le choix de SMA de localiser la production d'onduleurs en Pologne par exemple.

En plus, la relation entre les capacités régionales de R&D, la spécialisation et les sites de production choisis est aussi complexe que les autres parties de la chaîne de valeur PV. Ci-après une carte régionale d'un cas d'étude de la suisse qui montre cette capacité sans égale de joindre industrie et R&D en continuelle

[31] https://ihsmarkit.com/research-analysis/infographic--solar-pv-inverter-market-overview.html
[32] Module Level Power Electronics

complémentarité.

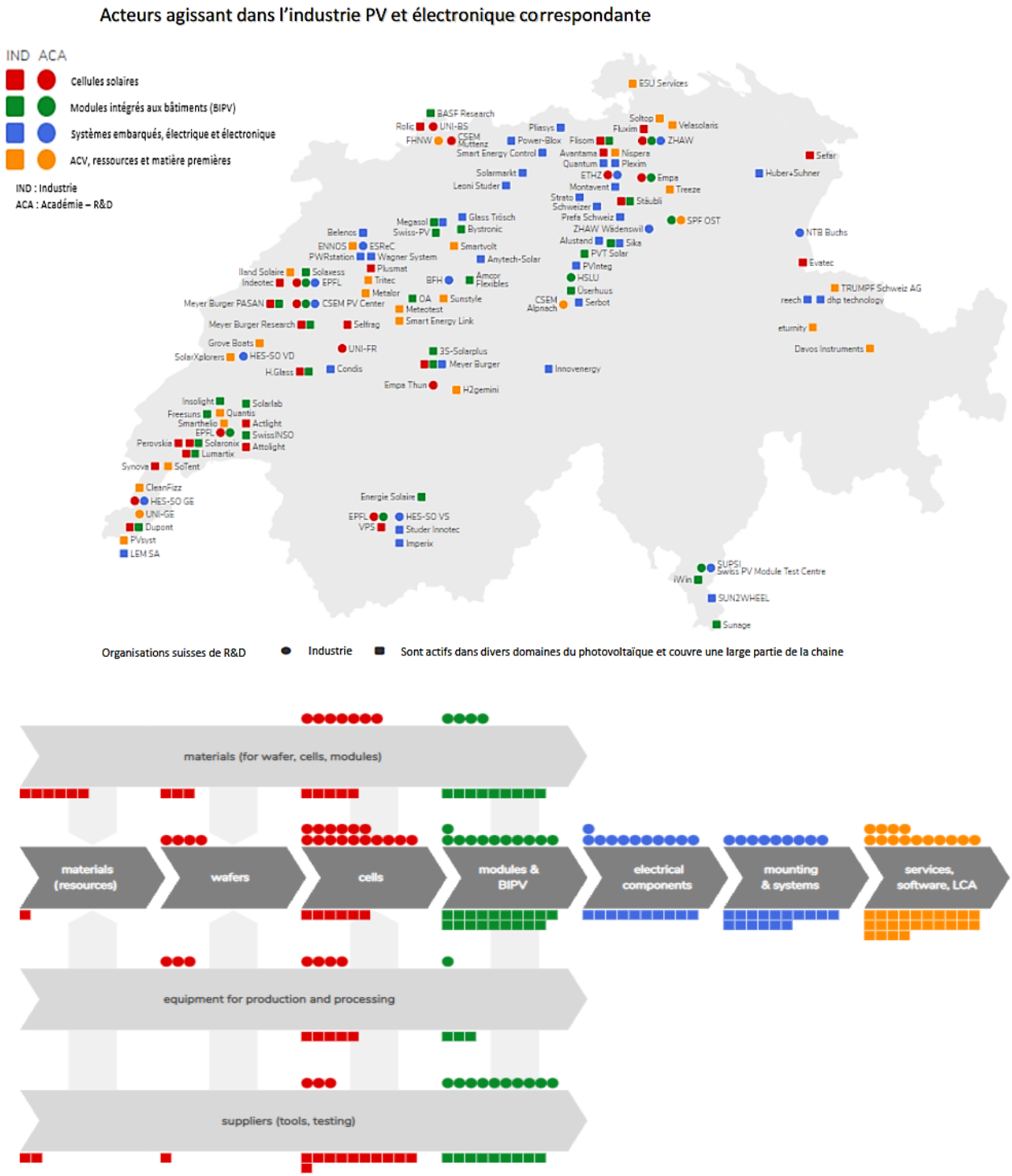


Figure 24 : Cartographie des acteurs de la chaine de valeur Suisse[33]

Comme on peut le remarquer, le réseau de la chaine de valeur suisse est dense et coopératif. Les investissements sont concentrés sur la partie aval de la chaine, qui nécessite une industrialisation plus facile

[33] https://pv.energyresearch.ch/index.php?ID=2002&l=en

avec une valeur ajoutée plus remarquée et un accès plus fluide au marché. Concernant la partie relative à l'électronique et les onduleurs, la politique suisse converge vers une approche par thématique. Ainsi les éléments nécessitant une maitrise du savoir-faire attirent les investissements en R&D. Celles demandant une application directe des méthodes attirent plutôt les industries, vu que l'évolution technologique ne représente pas un risque à court et moyen terme. Ci-dessous une simulation réalisée par la Swiss Photovoltaics Research & Technology :

Tableau 8 : Niveau d'implication des acteurs de l'écosystème en Suisse dans les thématiques liés à l'électronique pour le photovoltaïque

Onduleurs solaires, connexions électriques, électronique et assemblage			
	R&D	*Implémentation*	*Industrialisation*
Onduleurs solaires, MPP tracker	●●	●	●●
Câbles et plugs, boxes de jonctions	●	●●	●●●
Système de montage	●	●●	●●
Intégration, connexions réseau	●●	●●	●●
Systèmes de Stockage	●●	●●	●

En revenant à la tendance du marché et comme conclusion, un aperçu de l'évolution des prix du produit onduleurs à la sortie de l'usine (factory gate price) :

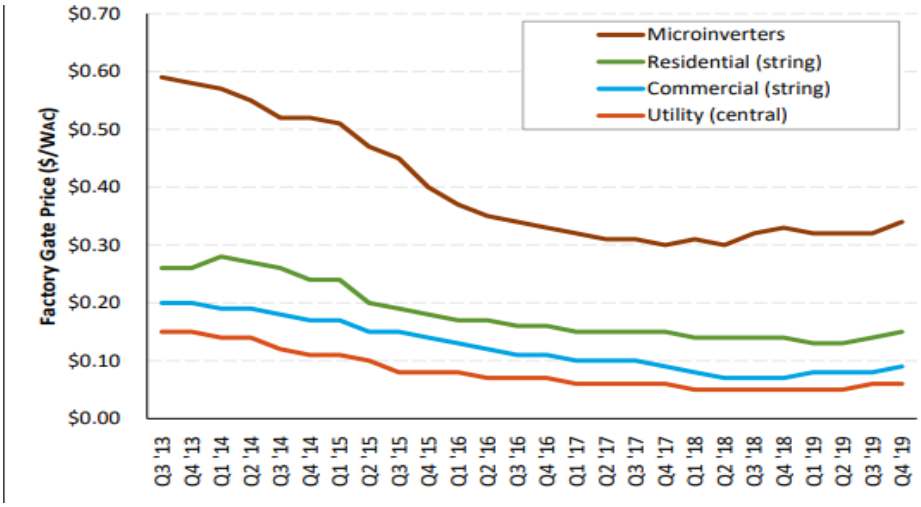


Figure 25 : Evolution U.S du prix à la sortie de l'usine des onduleurs solaires[34]

En 2019, les prix des onduleurs (référence Etats Unis) ont augmenté en moyenne de 3% pour les micro-onduleurs, de 7% pour les onduleurs résidentiels, 29 % pour les onduleurs commerciaux et 20 % pour les onduleurs centraux.

Les droits de douane américains sur les onduleurs importés de Chine ont entraîné une hausse des prix et un réalignement de la chaîne d'approvisionnement des fournisseurs. Sinon, les prix sont restés dans la

[34] https://www.nrel.gov/docs/fy20osti/77010.pdf

même fourchette au cours des trois dernières années.

En conclusion, les orientations vers une industrie générale de l'électronique de puissance s'avèrent plus prometteuses et attractives. Le marché et la technologie des variateurs demeure mieux accessible que celui des onduleurs. Approvisionner plusieurs secteurs à la fois (Automobile, industrie et ER) met en premier plan l'option d'une industrie régionale et mondiale, notamment pour le Maroc qui dispose déjà de débouchés au niveau régional, qui peuvent assurer un marché sûr régionalement (en Afrique et Moyen Orient), et mondialement (en Amérique latine et l'Europe).

c. Ecosystèmes et développement de l'industrie des onduleurs – variateurs

Pour l'industrie de l'électronique de puissance, plusieurs composantes sont à la portée de main pour être manufacturées. Le souci qui se pose est celui des ingrédients vitaux de l'équipement comme le IGBT, BCD etc... Comme c'est le cas pour les panneaux photovoltaïques, s'adapter aux nouvelles tendances technologiques reste une nécessité pour maintenir l'industrie hightech. L'investissement nécessaire pour assurer une industrie de composantes vitales des variateurs est aussi important que celui du PV. Un exemple de l'industrie américaine ON Semiconductor, réalisant une usine à 430M USD (fin 2019) pour la production d'une technologie de l'électronique de puissance (le BCD de 300mm)[35]. Pour un pays en développement, lancer l'initiative progressive permettra d'acquérir le savoir-faire et assurer un niveau d'indépendance.

i. Expérience de la Chine : Modèle Huawei

La chaîne de valeur mondiale de Huawei comprend cinq centres de fabrication et approvisionnement clés : Un centre national (Chine) et quatre centres à l'étranger (Hongrie, Dubaï, Mexique et Brésil).

Le centre en Chine héberge également les essais pilotes des nouveaux produits et les processus de fabrication des produits de base, notamment les matières premières, la production de produits semi-finis, l'assemblage des armoires, les essais et la livraison. Les autres centres d'approvisionnement ont potentiellement la capacité de fabriquer des onduleurs, bien que tous soient actuellement fabriqués dans l'usine en Chine.

D'ici on peut avancer la révélation qui suppose que les règles d'art qui représentent le noyau de l'industrie sont conservées au niveau local. Seul l'industrie d'assemblage et l'industrie à transfert technologique limité est sous-traité (exemple moulage, plasturgie…etc.). Ceci sera confirmé à travers les diverses expériences des pays. En effet, pour la fabrication des onduleurs string, seuls deux fabricants d'équipement d'origine (OEM), à savoir Foxconn et I-Brights, ont été autorisés par Huawei à fournir des services de fabrication électronique (EMS) en 2014 et 2015, respectivement.

L'analyse de la chaine de valeur de production des onduleurs solaires Huawei a permis de constater le succès de cette firme en la matière. Ci-après une illustration de cette expérience chinoise réussie :

[35] http://www.yole.fr/2014-galery-PE.aspx

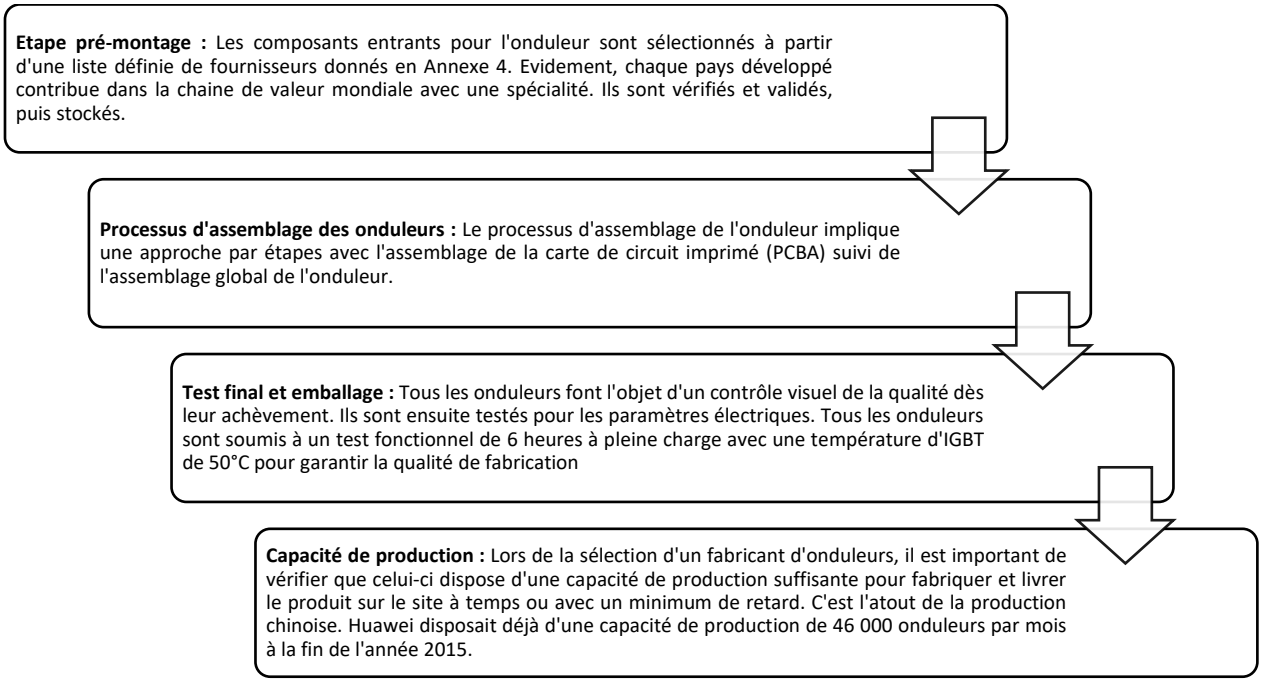


Figure 26 : Chaine de valeur Onduleurs Huawei

Informations complémentaires : Pour l'étape prémontage, les délais de livraison des composants entrants varient entre 30 jours pour les terminaux à port continu et 120 jours pour les processeurs de signaux numériques. Les conditions environnementales dans l'usine sont comprises entre 20°C et 30°C avec un taux d'humidité entre 45% et 75%, ce qui peut être considéré comme acceptable. Dans l'ensemble, l'étape de prémontage est bien documentée et des processus de test et de contrôle appropriés sont mis en œuvre.

Pour l'étape assemblage, une ligne de production SMT (Surface Mount Technology) est dédiée à la production d'onduleurs. Elle est capable de fabriquer 44 000 PCB par jour, soit environ 30 % de la capacité totale, y compris la production des deux autres OEM. Le temps de production global, tests compris, est d'environ deux jours pour la production de PCBA et de 1,15 jour pour l'assemblage d'onduleurs. Le principal goulot d'étranglement dans la production globale est l'approvisionnement en composants fournis par des tiers.

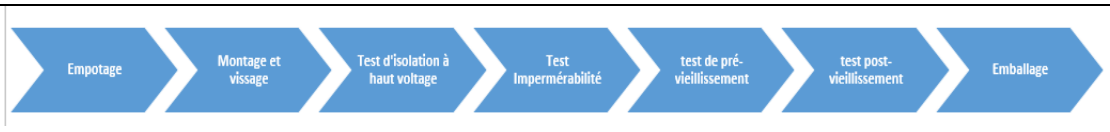
Pour le test final et l'assemblage, les produits finis sont stockés dans une installation de stockage séparée, avec 5 000 onduleurs généralement en stock constamment dans la firme de Huawei. Les délais de livraison dépendent du type de transport, avec environ 6 semaines par mer et 2 semaines par avion vers l'Europe pour les demandes urgentes.

Pour finir, un aperçu des processus (assemblage des cartes électroniques et tests de qualité), avec quelques images réelles de la production.

Tableau 9 : Aperçu de la chaine de valeur (partie assemblage) de Huawei[36]

Assemblage Carte de circuit imprimé	Préparation des matériaux → Technologie de montage en surface (SMT) → Soudage par écoulement → Branchement → Soudage par ondes → Sertissage → Test FT → Revêtement

[36] Huawei Technologies Deutschland GmbH, Huawei Inverter Review, August 2016

(PCBA)	
Assemblage des blocs, carcasse et test produit	
Aperçu réel du processus	Ligne d'assemblage Ligne de vieillissement et d'emballage

ii. Expérience de l'Inde

- **Situation de départ**

Le marché mondial de l'énergie solaire est désormais représenté par des centrales de l'ordre du gigawatt avec des niveaux élevés de contenu local tant au niveau des machines que des matières premières (référence à la Chine). Approchant les 4% par an, la région Asie reconnait l'évolution la plus rapide en demande d'énergie.[37] C'est pour cette raison que le défi de développement de l'industrie et des chaines d'approvisionnement dans la région est grand. Du point de vue de l'Inde, ce taux de croissance énergétique régional assez élevé pose de nombreux défis à la chaîne d'approvisionnement nationale.

L'état des lieux de l'Inde montre qu'elle est compétitive en termes de coût de la main-d'œuvre et de qualité, comme c'est le cas pour le Maroc, mais elle est désavantagée par le coût élevé du capital, les tarifs élevés de l'électricité et l'absence d'un écosystème facilitateur. Des politiques correctes soutenues par une vision claire peuvent créer un secteur de l'énergie solaire indien prospère et dynamique.

Dans la partie Onduleurs, un comparatif de l'Inde avec la Chine et le reste des pays asiatiques a été réalisé et montre d'où émane le besoin de développement :

Tableau 10 : Informations comparatives disponibles pour les onduleurs solaires et la carcasse

Produit	Paramètres	Sociétés indiennes	Sociétés chinoises, et autres entités asiatiques
Onduleur solaire	Rang	1 kW – 250 kW	Au-dessus de 500 kW
	Efficacité	85% - 98%	> 96%
	Contrôleurs Microprocesseurs	Récemment intégré	Développé
	Stratégies d'industrialisation	Problèmes d'approvisionnement en semi-conducteurs	Approvisionnement continu grâce à l'approvisionnement local

[37] Source : https://www.iea.org/reports/southeast-asia-energy-outlook-2019

Boîtes de jonction et carcasse	Certification	International	International

- Développement de l'industrie

Le gouvernement de l'Inde a annoncé le Plan d'action national pour le changement climatique et parmi les huit missions, la Jawaharlal Nehru National Solar Mission (JNNSM), considérée comme l'une des plus importantes missions.

La mission solaire nationale Jawaharlal Nehru (JNNSM), ou mission solaire nationale, est une initiative du gouvernement indien et des gouvernements des États pour promouvoir l'énergie solaire en Inde. Inauguré en janvier 2010, le JNNSM a été révisé à deux reprises et affiche désormais un objectif de **100 GW de solaire photovoltaïque d'ici 2022**, après avoir dépassé l'objectif initial de 20 GW en 2018, 4 ans avant l'échéance de 2022.

En effet, le plan contient 3 phases. La différence majeure entre les phases n'est que l'objectif de capacité à atteindre. Cependant, la mission nationale a dès le début intégré la dimension industrielle afin d'atteindre les objectifs de la façon la plus indépendante possible.

Consciente du défi d'approvisionnement, l'Inde a donc acquis la chaîne de valeur de l'électronique de puissance étape par étape, en adoptant une politique de substitution graduelle à l'importation de la matière première. Sur ce, avant d'attaquer la filière solaire, l'Inde a débloqué le potentiel des variateurs-onduleurs dédié aux applications industrielles. D'après le Fédération des chambres de commerce et d'industrie indiennes, il se vend en moyenne 4 millions d'onduleurs par an. Avec une capacité moyenne de 800 W, **cela équivaut à 3200 MW d'onduleurs non-solaires fabriqués chaque année en Inde.**

Bien que les onduleurs traditionnels ne puissent pas être directement comparés aux onduleurs solaires photovoltaïques plus sophistiqués, l'Inde à partir de la deuxième phase de la mission nationale a renforcé son industrie de l'électronique de puissance en intégrant certaines parties de cette technologie à l'écosystème général de l'électronique, mais les composants clés tels que les modules de transistors bipolaires à grille isolée (IGBT), les contrôleurs basés sur des processeurs de signaux numériques (DSP) sont encore importés.

Pour promouvoir l'industrie de l'électronique de puissance, l'Inde a vu clair qu'il est indispensable de **sécuriser l'approvisionnement en composantes critiques**. Pour une chaine de valeur durable à long terme, sa stratégie aborde 5 points :

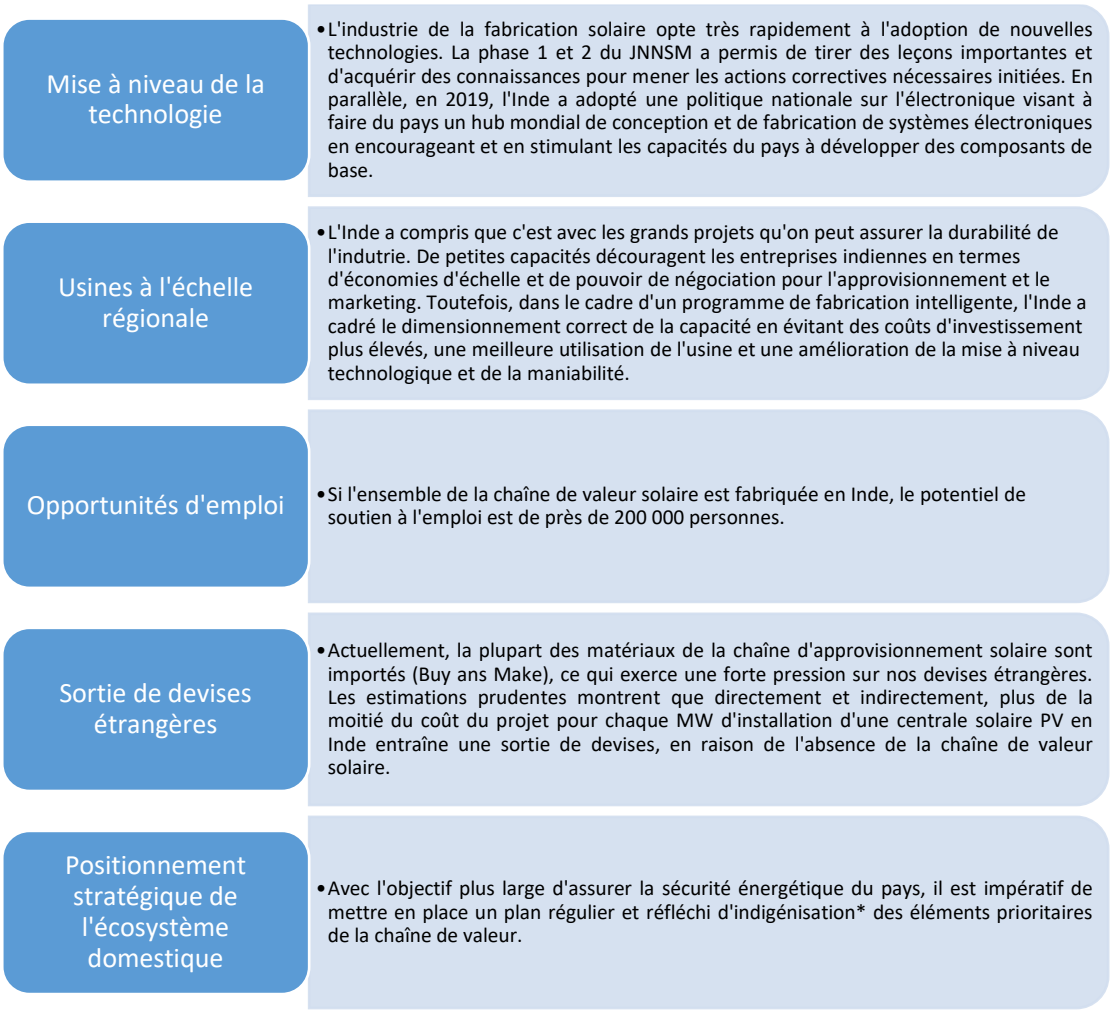


Figure 27 : 5 points recommandés pour ériger l'industrie solaire en général, et celle de l'électronique en parallèle, en Inde

*Indigénisation : C'est une politique qui transfert la main de pouvoir des sociétés étrangères au pays d'accueil.

En plus, la politique industrielle de l'électronique a évolué depuis 2014, avec un passage évolutif du « Buy to Make » à « Make to Buy ». Ainsi, le programme gouvernemental "Make in India", lancé en 2014, a permis d'accroître les investissements dans la fabrication nationale et de réduire la dépendance du pays à l'égard des importations dans tous les secteurs.

Également l'Inde a lancé des initiatives pour favoriser la fabrication nationale de produits électroniques et contribuer à réduire la dépendance de l'Inde à l'égard des importations dans l'industrie électronique[38]. On cite deux exemples en relation avec cette industrie :

[38] https://assets.ey.com/content/dam/ey-sites/ey-com/en_in/topics/government-and-public-sector/2020/09/managing-the-impact-of-covid-19-on-india-supply-chains.pdf

Tableau 11 : Modèles d'initiatives incitatives pour le développement de l'industrie de l'électronique en Inde

Initiative	Aperçu des bénéfices offertes
Modified Special Incentive Package Scheme (lancé en 2012) MODIFIED SPECIAL INCENTIVE PACKAGE SCHEME(M-SIPS) ELECTRONICS INDIA	**Modified Special Incentive Package Scheme (M-SIPS)** **Salient features** Capex subsidy – 20-25% Reimbursement of CVD/Excise for capital equipment in non-SEZ units Reimbursement of Central taxes and duties for 10 years in select high tech units like Fabs and ATMPs Available for entire value chain of identified electronics products Incentives available for 10 years from the date of approval Initial Budgetary allocation - INR 10,000 Crores in 12th five year plan *Source : www.indiamsme.org*
Electronic Manufacturing Clusters Scheme (Modifié en 2020)[39] Modified Electronics Manufacturing Clusters (EMC 2.0) Scheme	Soutenir la création d'une infrastructure de qualité avec des installations et des équipements communs, y compris des hangars Ready Built Factory (RBF) (image1) et les installations Plug and Play (image2).[40] (1) (2)

iii. Expérience de l'Afrique du Sud

- **Situation de départ**

En termes de types de technologie et de volume de production, le secteur de la fabrication électronique en Afrique du Sud s'articule principalement autour de deux catégories détaillées ci-dessous :

Tableau 12 : Catégories d'entreprises opérant dans le secteur électronique en Afrique du Sud

Catégorie 1	Petits fabricants fabriquant des produits de faible volume pour des industries spécialisées ou de niche.

[39] https://www.meity.gov.in/esdm/emc2.0
[40] https://www.makeinindia.com/schemes-electronics-manufacturing-india

Catégorie 2	Fabricants de grande taille selon les normes sud-africaines (par exemple, jusqu'à 2 millions d'unités par an, mais de taille moyenne au mieux par rapport aux normes mondiales), qui fabriquent des produits de haute qualité pour les secteurs de l'automobile, de l'exploitation minière, de la défense et des télécommunications.

Ces catégories alimentent plusieurs segments de l'économie plus principalement l'automobile, l'industrie (approvisionnement en équipements pour la production) et les énergies renouvelables.

Selon le DTI's Electrotechnical CSP, il existe des milliers de fabricants électrotechniques, dont la majorité sont des PME. Les PME représentaient déjà en 2010 60% des entreprises du secteur en Afrique du Sud.

La fabrication électronique dans la gamme des PME est caractérisée par de petites entreprises établies, principalement détenues et/ou gérées par des personnes correspondant à un profil démographique particulier (hommes blancs approchant l'âge de la retraite). D'après la source, l'expansion des PME dans ce domaine semble atteindre une stabilité critique qui commence à réduire lentement les activités de fabrication, car il n'y a pas de successeur ou d'acheteur clair pour l'entreprise en raison de la pénurie nationale de personnel technique qualifié et expérimenté (par exemple, d'ingénieurs) en Afrique du Sud.

Une caractéristique notable du secteur de l'électronique en Afrique du Sud est qu'un certain nombre de très petites entreprises sont innovantes et jouissent d'une solide réputation dans des secteurs de niche tel que la sécurité électronique et l'aviation.

Cependant, le premier point à remarquer dans l'expérience de l'Afrique du Sud, c'est que ces niches industrielles demeuraient détachées de la synergie R&D menée par les universités et les centres de recherche. En plus, sans le soutien des grandes multinationales installées qui trouvent plus rentable de créer des collaborateurs locaux, il y a un manque de financement pour les start-ups technologiques et autres en Afrique du Sud, en particulier pour celles qui sont au stade de l'idée (avec ou sans prototype fonctionnel), la preuve du concept et les premières étapes opérationnelles.

Le deuxième point à remarquer est que les entreprises ont du mal à être compétitives sur le marché local avec des composants et des produits finis importés moins chers. Cela est souvent dû au fait que les concurrents produisent à une échelle beaucoup plus grande que les entreprises sud-africaines et avec des structures de coûts plus faibles. Les entreprises interrogées soupçonnent également que certains produits sont importés illégalement ou sans payer les taxes appropriées. En outre, certaines catégories de produits sont exemptes de droits d'importation (par exemple les onduleurs), ce qui rend difficile pour les fabricants locaux de concurrencer les importations moins chères.

Dernier point, c'est que le consommateur final n'est pas averti des implications de qualité entres les produits locaux et ceux importés. Cela risque de pousser la production vers une qualité inférieure pour gagner en marge bénéficiaire et sauver la production.

Par ailleurs, nous constatons que l'état de l'industrie est en faveur du secteur des énergies renouvelables.. En effet, l'Afrique du Sud compte un certain nombre d'entreprises qui fabriquent des produits destinés aux

systèmes d'énergies renouvelables (et l'industrie entres autres). Un aperçu de quelques entreprises est présenté ci-dessous :

Tableau 13 : Aperçu de quelques industries implantées en Afrique du Sud[41]

Société	Nature du Business	Description
Kestrel Wind Turbines (filiale de Eveready)	Industrie	Fabricant d'éoliennes : (600W à 3kW), de régulateurs et de systèmes de pompage éolien
MLT Drives	Industrie Distributeur et Maintenancier	Fabricant de composants électroniques destinés à être utilisés dans les systèmes d'énergie renouvelable. Fabrique des convertisseurs et des onduleurs pour des solutions de conversion d'énergie. Les transformateurs sont importés, car ils font partie de 70% des composants utilisés dans la fabrication.
Tenesol Manufacturing	Industrie	Fabricant de modules solaires PV, de systèmes solaires systèmes de pompage d'eau, systèmes hybrides, systèmes d'enregistrement de données, systèmes d'alimentation de télécommunications
Emerson Network Power	Industrie	Alimentations électriques, systèmes d'alimentation de secours, systèmes de climatisation, systèmes de gestion de l'énergie systèmes de gestion de l'énergie, ainsi que des solutions d'abris et d'armoires pour l'industrie des télécommunications et des données
CBI: Low Voltage	Industrie	Fabricant de composants de distribution et de protection électrique pour les systèmes de distribution électrique basse tension.

- Développement de l'industrie

Comme la plupart des pays industrialisés, l'Afrique du Sud (tout comme l'Inde d'ailleurs) a créé un programme global d'industrialisation. Le ministère du Commerce et de l'Industrie dispose d'un mécanisme de désignation pour encourager le développement et l'achat de biens et services locaux spécifiques. Une fois les produits désignés, tous les organes de l'État sont tenus de s'inspirer de ces désignations lors de la passation de marchés publics (*Treasury, 2016*). Les pièces de composants photovoltaïques solaires n'étaient pas désignées lorsque le programme a débuté en novembre 2011. Cependant, en 2016, le DTI (Department of Trade and Industry) a désigné certains composants de Solar PV, tels que les modules PV laminés, les cadres de modules, les boîtes de combinaison DC, les structures de montage et les onduleurs. Chacun de ces composants a des exigences minimums et peut avoir un impact sur la définition du contenu local.

[41] http://www.thedtic.gov.za/wp-content/uploads/dti_electronicsreport.pdf

En fait, les exigences en matière de contenu local ont été incluses dans le programme intitulé REIPPP afin de faciliter le développement de l'industrie solaire locale à partir des trois composantes phares : Les panneaux, les onduleurs et les structures métalliques.

Comme pour la plupart des pays émergents, l'Afrique du Sud a admis qu'il est non envisageable de prévoir une concurrence sur le même niveau des pays développés en possession de la technologie, du savoir-faire, et du marché. En plus, le coût élevé de la main-d'œuvre, par rapport aux taux de main-d'œuvre asiatiques, empêche le secteur d'être compétitif au bas de l'échelle technologique, c'est-à-dire dans les produits à faible technologie et à volume élevé. Au lieu de cela, le secteur peut être en concurrence avec des produits à faible volume et à haute technologie.

De nombreuses entreprises souhaitent s'intégrer en aval de leurs activités "principales" de développement de produits, de vente et de marketing en développant de nouvelles capacités dans les services à "valeur ajoutée" tels que l'intégration de systèmes (partie Soft). Ces stratégies sont poursuivies alors que même les activités en amont, comme la fabrication, sont abandonnées. Les prix très compétitifs pratiqués par la Chine pour la fabrication à grande échelle de produits électroniques ont entraîné une externalisation spectaculaire de la fabrication vers les pays asiatiques, tandis que la formation et le développement de produits sont toujours assurés par les bureaux d'études.

Ci-dessous un schéma expliquant la voie de développement adoptée par l'Afrique du Sud. Malgré le tissu industriel encore en pleine expansion, sa vision est de prioriser les activités à haute valeur ajoutée sous l'essor de la concurrence en amont.

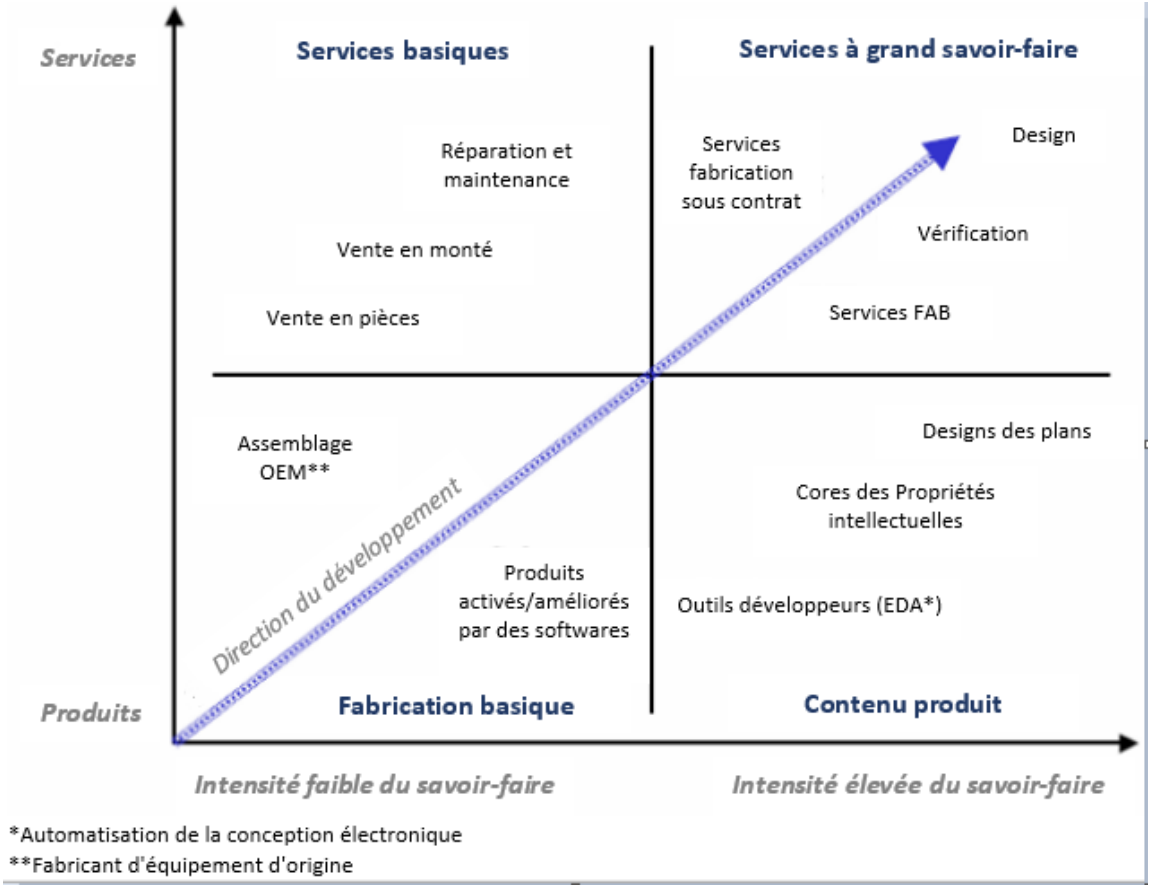


Figure 28 : Vision de l'Afrique du Sud pour le développement de l'industrie

Due à cette stratégie, la situation de départ des industries niches opérant dans l'industrie a pu être valorisé en ajoutant la composante manquante R&D. Ainsi est apparu la spécialisation et la concentration dans la conception et le développement, avec l'externalisation des capacités de fabrication, ce qui a conduit à l'essor des fabricants de composants électroniques sous contrat (CEM).

Pour la composante solaire, la technologie fait l'objet de nombreuses activités de recherche et développement. L'exemple de la province du Cap-Occidental où les laboratoires de l'UCT (University of Cape Town), de l'UWC (United World Colleges) et d'iThemba Labs sont actuellement impliqués dans la recherche photovoltaïque.

iv. Aperçu d'un projet de collaboration Suisse - Inde à petit échelle

L'idée du projet est issue de résultats de projets de recherche dans le domaine de l'énergie solaire pour l'automobile. Des travaux réalisés par des écoles d'ingénieurs suisses qui ont utilisé la même technologie (Maximum Power Point Tracker, Brushless Motor Drive et Permanent Magnet Motor) afin de développer un système entièrement différent : le Swiss Solar Water Pump Drive.

Avec plus de 37 000 moteurs de pompes solaires installés dans le monde (pour ABB), la technologie de pompes solaires suisses est une solution évolutive qui peut répondre à la demande de fourniture d'eau quand et où cela est nécessaire. Ce savoir-faire a été exploité dans le développement à petit échelle de cette initiative de production des variateurs de vitesse de pompes.

Figure 29 : Aperçu du produit

L'idée est simple, Le Swiss Solar Water Pump Drive peut être utilisé comme une simple extension pour les pompes manuelles nouvelles ou existantes, comme la pompe Taradev ou india Mark II. L'énergie solaire provenant d'un petit panneau de 40/80 ou 120W est convertie par un moteur électronique à haut rendement, à l'aide d'une boîte de vitesse et de quelques mécanismes simples. Pour une journée ensoleillée, l'entraînement équivaut à un homme pompant pendant cinq heures sans pause.

Le développement de cette idée est présenté sous forme d'un historique des activités :

Tableau 14 : Historique de développement[42]

Année	Activité
2004 - 2006	Développement à l'Université des sciences appliquées de Berne. Recherche financement par SwissContact, une initiative du gouvernement suisse pour projet technologique dans les pays en développement et émergents.
2005	Développement de l'électronique avec des composants locaux pour la production en Inde en coopération avec le RV College of Engineering de Bangalore et avec DASAG Energy Engineering AG.
2006	Industrialisation en Inde de l'électronique en collaboration avec AMRO Technology PVT. LTD., et la fondation ENNOS gmbh en tant que spin-off de l'Université des sciences appliquées de Berne.
2007	Prototype Run avec 10 installations d'essai : en Suisse (2), en Inde (5) et au Bangladesh (3), coopération sous licence AMRO Technology PVT. LTD.
2009 - 2010	Améliorations apportées à l'unité pompe/moteur. Préparatifs pour une première série de 200 systèmes de pompe PV / Recherche de financement.
2011	150 unités de test produites pour Caritas Suisse et IDE (International Developments Enterprises) en collaboration avec AMRO Technology PVT. LTD
2011 - 2012	10 unités installées en Haïti et au Mali avec Wirz Solar GmbH
2012	Planification et collecte de fonds pour la prochaine production et installation de 100 unités.

Cette expérience, malgré son impact à petit échelle, représente un potentiel et une capacité de développement particulier, permettant une inclusion locale participative. L'ambition côté R&D Suisse et le besoin d'améliorer les conditions de vie côté localités Indiennes a exposé une résultante encourageante, avec toutes les nécessités d'un projet réussi : Phase développement, phase essai et production à petite échelle, phase formation et assistance, phase de production à grande échelle.

[42] https://rwsnforum.files.wordpress.com/2011/11/8_andrea_vezzini-ennos_solar_water_pump_drive.pdf

Figure 30 : Résultat du projet : Lancement d'une production locale des composantes du variateur de de la pompe

3. Pompes

a. Retour à la base de la production : pompe manuelle pour puits profond

Afin de mieux assimiler la capacité industrielle de production des pompes et trancher sur la faisabilité garantie de la partie non électrique de la pompe, on propose de revenir sur la plus simple des modèles, la pompe manuelle.

Les pompes manuelles pour puits profonds, sans tenir compte des différentes configurations, nécessitent une bonne base industrielle pour la production locale. L'Inde et plusieurs pays africains ont réussi à produire localement à plusieurs niveaux de maitrise.

Cependant, le marché doit être suffisamment important pour justifier l'investissement dans l'outillage et les machines de production. Les investissements nécessaires pour l'équipement et l'outillage (niveau élevé de production) nécessaires à la mise en place de fabrication professionnelle (cuisson, moulage, usinage…etc.) sont assez élevés et le besoin en fonds de roulement est considérable. Les entreprises qui se sont lancées dans la production de pompes manuelles doivent disposer du soutien financier nécessaire et de la capacité de gestion nécessaire à une exploitation durable. Les entrepreneurs locaux n'envisageraient l'investissement pour l'outillage que si la perspective ferme d'un marché futur existe. La production annuelle minimale doit être de 500 pompes ou plus, selon les estimations pour l'Inde[43].

Auparavant en Afrique, la plupart des pays ne pouvaient raisonnablement pas soutenir plus d'un ou deux fabricants. Lorsque des entreprises locales produisaient déjà des pompes à main, **il fallait veiller à ce que cet atout national ne soit pas perdu. Une politique de standardisation a donc permis de développer un marché fiable et par conséquent la viabilité de ces entreprises privées locales, permettant ainsi de passer de l'artisanal à l'industriel**.

[43] https://sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/BAUMANN%202000.%20Water%20Lifting.pdf

(1)

(2)

Figure 31 : Image d'une production de masse des pompes manuelles et les machines de production utilisées (Image 1 Inde, Image 2, Kenya)[44]

Comme pour toutes les composantes analysées dans ce rapport, la pompe ne fait pas exception concernant la promotion du contenu local vis-à-vis des importations. Le coût de la production locale par rapport aux pompes importées est un sujet fréquemment abordé. Les coûts locaux sont souvent beaucoup plus élevés. Au **Mozambique** par exemple, les fabricants étrangers de pompes à main peuvent bénéficier d'un programme de promotion des exportations.

En conclusion, la partie non électrique, similaire au modèle pompe manuelle affiche un degré de faisabilité élevé. Un besoin de soutien en matière de normalisation et de promotion du contenu local peut facilement transformer la production artisanale en production industrielle, surtout si les atouts d'une industrie métallurgique et plasturgique avec les procédés sophistiqués existent déjà dans le pays.

b. Pompes électriques : Expérience de l'Inde

i. Introduction

Les fabricants indiens de pompes ont traditionnellement répondu aux besoins du marché intérieur. On choisit de présenter et d'analyser l'expérience de l'Inde vu les aspects de développement et de structuration qu'ils dégagent. Aussi, le principal moteur de développement de cette industrie demeure le besoin en irrigation, eau potable et d'assainissement. Une expérience assez similaire au cas du Maroc pour un pays qui cherche l'indépendance économique.

En Inde, les pompes sont principalement utilisées pour pomper l'eau des puits dans les foyers. Mais avec l'effet du LPM (libéralisation, privatisation et mondialisation), les fabricants de pompes indiens ont commencé à exporter vers des pays étrangers, où les pompes sont utilisées à des fins diverses dans différents secteurs industriels tels que les raffineries de pétrole, les aciéries, les usines de transformation de l'acier et les usines de transformation alimentaire.

Figure 32 : Logos de quelques industriels de pompes en Inde

On estime que la production de pompes dans le pays est actuellement assurée par quelque 800 fabricants

[44] https://wedc-knowledge.lboro.ac.uk/docs/research/WEJW2/Report_-_Kenya.pdf

à grande, moyenne et petite échelle. Les principaux fournisseurs du marché sont Best Pumps, Falcon Pumps, Sam Turbo Industry, Sulzer, Jyoti, Shakti Pumps, WPIL, C.R.I. Pumps, Kirloskar, KSB etc.

Sur la demande totale de pompes d'approvisionnement en eau, le secteur agricole représente **35 % de la demande totale**, tandis que la demande du segment de l'approvisionnement en eau domestique est de 18 %.[45]

ii. Tendance du marché

Compte tenu des besoins croissants en eau potable et en eau d'irrigation en Inde, les pompes submersibles ont un bon potentiel commercial dans le secteur public et dans le secteur de l'habitat rural (potable et irrigation). Les engagements de l'Inde dans une expansion massive de l'habitat et de l'irrigation ont conduit à une demande croissante pour le produit.

Le marché des pompes à eau en Inde devrait atteindre 3,8 milliards de dollars d'ici 2022 et devrait croître à un taux de croissance annuel moyen de 13 %.

Il y a une demande régulière de nouvelles pompes et de remplacement de pompes. Les gammes de produits allant de 5 à 30 CV avec des pompes à flux axial et mixte diversifient l'offre, à laquelle s'ajoute un marché déjà en plein essor : Les pays de l'Asie du Sud et l'Afrique.

iii. Cas d'étude en Inde : Le cluster de l'industrie des pompes à Coimbatore en Inde

Coimbatore, située dans l'État du Tamil Nadu, est un important pôle industriel en Inde. Le lancement de la fabrication de pompes à Coimbatore a débuté en 1930 et des moteurs électriques en 1937, Coimbatore est devenu un important pôle de fabrication de monoblocs, de pompes domestiques, puis de pompes submersibles. Elle représente 40%[46] de la production des pompes en Inde.

A fur et à mesure, tout un écosystème s'est développé grâce aux zones industrielles, comme celles de la Small Industries Development Corporation (SIDCO) ou encore les sociétés de promotion des industries d'État du Tamilnadu Ltd (SIPCOT). Tout un écosystème à intérêt partagé a vu le jour, et le produit motopompe bénéficie de tous les avantages fournis par l'écosystème.

[45] http://www.phdmsme.in/uploaded_files/project_report/1536212840_814.pdf
[46] http://sameeeksha.org/index.php?option=com_content&view=article&id=189&Itemid=499

Figure 33 : Ecosystème industriel à Coimbatore et exemple de l'industrie Shakti pumping hébergeant l'intégralité de la chaine de valeur (assemblage des pompes à gauche, assemblage variateur de vitesse de la pompe à droite)[47]

Au sein de cet écosystème, on compte plus de 600 petites et moyenne unités de fabrication de pompes et 400 unités de support auxiliaire[48].

- Chaine de valeur : Production de la pompe à Coimbatore

Les pièces moulées sont achetées localement dans les fonderies et les autres matières premières sont achetées auprès des fabricants de composants connexes. La segmentation des acteurs de la chaine de valeur de la pompe montre la grande contribution des micros et petites entreprises.

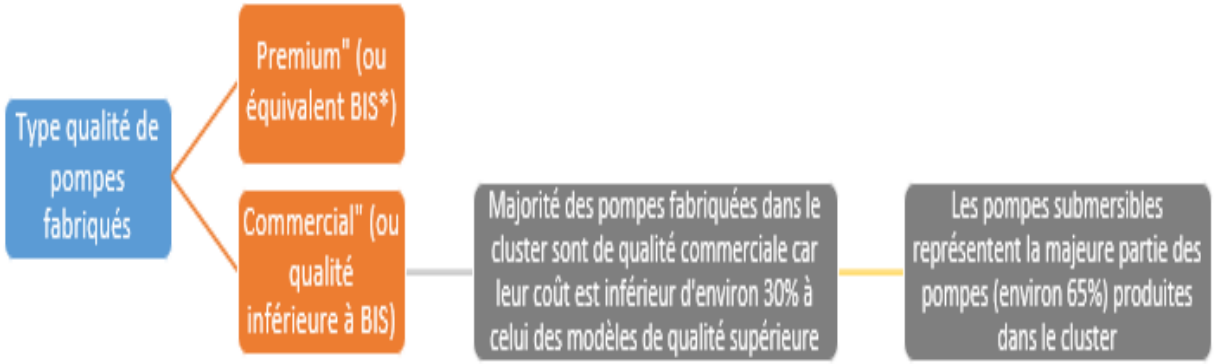
[47] https://www.shaktipumps.com/infrastructure.php
[48] http://sameeeksha.org/index.php?option=com_content&view=article&id=189&Itemid=499

Tableau 15 : Segmentation du profil cluster de l'industrie des pompes

Segment	Capacité de production (Pompes/jour)	Nombre d'unités de fabrication	Cumul de production journalier
Micro et petites entreprises (artisanal)	5 – 10	500	2 500 – 5 000
Moyennes entreprises	100 – 200	85	8 500 – 17 000
Grandes entreprises	1 500 – 2 000	15	22 500 – 30 000

La production de groupes motopompes du groupe est estimée à 35 000 par jour (environ 10,5 millions de groupes motopompes par an).[49] Les fabricants de groupes de pompage emploient près de 7 000 salariés directs. Le chiffre d'affaires annuel des unités de fabrication de groupes motopompes du groupe est estimé à près de 5 000 milliards de roupies, dont seulement 1 à 2 % correspondent à des exportations.

Les fabricants du groupe de Coimbatore produisent des jeux de pompes de deux niveaux de qualité différents : "Premium" (ou équivalent BIS) et "Commercial" (ou qualité inférieure à BIS). Voir figure ci-dessous.



*BIS: National Standard Body of India

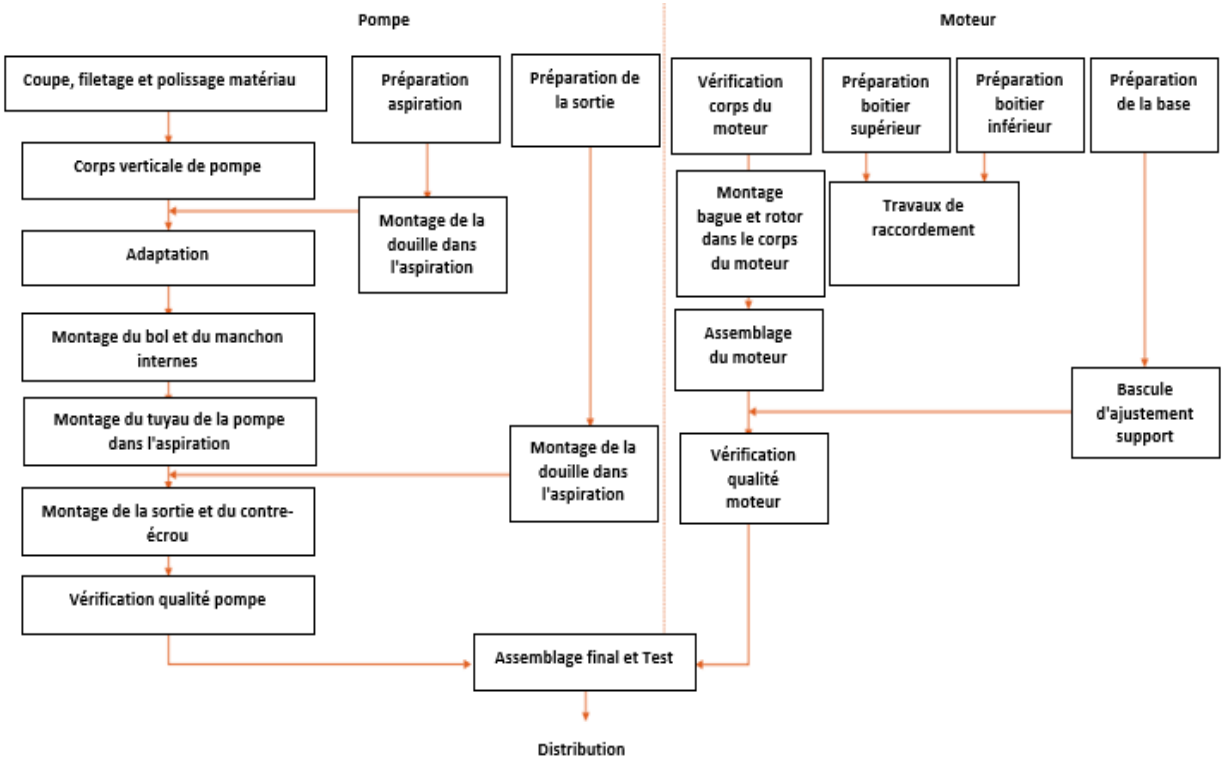
En effet, vu le profil de production manuelle et semi-industrielle, ce sont les pompes polyvalentes qui sont produites en grande quantité, mais dont les marges bénéficiaires sont faibles. Il y a relativement peu de fabricants dans le cluster qui produisent des pompes spécialisées (premium) telles que les pompes à volute en béton (pour les applications hydroélectriques), les pompes de drainage, les pompes d'égout, les pompes centrifuges à carter divisé et les pompes à turbine verticale ; elles sont fabriquées en faible volume mais ont des marges bénéficiaires plus élevées.

Du côté organisationnel, la vision du cluster de la zone qui héberge ces industriels est évolutive, ce qui a permis de créer rapidement cet écosystème. Démarrer la production des pompes avec l'intégration des petits professionnels était le point saillant du développement de l'industrie.

Du côté technique, La fabrication d'une pompe englobe un large éventail de processus, notamment le moulage, le grenaillage, l'usinage, le forage, le chargement, le bobinage, l'assemblage, les tests, la peinture,

[49] La source de l'information :
http://www.sameeeksha.org/pdf/clusterprofile/CoimbatorePumpsetReport.pdf

l'emballage et l'expédition. Un diagramme simplifié du processus d'un groupe motopompe typique est présenté sur la figure ci-après.



Machining conventionnel

Presse hydraulique

Compresseur d'air à pistons

Figure 34 : Process de fabrication des pompes en Inde principalement de l'assemblage avec images de quelques équipements utilisés

À chaque étape, les industries de production utilisent soit des installations internes, soit des sous-traitants. Les grands et moyens fabricants se chargent de la fabrication des composants ainsi que des moteurs. Les petits et micro-fabricants réalisent la plupart du temps des travaux en sous-traitance.

Il est important de noter que, contrairement à d'autres industries de transformation (telles que l'industrie chimique, l'industrie alimentaire, l'industrie métallurgique), la fabrication de pompes n'a pas d'installation type, de spécification d'agencement, de capacité, de produit, de gamme de produits, etc. Les différents sous-traitants de l'industrie (généralement Micro et petites entreprises) sont tous aussi importants dans le processus de fabrication des pompes que les grands industriels, et cette liberté dans les standards de production laisse évoluer le secteur.

- Développement du cluster

Le cadre de la politique du gouvernement indien pour la promotion des petites et moyennes industries a permis de booster la production de la région. Il existe plusieurs associations industrielles dans le cluster des pompes de Coimbatore. Les principales associations industrielles, liées à l'industrie des groupes de pompage fournissent le soutien et l'assistance pour le développement du domaine.

Tableau 16 : Principales associations de développement et de soutien de l'industrie des pompes à Coimbatore

Association	Particularité	Principale activité et contribution au développement
Southern India Engineering Manufacturers' Association (SIEMA)	Seule association de Coimbatore enregistrée sous la loi sur les sociétés en 1 952. La plupart des membres sont engagés dans la fabrication de moteurs électriques, de pompes monoblocs et de pompes submersibles	La SIEMA est le principal promoteur de deux organisations : le Scientific and Industrial Testing and Research Centre (SiTarc, un laboratoire accrédité par le NABL (National Accreditation Board for Testing and Calibration) pour les essais et l'étalonnage des aspects électriques, mécaniques et chimiques) et la Coimbatore Industrial Infrastructure Association (COINDIA).
Coimbatore District Small Industries Association	Créée en 1969, l'association des petites industries du district de Coimbatore (CODISSIA) compte parmi ses membres des industries diversifiées, dont des fonderies	L'association dispose d'un complexe d'exposition permanent et a été l'un des promoteurs du SiTarc avec la SIEMA.
The Institute of Indian Foundrymen, Coimbatore Chapter	La direction de Coimbatore de l'Institute of Indian Foundrymen (IIF) est l'une des sections les plus dynamiques de la région Sud	L'institut dispose de son propre bureau et de ses propres installations de conférence.
District Industries Centre	Il existe une succursale de l'Institut de développement des MPME (DI), Chennai, à Coimbatore.	Le District Industries Centre (DIC), Coimbatore, offre des incitations aux MPME*, telles que des subventions pour les investissements en capital, des bonifications d'intérêts, du capital-risque, des certifications de qualité, des audits énergétiques et de l'eau, etc. subventions d'investissement, de bonification

		d'intérêts, de capital-risque, de certification de la qualité, d'audits de l'énergie et de l'eau, etc.

**Micro, petites et moyennes entreprises*

Toutes ces initiatives et bien d'autres, s'intègrent dans le cadre de plusieurs projets du gouvernement, notamment le programme d'amélioration de l'infrastructure industrielle (IIUS). Un projet intitulé COINDIA, est une entité SPV (Special Purpose Vehicle). Le projet, d'un coût d'environ 60 millions d'euros, a été mis en œuvre pour la croissance et l'amélioration de la compétitivité et de la capacité d'exportation des fabricants de pompes, de moteurs et de pièces moulées dans le cluster de Coimbatore[50].

Enfin, la nouvelle politique industrielle de l'état de Tamil Nadu où se trouve la ville de Coimbatore a été revue cette année afin de suivre l'actualité et renforcer le système de soutien, affaibli par l'impact de la pandémie[51].

4. Structures PV

a. Structure de modules à l'international :

Les systèmes de montage solaire font partie intégrante de l'activité d'installation solaire. A l'échelle mondiale, il existe de nombreux leaders fabricants et grossistes de systèmes de montage solaire, notamment, Adiwatt, Schletter, K2, Xiamen …etc. Les prix des structures diffèrent selon le type et le matériau utilisé lors de la fabrication, ils peuvent varier entre 0.03 $/W et 0.13 $/W.

Figure 35 : Modèles de structures fréquent en agriculture : Sur toit et sur Sol

[50] http://sameeeksha.org/pdf/clusterprofile/CoimbatorePumpsetReport.pdf
[51] https://www.indembassybern.gov.in/docs/1617966871Tamil_Nadu_Industrial_Policy_2021.pdf

AdiWatt est une société industrielle internationale entièrement dédiée à l'énergie renouvelable photovoltaïque avec deux usines de production en France et en Espagne. Spécialiste dans la transformation de l'acier, elle conçoit, fabrique et réalise des installations PV en Europe, Afrique et Moyen Orient à travers le monde. Elle a déjà fabriqué plus d'1GW de structure photovoltaïque et couvert 1,6 million de mètre carrés à travers le monde.

Le groupe Allemand **Schletter** est l'un des principaux fabricants de systèmes de montage solaire dans le monde. Il développe et fabrique des solutions de montage composées d'aluminium et d'acier pour des parcs solaires, des toitures plates, des toitures inclinées et des ombrières solaires. Plus de 40 GW est installé aves des systèmes Scheltter partout dans le monde.

Xiamen Grace Solar Technology, leader chinois dans la fabrication et la vente de solutions de systèmes de montage photovoltaïques fiables et économiques, est un exportateur de produits photovoltaïques pour plus de 100 pays et région du monde entier.

b. A L'échelle nationale

Au niveau national, le Maroc a développé de grandes industries de métallurgie et transformation de métaux, ainsi qu'un fort savoir-faire technique dans ce domaine, ce qui lui offre une grande opportunité de fabrication locale des structures de montage.

Enfin, en termes de potentiel de marché (attractivité) et de faisabilité, les supports de modules photovoltaïques constituent des opportunités de court terme importantes où ils peuvent être totalement produites par les industries marocaines. Ainsi, selon une étude menée par l'institut Fraunhofer (*Fraunhofer ISE, 2012*), il se dégage une vision positive de la fabrication locale des structures de montage.

En outre, plusieurs pays, comme la Tunisie, développent les structures des modules photovoltaïques en tant que filière intégrée au sein des industries de métallurgie ou de travaux de bâtiments.

V. Benchmark national en matière de développement industriel, d'écosystèmes, et de production de composants de pompage solaire

Le secteur industriel au Maroc est un secteur stratégique pour l'économie marocaine, depuis le lancement de son plan d'accélération industrielle, le Maroc ambitionna d'intégrer tout secteur à forte valeur ajoutée tels que le secteur des énergies renouvelables, notamment le photovoltaïque. Ainsi dans le cadre du développement industriel, l'évolution d'une industrie solaire est fondée sur des orientations se donnant des objectifs à atteindre à moyen et long terme. Pour atteindre ces objectifs, les pouvoirs publics doivent impérativement étudier le volet stratégique, les systèmes d'incitations industrielles relatifs au secteur solaire et leur politique d'intervention directe de façon à agir sur l'environnement économique de ce dernier. Ainsi ils doivent établir des études approfondies sur la faisabilité technique et le savoir-faire

national en matière de production de composantes solaires.

1. Stratégies industrielles : Fondement d'un développement industriel sain

a. Origine de la problématique

Dans une logique de développement sain d'une économie, le marché financier est censé se situer entre l'investissement et l'épargne.

Normalement, les objectifs de lutte contre les changements climatiques et les économies en ressources sont aboutis grâce aux épargnes. L'investissement dans l'infrastructure, la technologie, l'adaptation de demain et le capital humain deviennent possible à long terme. Or, dans les pays en développement, cette stratégie se heurte à la réalité des marchés financiers qui ne s'inquiètent pas de ce qui se passera à court terme. Le système économique à court terme tente alors d'arbitrer entre l'investissement à long terme et les besoins d'épargne à long terme.

C'est là qu'intervient la nécessité de concevoir des politiques industrielles bien fondées pour mieux anticiper ce besoin en investissement. Une politique industrielle est plus large qu'une simple industrialisation manufacturière, il s'agit de toute politique menée par les pouvoirs publics qui a des incidences sur la composition sectorielle, sur les choix technologiques ou sur l'orientation de l'innovation. Il peut s'agir de politiques énergétiques, de secteurs, de services modernes mais aussi de nombreux autres aspects qui favorisent toute une série d'activités et de technologies et qui orientent les allocations de ressources et les mécanismes de prix, que ce soit par contrôle direct ou axé sur les transactions commerciales (export/import).

b. Retour sur le cas du Maroc

La politique industrielle au Maroc est passée de plusieurs phases depuis les années 60[52]. En résumé (voir figure 34), trois périodes caractérisent ce qu'est devenue la structure industrielle d'aujourd'hui : La première période de substitution aux importations qui avait permis de dresser les bases de l'industrie marocaine, puis la période de reconnaissance sur le marché mondial, durant laquelle le Maroc a su se reconnaitre comme force d'exportation de produits essentiels, malgré leurs faibles valeurs ajoutées. Et enfin, la troisième période où le Maroc a assimilé la nécessité de s'ouvrir sur les métiers mondiaux et de tenir sa place sur le champ africain et méditerranéen.

[52] https://www.policycenter.ma/publications/la-strat%C3%A9gie-industrielle-2014-2020-du-maroc-et-ses-implications-potentielles-sur-le

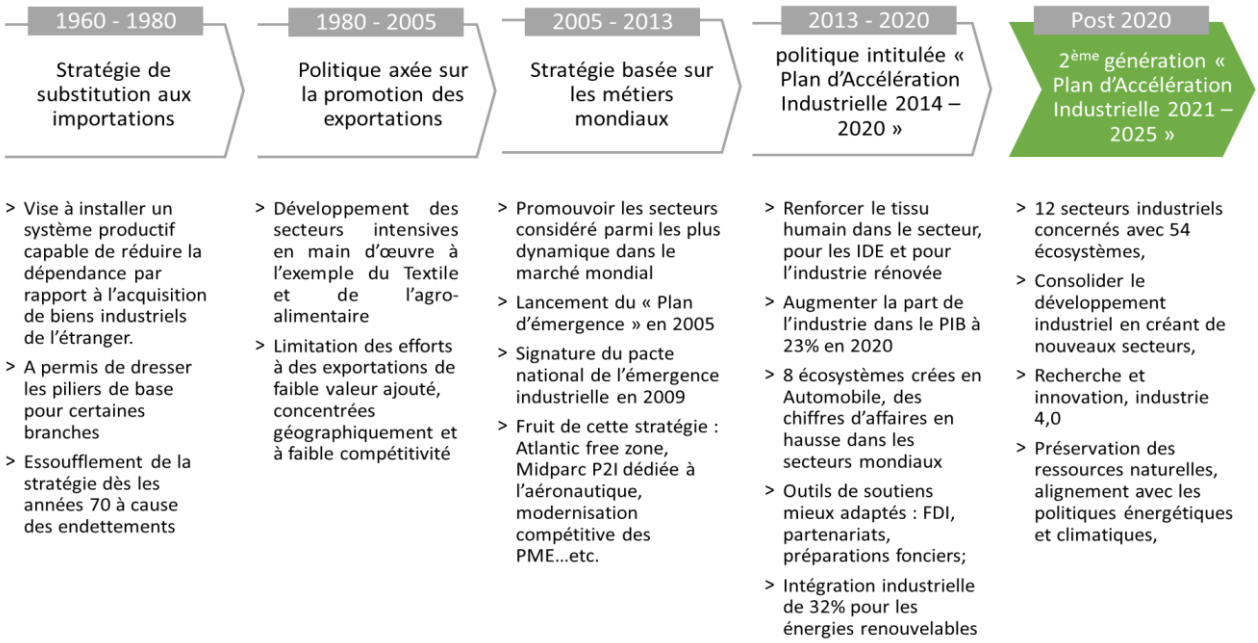


Figure 36 : Retour sur la politique industrielle du Maroc à travers les années (Adapté par ACS)

Cette évolution dans la politique et ce travail continu vers l'amélioration de l'offre et l'ouverture sur les opportunités mondiales a donné ses fruits, la preuve avec cette mutation dans la structure des exportations, qui se caractérise par une diversification des produits, affichant **un indice de 237**. Malgré cela, on remarque un faible indice de concentration (inférieur à 2), chose qui prouve que le Maroc cherche encore à se démarquer par une industrie spécialisée dans la cour des métiers mondiaux.

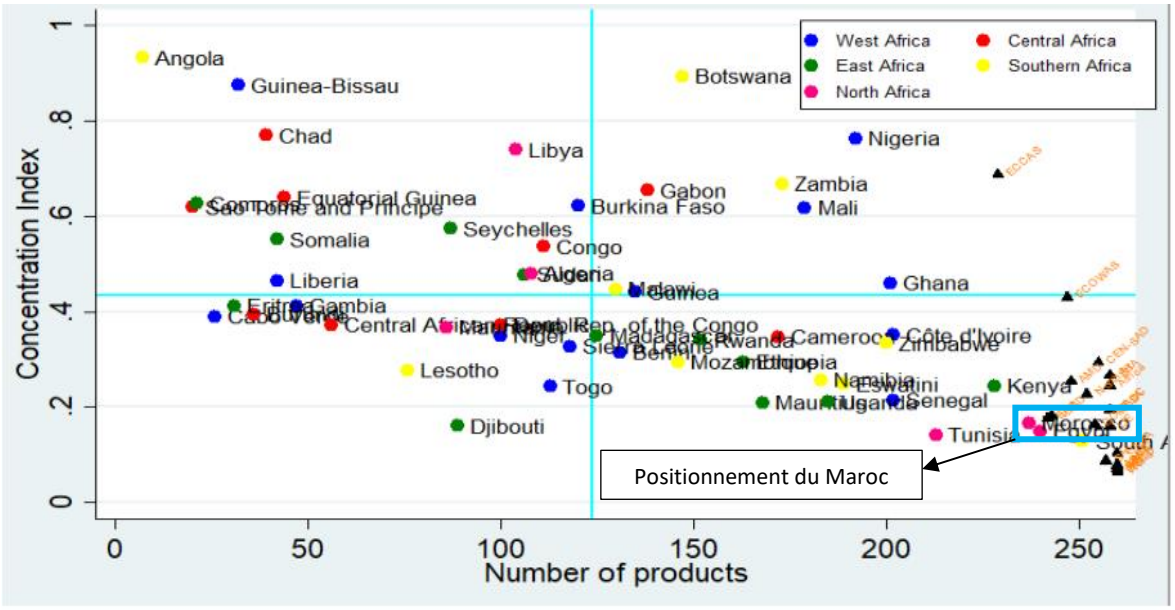


Figure 37 : Diversité et concentration des exportations pour les pays de l'Afrique : Positionnement du Maroc[53] (données 2019)

Cette diversification a été davantage amplifiée lors de la nouvelle ère des industries de l'automobile, l'électronique, l'électrique et l'aéronautique. La stratégie adoptée fait néanmoins **face à la grande**

[53] https://au.int/sites/default/files/newsevents/workingdocuments/35970-wd1.1.paper_stc_transformation_productive_fre_0.pdf

dépendance aux produits énergétiques et des intrants des écosystèmes industriels en évolution.

Explication : *Les pays en voie d'industrialisation comme le Maroc cherchent à éviter la spécialisation sur les seules grandes différences (à savoir les produits de base tel que le pétrole, le phosphate, produits alimentaires brutes) et la dépendance aux exportations de matières premières ou de produits de base. Pour accroître le pouvoir d'achat des exportations (PAX)[54], il est nécessaire de faire évoluer sa spécialisation, notamment dans l'industrie, pour produire des marchandises à plus forte valeur ajoutée, faisant ainsi entrer le pays dans la course aux échanges industriels de petites différences.*

Ainsi, le soutien de la stratégie énergétique du Maroc depuis 2009 a permis à la composante renouvelable de se démarquer comme pilier de l'approvisionnement en énergie du pays. D'après les statistiques de l'Office des changes, les importations en produits énergétiques ont connu une baisse depuis 2019. La chute dans les importations énergétiques est sentie en 2020 avec une baisse de 36,4% par rapport à 2019, notamment à la suite d'un repli des prix et à la nouvelle dynamique de l'énergie électrique qui a permis au Maroc de combler ses besoins internes et de devenir exportateur d'électricité.[55]

Les projets solaires sont décidément les plus rentables. Pour le cas de l'agriculture, la substitution totale du butane demeure désormais une question de temps. Cette demande ascendante diminuera la taille des importations en énergie fossile certes, mais laissera la place à l'importation des équipements solaires, chose qui impacte indirectement la stratégie industrielle qui vise la substitution à l'importation. Cette dernière qui a réorganisé l'industrie autour de 12 secteurs et 54 écosystèmes n'intègre pas clairement l'industrie solaire comme objectif phare de la mission et laisse l'évolution du marché solaire tributaire des industries internationales.

Pour les intrants des industries, le Maroc a reçu les chocs extérieurs d'approvisionnement, dus à la situation de crise du COVID19[56]. De nombreux secteurs sont en effet très dépendants d'intrants venant d'Europe ou d'Asie ce qui devrait inciter le Maroc à basculer vers la politique de l'import-substitution.

En conclusion, c'est le besoin d'une autonomie énergétique plutôt qu'industriel qui anime indirectement les ambitions du développement industriel solaire. Pour concrétiser l'ambition industrielle, les intrants de l'énergie renouvelable doivent être intégrés à la feuille de route de l'industrie, sans oublier de renforcer sa place dans les objectifs de l'énergie.

[54] Le PAX se calcule en multipliant les volumes de biens et services exportés par les termes de l'échange nets (prix des exportations sur prix des importations). En augmentant les volumes de produits industriels, le PAX augmente, surtout si le prix relatif de ces exportations progresse plus que le prix des importations.

[55] https://www.oc.gov.ma/sites/default/files/2021-07/Rapport%20BC%202020_version%20finale_0.pdf

[56] https://www.tresor.economie.gouv.fr/Pays/MA/profil-du-commerce-exterieur-du-maroc

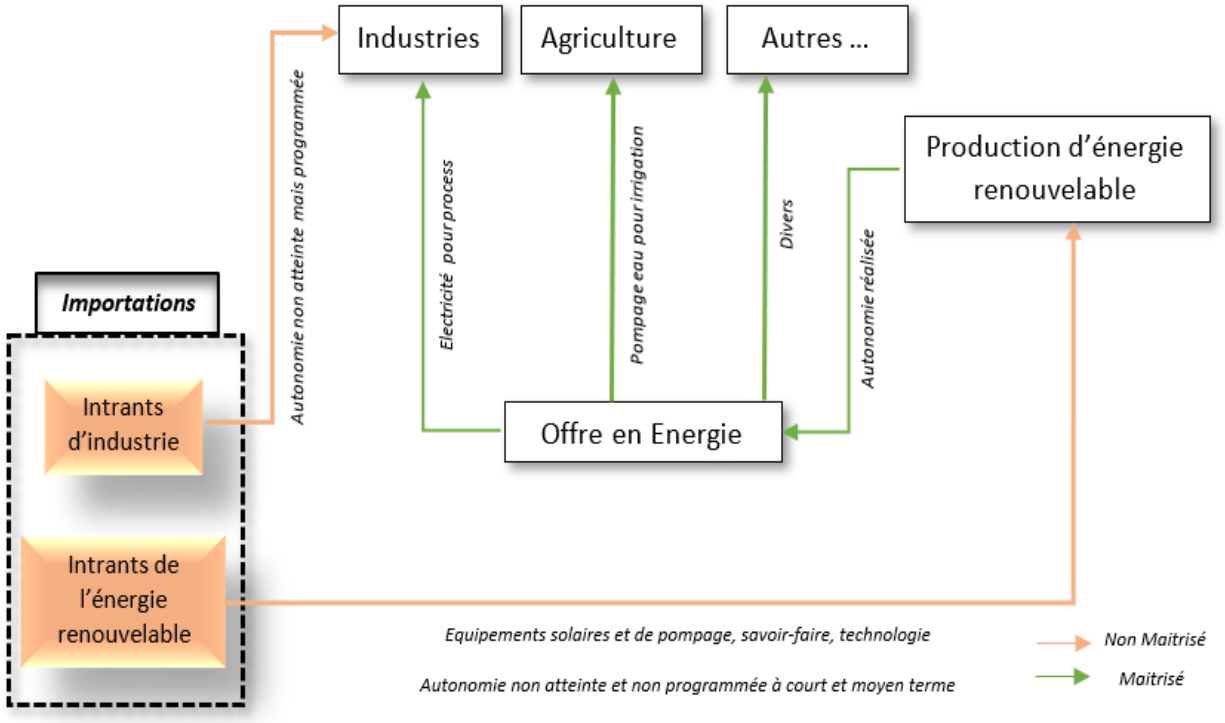


Figure 38 : Visionnement de la réalité de l'industrialisation du solaire au Maroc

Avec plusieurs initiatives de renforcer la dimension industrielle dans le processus de transition énergétique, le Maroc peut sécuriser les résultats prévus de sa stratégie, notamment avec des conventions, des partenariats mettant à disposition les ressources des différentes autorités. On cite la convention entre le ministère de l'Énergie et le ministère d'industrie, qui a pour objectif l'intégration industrielle des ER. Ou encore la nouvelle actualité de la marque d'investissement et d'export « MOROCCO NOW », lancée lors de l'EXPO 2020 à Dubai, qui a pour objectif de créer une industrie durable, compétitive et flexible en capitalisant sur les atouts déjà offerts et les prochaines étapes de restructuration à la lumière des tendances mondiales en matière d'intégration des ER et la voie vers la décarbonisation.

2. Opportunité géo- politique et climat d'affaires Maroc-Afrique

a. La coopération entre le Maroc et ses partenaires africains

Les relations économiques entre le Maroc et les pays africains sont régis par un cadre juridique de plus de 500 accords de coopération et se distinguent par une **implication du secteur privé** dans les différentes initiatives gouvernementales en direction du continent.[57] En général, deux types d'accords encadrent le climat des affaires Maroc-Afrique, les accords bilatéraux et les accords à caractère régional :

- *Accords bilatéraux* : Le Maroc a signé un ensemble d'accords bilatéraux avec des pays d'Afrique subsaharienne **portant sur le volet commercial et sur l'investissement**. Ces derniers prennent la forme d'accords commerciaux, d'accords de promotion et de protection des investissements (APPI), d'accords de non double imposition ou de

[57] https://www.finances.gov.ma/Publication/depf/2014/Relations%20Maroc-Afrique%20%20L'ambition%20d'une%20nouvelle%20fronti%C3%A8re%20actualisation%20juillet%202015%20(2).pdf

convention d'établissement. Les formes de ces accords bilatéraux sont décrites dans le schéma suivant :

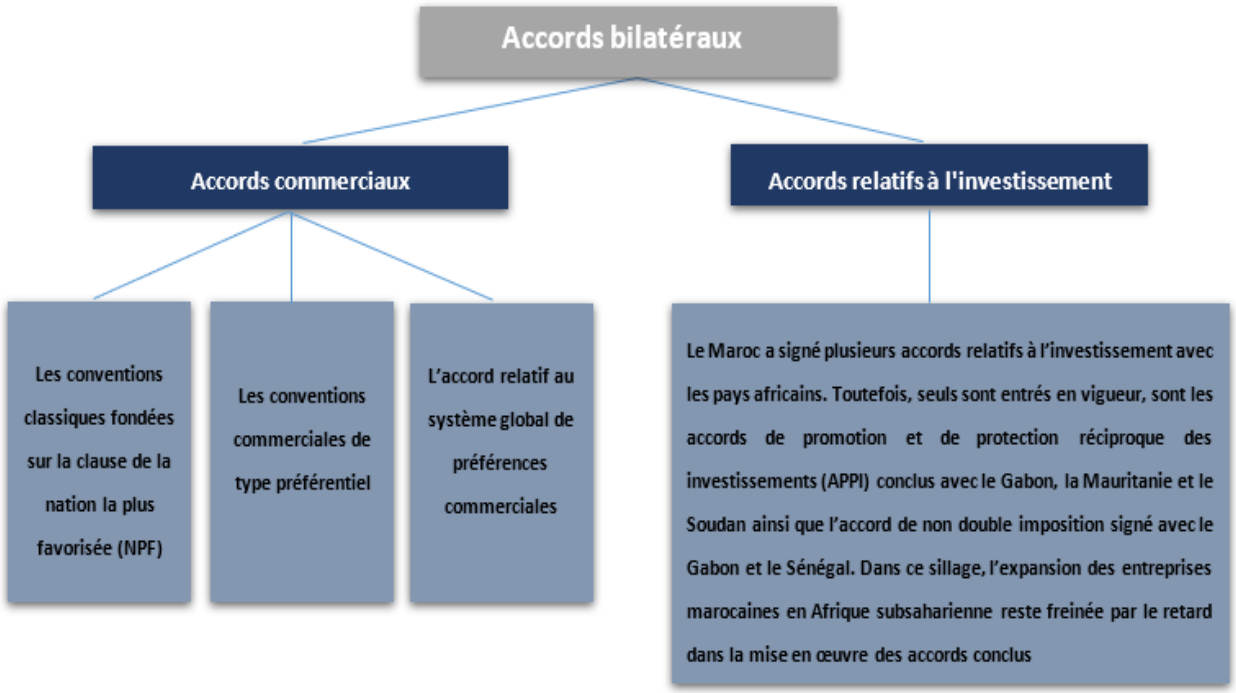


Figure 39 : Types d'accords fréquents existants entre le Maroc et les pays de l'Afrique

Il apparait donc important d'activer réellement les accords d'investissement signés. Un exemple est celui des accords avec :

- Le Mali 2014 à 2016, notamment avec le protocole de coopération industrielle. En plus, les machines et équipements électriques sont les premiers produits exportés par le Maroc au Mali, ils représentent un échange de plus de 20 millions de dollars, en 2019. Une vision exhaustive de ces exportations est présentée dans la figure suivante :

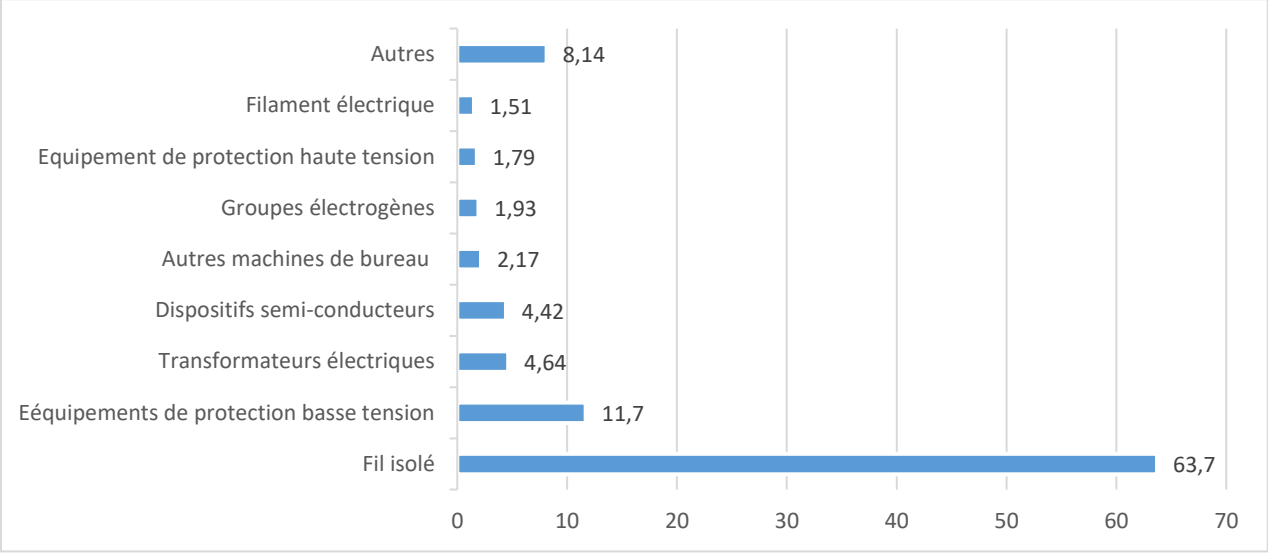


Figure 40 : Exportations du Maroc vers le Mali en % par rapport au total de 20 M de dollars (2019)

- Le Congo (en 2018, avec 10 accords dont 1 accord relatif au développement de la coopération entre les deux pays dans les domaines de l'électricité (échange d'expériences, assistance technique pour le montage de projets électriques pour l'électrification en milieu rural, organisation de stages et de cycle de formation, encouragement des investisseurs privés pour la réalisation de projets de production électrique à partir des énergies renouvelables et efficacité énergétique).

- *Accords à caractère régional* : Dans le cadre du renforcement des relations avec les pays de l'Afrique subsaharienne, le Maroc s'est orienté vers la conclusion d'accords à caractère régionaux et globaux. Ces accords concernent aussi bien le commerce que l'investissement.

Un exemple de l'accord avec l'Union Économique et Monétaire de l'Afrique de l'Ouest (UEMOA), qui prévoit notamment des exonérations totales ou des réductions de droit de douane et taxes pour certains produits, pouvant atteindre jusqu'à 50%. Certains sont encore en cours de négociation et sont susceptibles de débloquer un grand potentiel d'échange sud-sud pour positionner le Maroc comme hub industriel, l'exemple avec les coopérations libre-échange avec l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO[58]) et l'Afrique centrale (CEMAC[59]).

Cependant, il faut anticiper le frein de développement des relations d'échange avec l'Afrique subsaharienne. Les coûts de transport, malgré la proximité géographique par rapport à d'autres concurrents tel que la Chine, sont des plus élevés[60]. Il devient donc urgent de renforcer l'infrastructure de transport et de connexions afin de libérer ce potentiel et tenir cette opportunité pour la prolifération des produits marocains dans le continent, plus précisément celles des composantes du solaire, de l'électrique et de l'irrigation.

[58] Communauté économique des Etats de l'Afrique de l'Ouest
[59] Communauté économique et monétaire des États de l'Afrique centrale
[60] https://www.policycenter.ma/publications/relations-entre-le-maroc-et-l%E2%80%99afrique-subsaharienne-quels-potentiels-pour-le-commerce

b. Opportunité d'échange Maroc - Afrique

i. Masse de l'export du Maroc vers l'Afrique

D'un point de vue stratégique, l'Afrique subsaharienne est composée de quatre principales régions (Figure 39) :

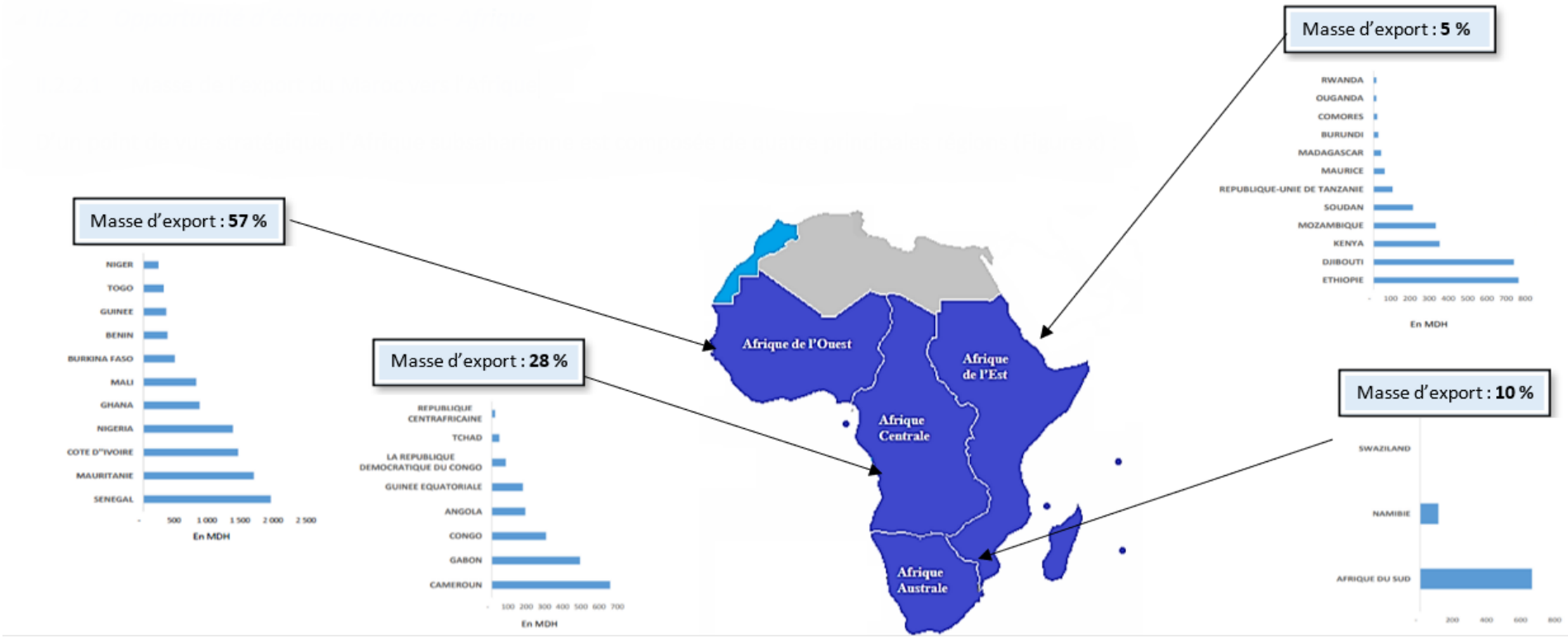


Figure 41: Régions de l'Afrique subsaharienne avec la masse d'export du Maroc vers ces régions à partie de 2016 (Adapté par ACS)

Pour les exportations marocaines vers l'Afrique subsaharienne, elles sont dominées principalement par les produits chimiques (26%) et les produits agroalimentaires (23%). L'énergie (20%) vient en troisième place suivie des produits métallurgiques et mécaniques (14,5%). Voir structure des importations en Annex 1.

Une grande part de ces produits est destinée à l'Afrique de l'Ouest (57%) et l'Afrique centrale (28%). Le reste est partagé entre l'Afrique australe (10%) et l'Afrique de l'Est (5%).[61] Cela nous permet d'avoir une vision anticipative du potentiel à débloquer dans le cas de l'industrie solaire, compte tenu de la masse des exportations.

Plus précisément et du côté du Maroc, les exportations en industrie ont connu une mutation à travers les années, mettant en avant les produits à haute valeur ajoutée. Bien que le secteur d'agriculture soit le plus producteur, les statistiques révèlent une tendance haussière des **exportations des industries mécaniques, métalliques et électriques**, en particulier à partir de 2009, dans la mesure où elles ont enregistré une hausse de 43% en 2010, soit 40% des exportations industrielles globales (voir figure).

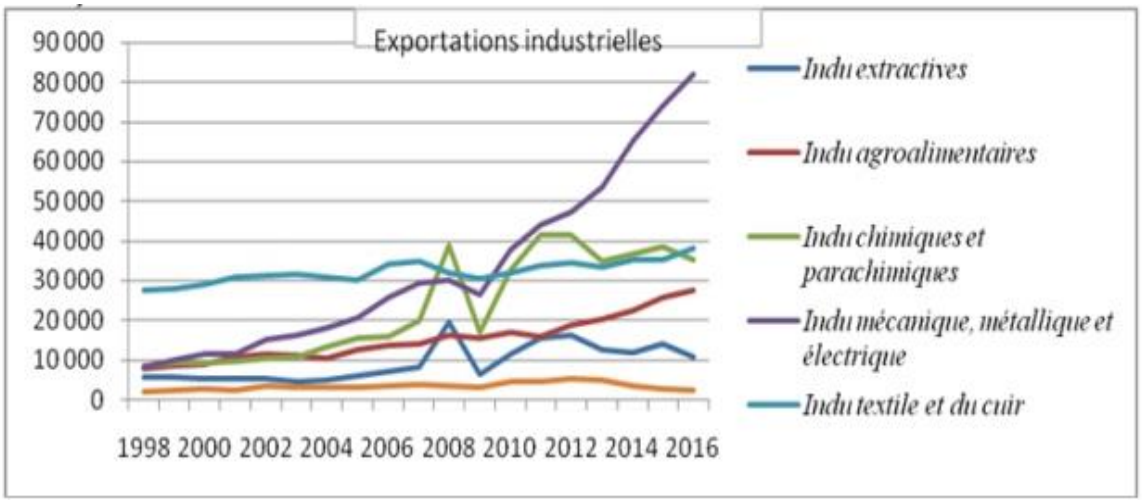


Figure 42 : Evolution des exportations (Afrique et hors Afrique) : Tendance en hausse de l'industrie métallique et électrique[62]

En effet, la tendance est toujours à la hausse, et prouve encore une fois la vision déjà prise par l'industrie marocaine. Le plan solaire avec sa composante d'intégration industrielle ne fait que maintenir cette opportunité déjà disponible, reste seulement à tracer une feuille de route réalisable qui montre clairement les étapes d'assimilation de la chaine de valeur de production à la filière du solaire en général, et celle du solaire pour l'agriculture en particulier.

[61] https://libreentreprise.ma/flash/maroc-afrique-subsaharienne-les-enjeux-logistiques-maritimes/
[62] Source HCP

Figure 43 : Schéma mettant en évidence le plan solaire avec l'agriculture comme sous-composante bénéficiant de l'intégration industrielle via les panneaux, le matériel électrique solaire et les pompes à eau

Par la suite, ce potentiel géopolitique et commercial sera combiné à celui de l'irrigation afin d'évaluer un éventuel positionnement de l'industrie marocaine du solaire et du pompage en Afrique.

c. Opportunités d'investissement du Maroc en Afrique

i. Part des investissements dans l'industrie en Afrique

Le Maroc possède les opportunités et les moyens d'investir dans plusieurs secteurs, en approchant toujours sa stratégie de diversification de produits, on cite : l'agriculture (irrigation, engrais, agro-industrie), les matières premières (mines et industries liées), l'eau et l'électricité, les télécoms (mobile, internet), le BTP, l'éducation (formation professionnelle technique et ingénierie), et bien sur l'industrie, dans tout ce qui s'oriente vers les métiers déjà maitrisés et les métiers mondiaux (textile, biens de consommation courants, agri business, câbles, métaux et autres…).

Les investissements directs marocains (IDM) en Afrique ont réalisé un saut fulgurant lors des dix dernières années. On note ainsi un taux d'accroissement annuel moyen de 8,3% sur la période 2009-2019[57].

Les données disponibles démontrent que l'Afrique détient plus de la moitié des investissements marocains directs à l'étranger. Le Maroc est conscient de cette opportunité ce qui lui a permis d'étendre sa présence à l'échelle africaine tout au long de cette période.[63]

[63] https://aujourdhui.ma/economie/le-maroc-un-investisseur-de-taille-en-afrique

En effet, les investissements marocains sont aujourd'hui injectés dans près de 30 pays en 2019 contre 9 en 2009. 55,5% de ces flux sont répartis sur trois pays de l'Afrique, principalement en Afrique de l'Ouest : En 2019, le Côte d'Ivoire a attiré 21,4% de ces investissements, le Tchad 19,8%, suivi du Sénégal avec une part de 14,7%.

Du côté de l'Afrique du Nord, c'est l'Égypte qui vient première en 2019 avec 3,7% du total des investissements marocains en Afrique sachant que le Maroc a réalisé un montant record d'investissements sur ce pays en 2017 représentant une part de 61,1%[57]. En outre, le potentiel d'irrigation le long du Nil en le combinant avec les futurs projets lancés dans les oasis du désert pour exploiter les aquifères fossiles est non négligeable, ce qui devrait faire de ce pays une destination attrayante pour l'industrie solaire marocaine.

Ci-dessous, une évolution de la part des IDM du Maroc en Afrique :

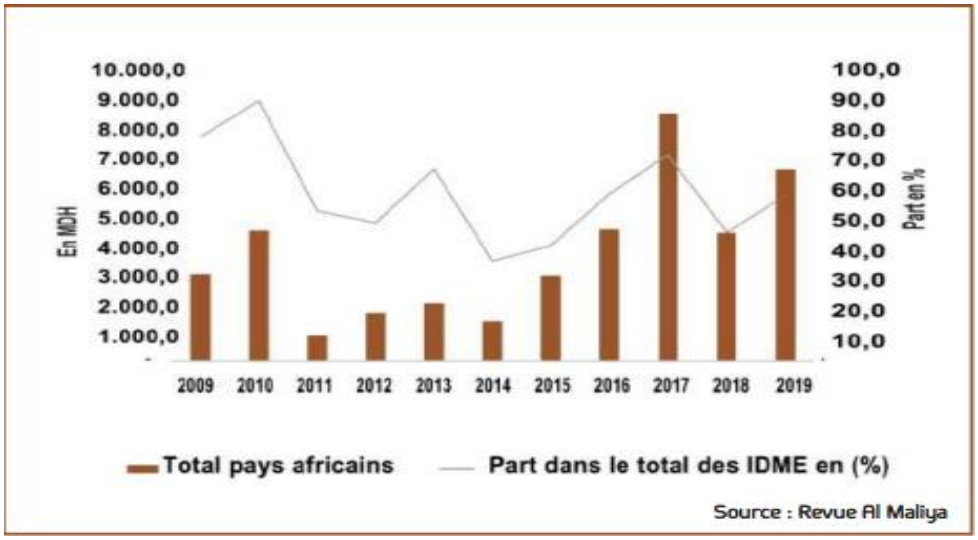


Figure 44: Evolution des investissements directs marocains en Afrique.

La majorité des grands groupes marocains se sont implantés dans plusieurs pays d'Afrique subsaharienne selon une politique de « champions nationaux » et ont développé des stratégies de développement diversifiées et ce, sous différentes formes de partenariats (prise de participations, création de filiale, apport d'expertise, représentation). Cette internationalisation des grands groupes marocains touche les secteurs d'activités clés de l'économie marocaine (banques, assurances, télécoms, BTP et Immobilier, TIC et média, mines, pharmaceutique, transport aérien), mais ce sont les secteurs bancaires et télécoms qui ont exploré en premier les opportunités de développement et de coopération économique avec les voisins africains.[64]

Une révélation est sûre, le trio **banques-télécoms-industrie** constitue le principal pôle d'activité des entreprises marocaines en Afrique. Ces trois secteurs ont capté en 2019 près de **74,1%** des investissements marocains injectés sur le continent. Ci-dessous la part de chaque secteur dans le total des investissements qui lui sont dédiés.

[64] file:///C:/Users/evotr/Downloads/19182-49320-1-PB.pdf

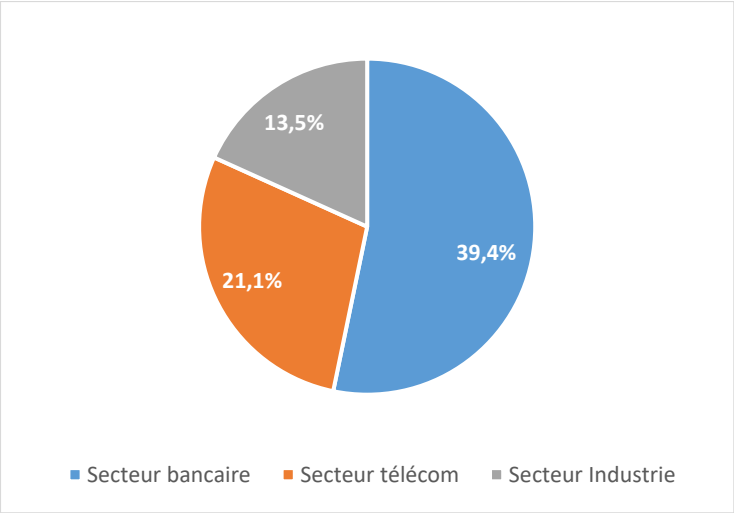


Figure 45 : Part des investissements du Maroc en Afrique dans les trois secteurs dominants

On remarque également que la part du secteur industriel s'est nettement améliorée sur les dix dernières années passant ainsi de 2,6% en 2009 à 13,5% en 2019.

ii. Injections des IDE marocains en Afrique subsaharienne : Jointure avec le potentiel en irrigation

Géographiquement, les investissements marocains demeurent concentrés en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale, deux régions connaissant un intérêt très contrasté de la part des firmes multinationales marocaines sachant que la première zone est fortement attirante alors que la deuxième provoque de plus en plus de réticence malgré les efforts.

De la même manière, la région de l'Afrique australe reste quasi-inexploitable par les entreprises marocaines au moment où elle est de plus en plus ciblée par les FMN (Firmes multinationales) étrangères. L'avancée économique et le manque d'offres attractives pour un pays en développement comme le Maroc, en est certainement la cause.

Le même constat s'affirme pour la région de l'Afrique de l'Est. A cet effet, le royaume devrait équilibrer sa concentration géographique en Afrique et exploiter de nouvelles pistes d'investissement, **vu que le potentiel de l'énergie solaire pour le pompage est maintenant évident dans la Région Est (notamment l'Éthiopie et Kenya) et la Région Ouest.** Une réorientation des investissements reste à prévoir dans ces régions.

A titre de comparaison, ci-dessous une cartographie de la concentration des IDE marocains en Afrique.

Pour les pays de la Méditerranée, La Tunisie reste le premier partenaire de la région MENA d'Afrique. La convergence des orientations stratégiques en matière de promotion des énergies renouvelables renforce ce statut.

Sur la côte Ouest du continent, le Maroc est fort présent avec plus de 50 activités cumulées dans la région. Sinon, le reste de la Zone reste un terrain à grand potentiel d'investissement notamment la côte Est où le marché d'irrigation solaire est prometteur.

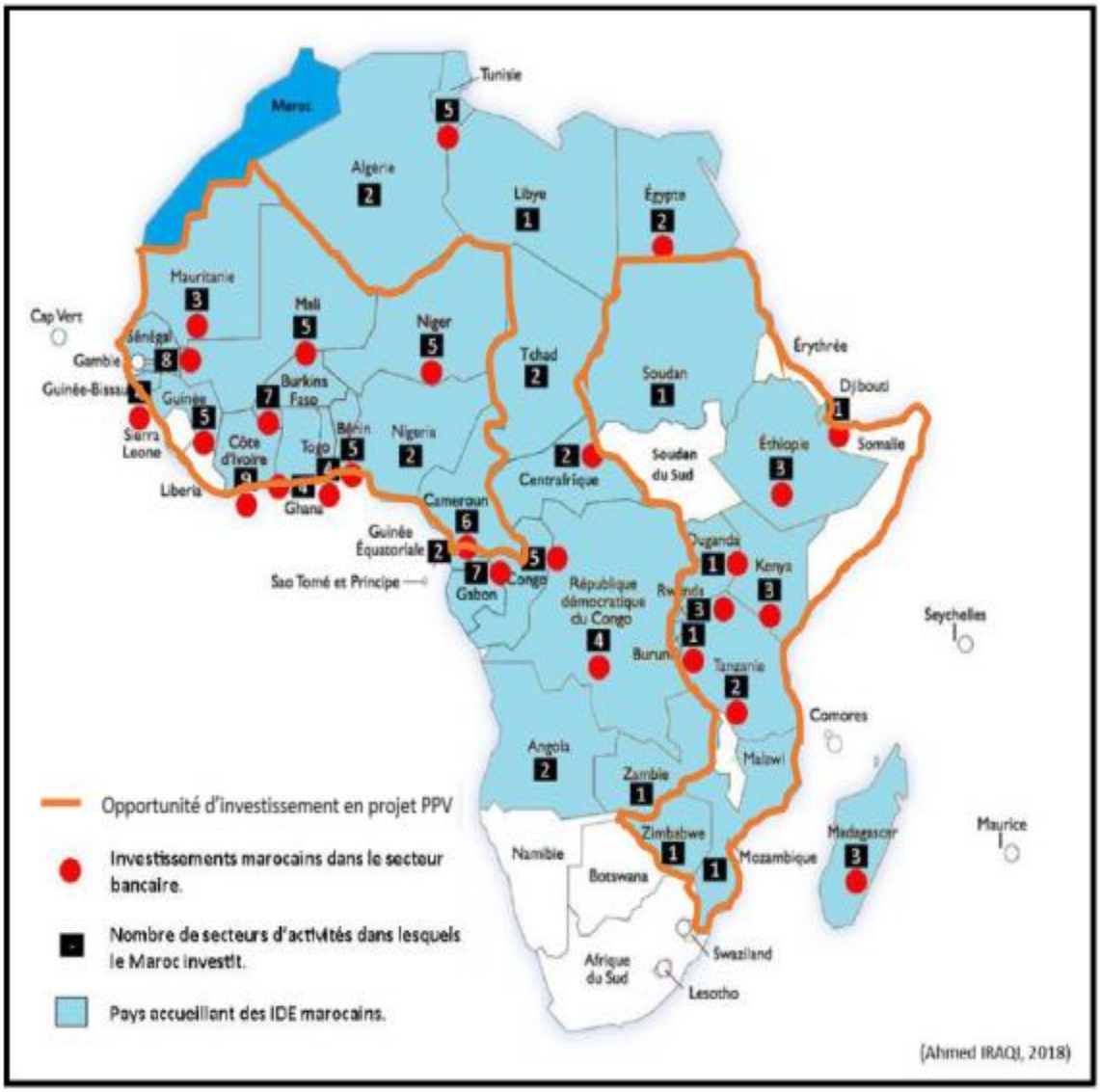


Figure 46: Cartographie globale des IDE marocains en Afrique-2018.[65]

Comme présente la carte, les régions d'Afrique de l'Ouest, centrale et de l'EST présentent les potentiels les plus élevés dans la région pour les marchés de PPV. Cela dû à la concentration des pays ayant de bonnes relations économiques avec le Maroc (Investissements dans le secteur bancaire, IDE marocains), notamment sur la côte Ouest du continent, où il est fort présent avec plus de 50 activités cumulées dans la région. Ainsi ces zones présentent un potentiel d'irrigation encourageant, à savoir la côte Est dont le potentiel d'irrigation peut atteindre jusqu'à 100 % des superficies irriguées dans plusieurs pays.

Pour les pays de la Méditerranéen, la Tunisie reste le premier partenaire de la région MENA d'Afrique. La convergence des orientations stratégiques en matière de promotion des énergies renouvelables renforce ce statut.

[65] file:///C:/Users/evotr/Downloads/17970-46137-1-PB.pdf

3. Opportunité d'investissement au Maroc : rôle de l'état et du privé dans l'industrialisation

Comme explicité précédemment, dans le domaine industriel, le Maroc a cherché à se positionner sur les échanges de petites différences en pratiquant une logique de « remontée de filières ». Il a ainsi développé des activités de production textile, de construction électrique, de montage de véhicules automobiles de construction et maintenance aéronautique et de fabrication de composantes pour les énergies renouvelables (Exemple de l'éolien). Pour ce faire, il a privilégié la mise en place de pôles de compétitivité spécialisés et de clusters associant recherche, université, industrie, avec des grandes entreprises et des sous-traitants.

a. Contribution de l'état

L'infrastructure pour le développement industriel se base en général sur 3 dispositifs à besoin d'incitation (les 3F). Le Maroc a déjà réalisé de grands pas dans l'infrastructure industrielle en faveur de nombreux secteurs, le plus récent étant le **secteur automobile**. Une reproduction de la success story de l'automobile reste une option intéressante pour le secteur de l'industrie solaire et ses écosystèmes.

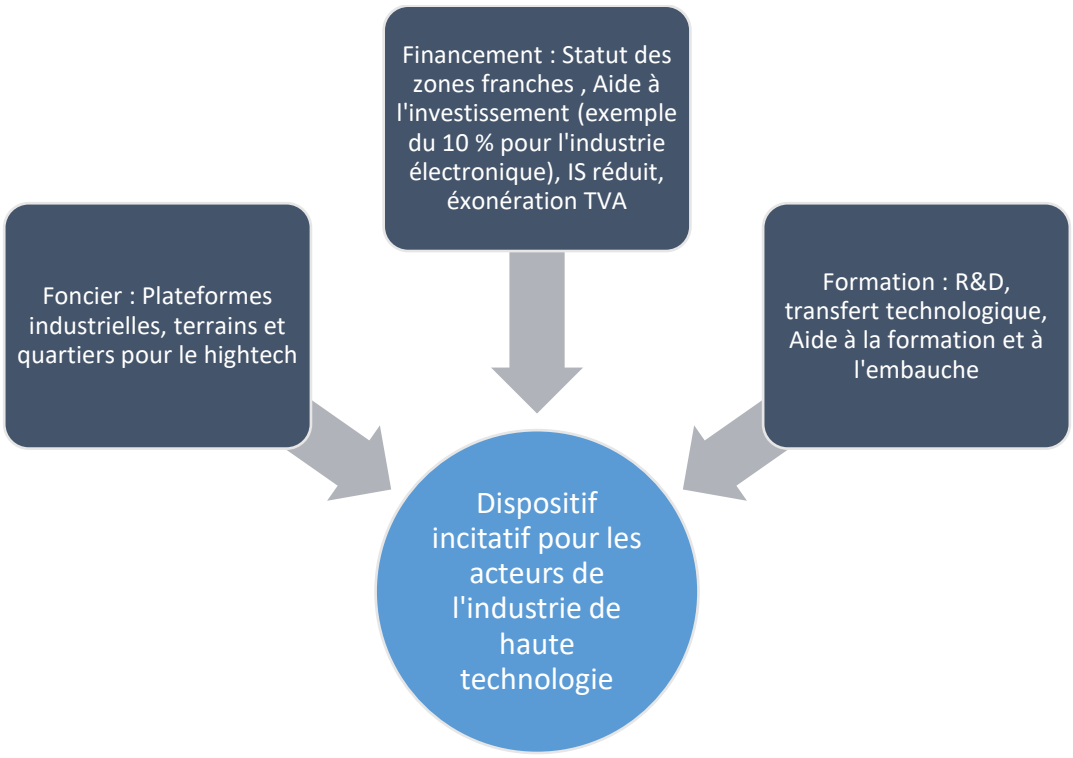


Figure 47 : Les 3F mises à disposition pour le cas d'industrie de haute technologie

Un arsenal d'instruments d'appui au partenariat et au développement des entreprises et de l'innovation a été mis à disposition pour soutenir le tissu économique et industriel. Il montre clairement que le Maroc fournit son soutien activement et continuellement, avec une offre riche et variée, articulée sur 8 dimensions : les subventions, les prêts, les garanties, la prise de participation, le foncier, le fiscal, la douane et la commande publique. Le tableau ci-dessous montre un exemple des offres proposées dans la dimension subvention.

Tableau 17:Instruments de promotion pour l'industrialisation et l'innovation : exemples dans la dimension subvention

Offre/dimension	Exemple de l'offre	Organisme en charge	Cible de l'offre	Description du programme
1. *Subventions*	Fond Hassan II	Fonds Hassan II, le Ministère chargé de l'Industrie et le Ministère de l'Economie et des Finances	Automobile, Aéronautique, Electronique, Nanotechnologie et autres	Peuvent bénéficier de la contribution du Fonds Hassan II, les nouveaux projets d'investissement (création ou extension) dont le montant total d'investissement est supérieur à 10 millions de DH HT (hors droit d'importation et taxes) et à la condition que le montant de l'investissement en biens d'équipement soit supérieur à 5 millions de DH HT et présentés par les investisseurs cibles cités auparavant.
	INTELAKA	MCINT	Auto-entrepreneurs, Entrepreneurs Individuels, Personnes physiques, TPE, Start-ups Agriculteurs Individuels	Le programme INTELAKA a été élaboré dans le but d'apporter tout l'appui nécessaire au financement des entreprises. Il concerne différentes cibles. Plus encore, aucune garantie personnelle n'est exigée lors du dépôt de dossier. Ainsi, les crédits sont plafonnés à 1.2 million de dirhams avec une garantie de plus de 75%. Quant aux taux d'intérêt, ils sont plafonnés à 2% (TVA non comprise) et 1.75% (TVA non comprise) pour les entreprises agricoles.
	INNOV Idea	CDG	Start-up, porteurs de projets	Le financement (par des subventions) des dépenses couvrant forfaitairement les divers frais liés au projet innovant et engagés par la cible éligible, et le financement de toutes autres dépenses nécessaires à l'accompagnement de la cible éligible auprès d'une structure labélisée par TAMWILKOM.
	TAEHIL : Formation au profit des secteurs émergents	Ministère du travail et de l'insertion professionnelle / ANAPEC	TPE et PME	Le programme vise à appuyer les secteurs émergents en réussissant le recrutement des RH via un dispositif de formation spécifié à travers des formations spécifiques aux secteurs émergents et à

				assurer aux difficilement insérables une formation au regard des opportunités de création d'emplois dans la région à travers des formations qualifiantes ou de reconversion
	TATWIR	Maroc PME	Start-up, TPME industrielles investissant dans la croissance verte, l'innovation industrielle et l'industrie 4.0.	Ce programme appuie également la pré-incubation et l'incubation des porteurs de projets de startups, l'accélération des TPME à fort potentiel de croissance, ainsi que les projets d'investissement portant sur l'intégration industrielle des secteurs porteurs. Ainsi il vise à favoriser le changement d'échelle, l'innovation et l'émergence de nouveaux modèles d'affaires.
	ISTITMAR : programme d'aide à l'investissement	Maroc PME	TPE, PME	Ce programme vise à soutenir l'investissement en faveur de la création de la valeur ajoutée, de l'emploi et pour renforcer les écosystèmes industriels. Ainsi il s'adresse aux entreprises ayant un chiffre d'affaires inférieur ou égal à 10 MDH au dernier exercice clos et souhaitant développer un modèle économique pour améliorer leur insertion dans les écosystèmes industriels.
Les autres Offres/dimensions				
2. Prêts	***3. Garanties***	***4. Prise de participation***	***5. Foncier***	***6. Fiscal***
7. Douane	***8. Commande publique***			

Un tableau exhaustif contenant une panoplie d'offres d'appui et de soutien au développement industriel et l'innovation est fourni en Annexe 2.

Ainsi, les incitations publiques sont un outil d'orientation de l'investissement qu'il est nécessaire de mettre au service de la transformation productive et des objectifs du nouveau modèle en matière de croissance, d'emplois et de développement des entreprises. Cependant le Maroc s'engagera pour la révision du cadre incitatif pour orienter les investisseurs vers les activités productives et soutenir plus fortement le développement des PME. *(Source : Rapport général, Nouveau modèle du développement, Avril 2021).*

b. Contribution du privé

Alors que la contribution de l'état fournit son soutien dans les performances externes de l'industrie et de l'entreprise, le secteur privé joue un rôle majeur dans le développement des industries et de leur compétitivité : il est certes l'acteur essentiel pour l'amélioration des performances internes des entreprises, mais également un acteur économique incontournable pour l'amélioration de l'écosystème, aux côtés de l'État. Ainsi selon le rapport de 2021 du nouveau modèle du développement, il est attendu du secteur privé d'être davantage responsable et entreprenant, de participer à l'effort d'inclusion et de protection sociale, et d'investir dans une démarche gagnant-gagnant avec les territoires, en veillant à un juste partage de la valeur créée. Ce repositionnement passerait notamment par un dialogue constant de partenariat entre le secteur privé, dûment représenté dans toute sa diversité, de la TPME aux grands groupes, les acteurs sociaux, et l'État. En outre, l'importance de développer l'accompagnement des entreprises pour renforcer leurs capacités a été souligné. Il s'agira d'étendre les programmes d'accompagnement existants et de les rendre plus facilement accessibles dans toutes les régions, et de les enrichir pour couvrir l'ensemble des besoins (développement, export, innovation, transmission etc.), avec des approches spécifiques selon la taille d'entreprise et sa phase de développement (startup, TPE, PME, entreprises à fort potentiel).

- Recherche & développement

Dans le cadre de la stratégie énergétique nationale, l'Institut de recherche sur l'énergie solaire et les énergies nouvelles (IRESEN) et ses plateformes de recherche pilotent les activités de R&D concernant les technologies solaires, en abordant des thématiques qui s'alignent sur les secteurs des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique au Maroc avec un besoin de R&D appliqué.

- L'IRESEN et l'Université Mohammed VI Polytechnique (UM6P) ont initié, depuis 2016, la création d'un réseau de plateformes de recherche à travers le royaume, **Green Energy Park** étant la première. Dédiée à l'énergie solaire, cette plateforme, qui constitue un modèle unique en son genre en Afrique, permet, d'une part, la création de synergies et la mutualisation des infrastructures de plusieurs instituts de recherche marocains.
- Dans le même cadre, la plateforme de test, de formation et de recherche **Green & Smart Building Park** a été créée. Il s'agit d'une plateforme innovante dédiée à la recherche et au développement dans le domaine des bâtiments verts, de l'efficacité énergétique et des réseaux intelligents. Parmi ses objectifs principaux, l'intégration des énergies renouvelables dans la chaîne de valeur du secteur du bâtiment.

- Développement industriel

Plus de trois fabricants de modules photovoltaïques se sont installés au Maroc comme lignes d'assemblage de modules photovoltaïques. La plus grande capacité de la ligne de production est détenue par Almaden Maroc avec 250 MW, la plus grande ligne de production en Afrique du Nord. Néanmoins, différents producteurs de modules classés parmi les fabricants de premier rang sont prêts à installer leurs unités de production dans le Royaume. Toutes les autres industries connexes dédiées à l'équilibre du système, à savoir, le secteur du câblage solaire, les composants électriques (disjoncteurs CC, fusibles, etc.) et les produits de l'industrie de l'énergie (disjoncteurs DC, fusibles, etc.), les structures de modules PV, ainsi que l'expertise en matière d'ingénierie, sont déjà bien développées dans les pays où les producteurs sont présents puisque plus de 40 EPCs (Engineering Procurement and Construction) figurent déjà dans la base de données d'énergie solaire.

- Création d'emploi

Selon l'IRENA, chaque million de dollars investi dans les énergies renouvelables créerait au moins 25 emplois. Au niveau national, le Conseil économique, social et environnemental croit savoir que la filière énergétique pourrait créer 300 000[66] emplois permanents à l'horizon 2050, soit une augmentation de 200% comparativement à 2020. Cette filière qui emploie directement plus de 44,7 milliers de personnes en 2016, soit 0,4%[67] de la population active occupée, continue de créer plus de postes, notamment l'IRESEN a un portefeuille de 62 projets en énergies renouvelables, dont quelques projets sont en liaison à l'agriculture. Ainsi selon des estimations plus optimistes de la DII (L'Initiative industrielle Desertec) 1 milliard d'euros d'investissement dans la réalisation d'une centrale d'énergie PV pourrait générer entre 15 000 et 23 000[68] emplois au Maroc.

[66] https://lematin.ma/journal/2020/54-millions-demplois-creer-energies-vertes-trois-ans/340807.html
[67] Tableau de bord sectoriel de l'économie marocaine, ministère de l'Économie et de finance, 2019
[68] Le secteur des énergies renouvelables et l'emploi des jeunes en Algérie, Libye, Maroc et Tunisie

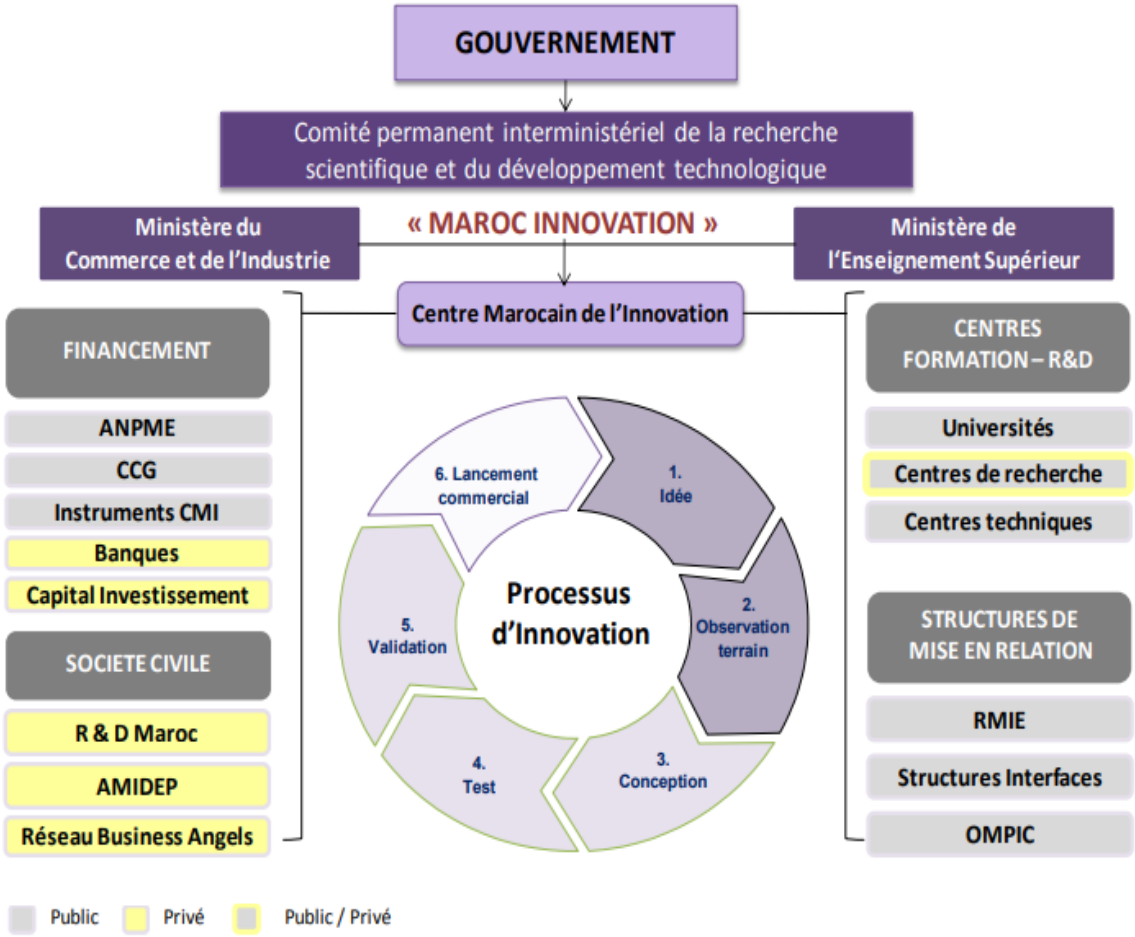


Figure 48 : Principaux acteurs dans le cercle de l'innovation

Toute une structure a été mise au point pour promouvoir l'industrie au Maroc, notamment avec l'automobile, qu'on pourra facilement exploiter ou reproduire pour le PV.

4. Retour sur la chaine de valeur de l'industrie solaire du Maroc

a. Secteur industrie solaire au Maroc

La chaîne de valeur photovoltaïque est composée d'équipements, de produits et de services, comme il est indiqué dans la figure suivante.

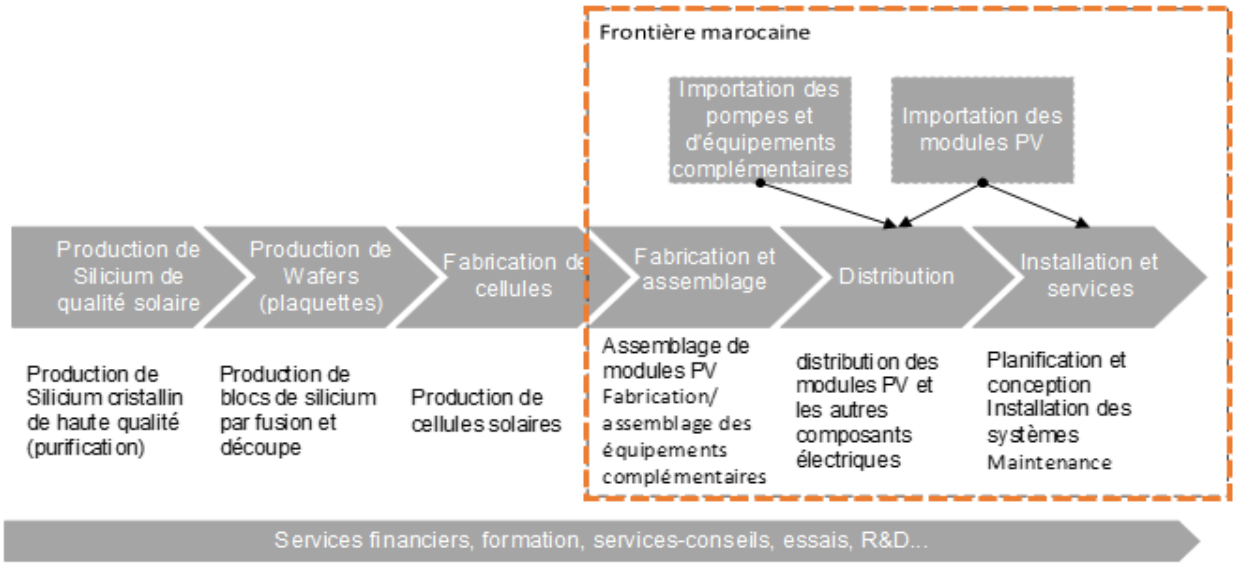


Figure 49: Cartographie de la chaîne de valeur de pompage solaire au Maroc.

La portion en amont de la chaîne de valeur comprend la production des cellules et des modules photovoltaïques. La portion en aval de la chaîne comprend la distribution des produits, l'installation et les services d'ingénierie et de maintenance.

Actuellement, le Maroc connait une présence apparente de la phase aval de la chaine de valeur PPV. Plusieurs entreprises sont positionnées à l'aval de la chaîne de valeur, constituant le maillon qui s'est le plus développé ces dernières années dans le solaire photovoltaïque au Maroc. Ces entreprises sont actives dans différents métiers de l'aval : distributeurs, grossistes et installateurs formels et informels. Le graphe ci-dessous montre le classement des acteurs intervenant dans la chaîne de valeur du PPV.

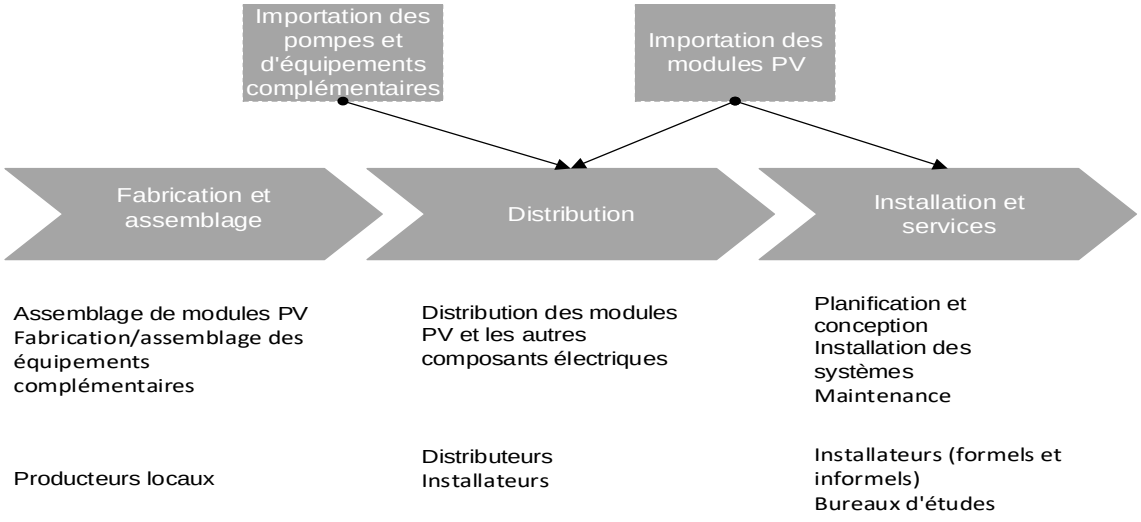


Figure 50: Les acteurs des maillons de la chaine de valeur présents au Maroc.

b. Amont de la chaine de valeur solaire

Les maillons de la production PV situés en amont de la chaine de valeur du PPV ne sont pas encore

présents au Maroc. Cependant, le Maroc bénéficie d'un tissu industriel très diversifié qui présente un atout majeur pour le soutien de l'industrie solaire dans les composants susceptibles d'être produites par des écosystèmes partagées, à savoir les variateurs, le câblage et les systèmes embarqués.

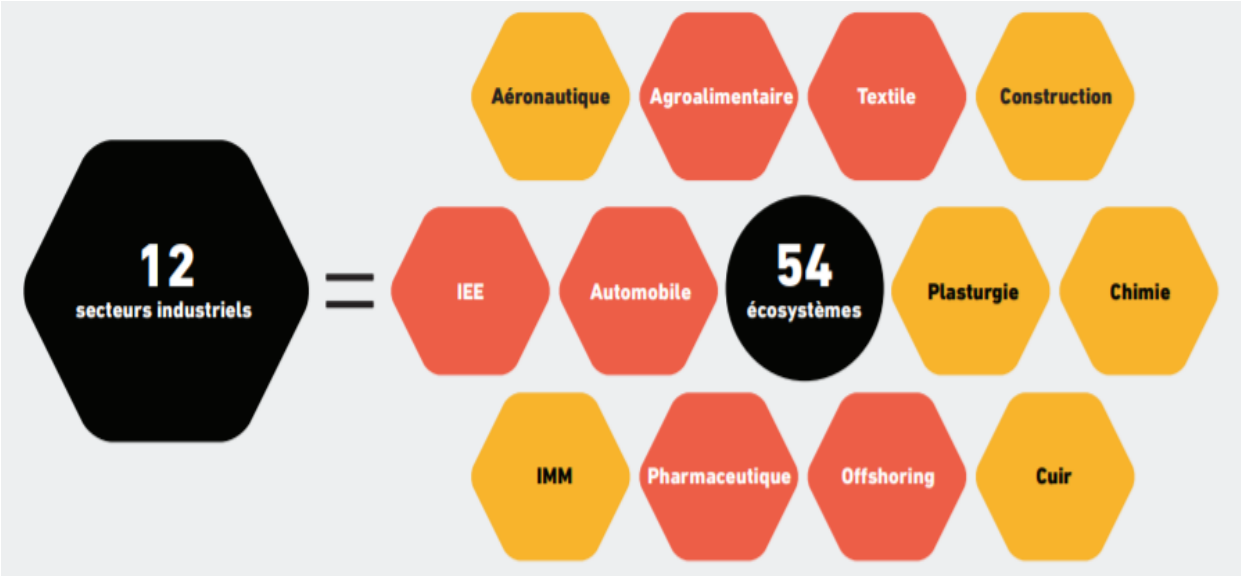


Figure 51 : Liste des 12 secteurs classés à fort potentiel au Maroc

En plus, d'après l'AMISOLE, plusieurs initiatives émanant de la recherche et du développement des idées ont vu le jour avec des produits fabriqués au Maroc (Ex : exemple de startups de variateur industriel). Cependant, l'étape d'industrialisation n'a pas pu être atteinte vu le manque de soutien financier. Également, les acteurs déjà actifs dans les écosystèmes existants ont réalisé des études de marché afin de se lancer dans les composants solaires. Mais la réalité de la demande décourage les investisseurs à s'aventurer dans la production de composants

Ceci prouve que le Maroc a déjà de bonnes bases industriels grâce aux écosystèmes existants, et les bonnes compétences et esprits innovateurs pour développer une production à petite et moyenne échelle, en espérant positionner le Maroc comme un hub régional et mondial.

c. Amont de la chaine de valeur solaire : Fabrication et assemblage

Au Maroc, les producteurs locaux sont les entreprises qui procèdent à l'assemblage des capteurs solaires à partir des cellules solaires importées de l'étranger; leurs activités se limitent dans l'assemblage et le montage de différents éléments entrants dans la conception du produit final.

Aujourd'hui, quatre producteurs de panneaux photovoltaïques sont présents sur le marché marocain. Leur capacité de production annuelle totale est de 355 MWc, dont 300 MWc **pour la société Almaden qui est opérationnelle sur le marché marocain et africain.**

Tableau 18: Les principales entreprises de production de modules photovoltaïques au Maroc.

Nom de la société	Ville	Date de création	Capacité de production
Almaden	Al Hoceima	2018	300 MWc
PV Industry	Skhirat	2015	30 MWc

Cleanergy	Nouaceur	2010	15 MWc
Droben Energy	Nouaceur	2009	10 MWc
Nano PV[69]	Tanger	-	-
Total			**> 355 MWc**

La production des panneaux photovoltaïques au niveau national est dans ses premiers débuts, même si le marché dispose d'une grande potentialité **pouvant faire du Maroc un leader de ce domaine en Afrique**.

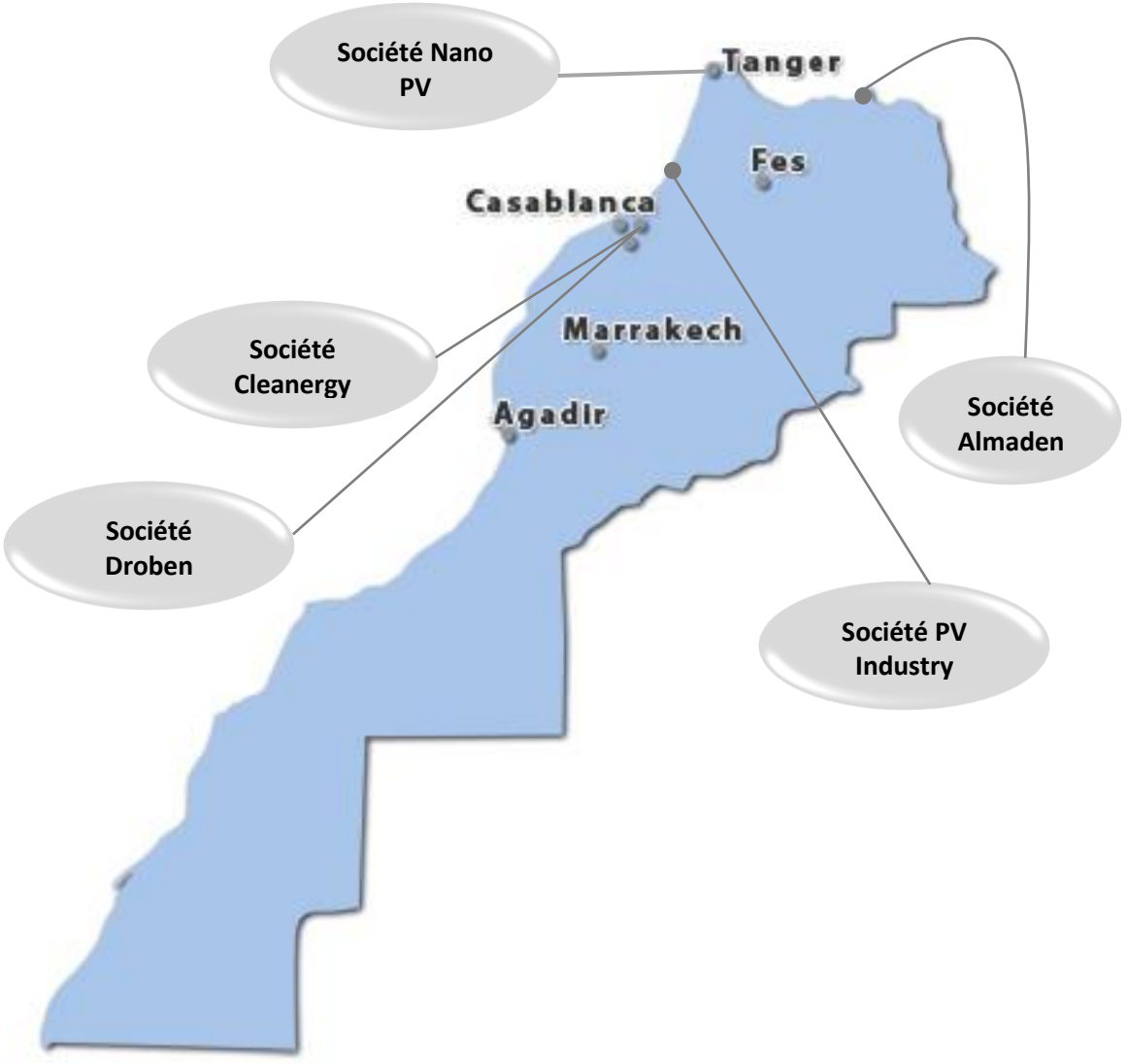


Figure 52 : Localisation des principaux producteurs nationaux de panneaux PV

d. Aval de la chaine de valeur : Installation et fabrication des structures

Au Maroc, l'installation des systèmes solaires se fait soit par des entreprises à part entière soit par des installateurs indépendants.

Le développement de l'activité de l'installation **est en progression**, ceci est dû à la demande progressive

[69] https://www.levert.ma/projet-dune-grosse-usine-de-panneaux-solaires-a-tanger/

des services solaires, notamment en pompage photovoltaïque. Pourtant, le défi majeur qui se pose se manifeste dans l'insuffisance de la qualité des services offerts et l'absence d'un cadre réglementaire qui structure les engagements et détermine les responsabilités.

Tous les travaux de génie civil et ceux liés aux structures porteuses des panneaux peuvent être traités par une main d'œuvre qualifiée disponible localement, et l'installation ne pose aucun problème si elle est opérée sous la supervision d'un encadrement qualifié.

Pour la structure, la fabrication dédiée au PPV est assurée à 100% par des fabricants locaux, situé généralement à proximité de la clientèle, avec un penchant vers le travail artisanal. Quelques industriels de haut niveau tel que ADIWATT et K2, assurent l'approvisionnement en structures pour diverses applications. Le souci de l'importation reste encore présent dans un composant qui est considéré comme étant le plus réalisable pour le Maroc. Un manque de structuration de cette fabrication demeure le seul obstacle devant l'industrialisation, avec la disponibilité du potentiel, du savoir-faire et des compétences.

5. Composants les plus rémunérateurs : Proposition pour le cas du Maroc

a. Capitalisation sur le retour d'expérience

La sélection des données tirées des retours d'expériences des différents pays (Maroc inclus), et des indicateurs prêts à l'emploi comme critères d'évaluation des pays a été un processus interactif. Le but de cette dernière partie est de capitaliser sur ces données et de faire ressortir les conclusions nécessaires au positionnement des composants phares de la conception d'une installation solaire dédiée à l'irrigation au Maroc. Pour les composantes, nous retenons :

- *Composante 1* : le PV, à savoir le panneau photovoltaïque,
- *Composante 2* : la pompe ou la motopompe
- *Composante 3* : l'électronique et l'électrique, qui inclut le variateur, l'onduleur, le câblage et le système embarqué (Software)
- *Composante 4* : la structure métallique

Le Benchmark international avancé précédemment, servira de point de repère pour situer le profil de développement de l'industrie au Maroc par rapport aux composants prédéfinis.

Suivant cette perspective, il est intéressant de revenir sur la dynamique des conclusions aperçues tout au long du rapport. Un tableau exhaustif a été dressé dans ce but. Il contient les principaux conclusions individuelles ou communes des pays, séparés en 2 groupes : **facteurs de réussite/succès, et barrières de développement.** Pour chaque conclusion, nous marquons (X) le ou les composants auxquels elle est associée. Ci-dessous le tableau proposé qui est divisé selon les deux groupes :

1. **Les facteurs de réussite/succès :** Ils assistent les décideurs par les meilleures pratiques relevées en termes de développement, de soutien et de prolifération du tissu industriel. Ils prévoient également de fournir des avant-goûts quant aux potentielles options à proposer pour développer, individuellement ou en synergie, la fabrication locale de composants.

Grâce à un système de notation qualitatif, une appréciation de cette conclusion est donnée par rapport à un éventuel positionnement - faisabilité pour le Maroc. Ainsi, la notation suit le modèle suivant :

Échelle	Signification
	Hors de portée
	Besoin de création/déblocage à échelle stratégique (long terme)
	Besoin de création/déblocage à échelle sectorielle (moyen terme)
	Besoin de création/déblocage à échelle d'exécution (court terme)
	En position de compétir

Sur la base de l'expertise de l'équipe projet, la pertinence des informations et leur disponibilité pour les pays étudiés, les facteurs qui avaient un effet décisif ou une contribution au développement de l'industrie en faveur du secteur du solaire et de l'irrigation ont été donc évalué puis noté.

Tableau 19 : Facteurs de réussite relevées comme conclusions du benchmark international

Conclusions retenues			PV	Électrique Électronique	Pompes	Structures
Facteurs de réussite	R&D, Transfert de technologies	- Investissements intenses à l'étranger (Externalisation de la production) **CHINE**	X			
		- Création de licences, investissements dans le design et diversification des gammes **AFRIQUE DU SUD, CHINE, INDE**	X	X	X	
		- Circulation des employés : Partage de connaissances **CHINE.**	X	X		
		- Recherche énergétique : 10 % du financement alloué à la R&D. **CHINE**	X			
		- R&D en PV : 39,9 millions d'euros en 2009 alloués **ALLEMAGNE.**	X			
		- Adaptation continue à la tendance de l'innovation technologique. Anticipation de la durée de vie du process **CHINE.**	X			
		- Clustering de la suisse : Complémentarité R&D et industrie. **SUISSE**	X			
		- Programmes fédérés pour la R&D **INDE**	X			
		- Approche d'industrialisation pour l'aval (concentration sur les processus de grande valeur ajoutée) **SUISSE**	X	X		
		- Grande valeur ajoutée au niveau mondiale (20%) industrie pompes **INDE**			X	
		- Investissement dans les plans de développement des pays émergents (Stratégie marketing des marques locaux) **Suisse**		X	X	
	Économie d'échelle, Maturité	- Chaine de valeur mondiale : 71 % de la capacité mondiale **CHINE.**	X			
		- Retour sur investissement attractif grâces aux aides de l'état **CHINE.**	X	X		
		- Réduction des coûts de production tout au long de la chaine de valeur **INDE**	X	X	X	
		- Fort potentiel du marché local et régional. **Tunisie, Europe, Asie**				X

Conclusions retenues			PV	Électrique Électronique	Pompes	Structures
		- Part des fabricants chinois dans le marché mondial des onduleurs PV était d'environ 60 % en 2019. **CHINE**	X			
		- Qualité produits compétitive (Efficacité des onduleurs solaires arrivant à 98%.) **INDE**		X		
		- Niveau de certifications reconnu à l'internationale **INDE**		X		
		- Demande pour le produit local garantie et en croissance à moyen terme **MONDE**	X	X	X	
	Incitations, Fiscalité et soutien financier	- Promotion fabrication locale sur les différents segments de la chaine de valeur **CHINE, Afrique du Sud, INDE, Pays similaires**	X	X	X	
		- Incitations diversifiées : subventions en espèces, Garanties de prêt, Terres gratuites, prêts à des taux inférieur et prolongés, Remises tarifaires (Électricité, matière première aluminium) **CHINE.**	X			
		- Programmes complets : Prêts subventionnés aux investisseurs, Accord des garanties publiques aux entreprises dépourvues de titres **ALLEMAGNE.**	X			
		- Développement industriel (MSIPS) intégré dans la stratégie solaire **INDE.**	X	X		
		- Exigence de contenu national (DCR) et de droit de sauvegarde (SGD) aux investisseurs internationaux **INDE.**	X	X	X	
		- Restriction des droits de douane sur les importations: 40% imposé sur les cellules, 25% sur les modules. **INDE**	X			
		- Réduction des droits de douane : Intégration des ER **TUNISIE**	X	X		
		- Politique d'industrie générale (automobile, solaire…). **INDE**	X	X	X	

Conclusions retenues			PV	Électrique Électronique	Pompes	Structures
		- Promotion d'assemblage local des cartes électroniques. **INDE**		X		
		- PME soutenues par les multinationales (Reconnaissance à l'étranger). **AFRIQUE DU SUD**		X	X	
		- Ouverture à l'export : 16 % de production **INDE**		X		
	Main d'œuvre, savoir-faire, matière première	- Attractivité main-d'œuvre compétitive à échelle mondiale. **INDE**	X	X	X	X
		- Chaine d'assemblage locale **TUNISIE.**	X		X	
		- Écosystèmes locaux d'équipements électriques et câblage. **TUNISIE**		X		
		- Disponibilité des industries des sous composants. **TUNISIE**		X		X
		- Intégration de la filière de structure solaire au sein des industries de métallurgies et de travaux de bâtiments. **TUNISIE**				X
		- Gisement matière première accessible. **TUNISIE, EUROPE**	X			X
		- Fort savoir-faire technique. **EUROPE, ASIE**		X	X	X
		- Écosystème mature déjà compétitif dans d'autres secteurs non-ER **EUROPE, ASIE, TUNISIE**		X		X
		- Sous-traitance des OEM vers des pays à faible de coûts de main d'œuvre (Intérêt pour les services à grand savoir-faire**) AFRIQUE DU SUD**		X		
		- Écosystème pompes collaboratif (MPME 83% des industriels) **INDE**			X	

2. **Les barrières de développement :** Ils capitalisent sur les différents obstacles (connus ou imprévus) rencontrés par les décideurs, les développeurs et les investisseurs. Ces barrières consolidées dans ce tableau et détaillés tout au long du benchmark, sont très importants dans la mesure où ils permettent d'adapter la stratégie de développement industriel local aux circonstances régionaux et mondiaux et de créer un périmètre de sécurité tout au long de la chaine de valeur

développée dans le pays (approvisionnement, process, maintenance, marché, amélioration continue).

Conclusions retenues		PV	Électrique Électronique	Pompes	Structure
Barrières de développement	- Coûts de revient non compétitifs à grande échelle mondiale **Allemagne, Afrique du Sud**	X		X	
	- Charges fixes supportées par les investisseurs (ex : Inde : 15 à 20 % surcoûts par rapport à la concurrence Chine) **INDE, Afrique du Sud**	X		X	
	- Dépendance inévitable des intrants chinois pour la production **INDE** et **PAYS D'ASIE.**	X	X	X	
	- Coûts d'amortissement élevés (Machines de production obsolètes et non efficientes) **INDE**	X		X	
	- Exonération de TVA aux importations des équipements ER: Découragement des investisseurs pour production **TUNISIE**	X	X		
	- Capacités très faibles (Cadence à 40-45%), retour sur investissement non régulier **INDE**	X	X		
	- Faible soutien à la R&D (Investissements, Soutien politique) **INDE**	X			
	- Retard d'au moins deux ans en TT **INDE**	X			
	- Absence de participation pour le partage de savoir-faire (TT) **TUNISIE**				
	- Absence d'incitations en faveur du développement (marché non attractif et très concurrentiel) **TUNISIE,**	X			X
	- Manque de main-d'œuvre qualifiée **TUNISIE**	X			
	- Écosystème en manque de synergie, informel non structuré (faibles interconnexions) **TUNISIE**				X

Conclusions retenues		PV	Électrique Électronique	Pompes	Structure
	- Considérations environnementaux et climatiques : Industries carbonées **MONDE**	X			
	- Demande limitée des onduleurs solaires **SUISSE, PAYS similaires**		X		
	- Prédominance du travail ouvrier (marge bénéficiaire limité et industrialisation non atteinte) **INDE, KENYA, COSTA RICA**		X	X	
	- Coûts énergétiques élevés (électricité pour la production) **INDE**	X	X	X	
	- Absence d'écosystème facilitateur. **INDE**	X			
	- Manque de sensibilisation qualité entre produit local et celui importé. **AFRIQUE DU SUD**		X		
	- Défi du marché des produits contrefaits. **INDE**		X		
	- Forte concurrence au niveau Régional. **PAYS émergents**				X

b. Définition des critères

A la lumière des résultats ressortis de ce rapport, on présente les critères retenus pour positionner les composants susceptibles d'être industrialisé localement au Maroc. L'objectif est de présenté les composants sous deux angles de vision :

- Par degré de compétitivité
- Par horizon de déploiement

Pour le degré de compétitivité, on a analysé la compétitivité suivant 5 critères :

Critère 1 : Potentiel et marché : c'est un indicateur combiné, puisqu'il prend en considération le potentiel brut de la demande d'un produit et le combine à la réalité du marché notamment la concurrence. Ainsi, même si un produit représente un potentiel immense (Ex des panneaux), la réalité du marché constitue un

frein de développement compétitif et n'est pas suffisamment rentable pour une production locale.

Critère 2 : Main d'œuvre qualifiée : Il exprime le niveau intellectuel et/ou technique dans un champ particulier des disciplines relatives à la mise en place, à la gestion, à la maintenance et à l'amélioration de la production d'un composant.

Critère 3 : Innovation, R&D et formation : Il exprime les ressources disponibles au service du développement et du maintien d'un composant au sein de l'écosystème. Ces ressources sont principalement liées à la capacité existante et potentielle dans la recherche académique, les idées nouvelles et la formation et la sensibilisation

Critère 4 : Environnement fiscale/soutien financier : Il évalue la contribution directe de l'état sur le volet stratégique pour la préparation d'un environnement attractif pour encourager l'implantation des firmes au niveau local. Également, la richesse des programmes de soutien au lancement de projets est prise en considération dans ce critère.

Critère 5 : Existence d'écosystème : Ce dernier critère retourne vers les différents atouts existants en matière d'infrastructure, de secteurs, de sous-secteurs et de synergies entre les secteurs. Une note élevée signifie que le composant dispose déjà d'un écosystème prêt pour une intégration verticale, qui ne nécessite que le renforcement des autres critères (ex : débloquer le potentiel, attirer les investissements, structuration de l'informel…etc).

Pour l'horizon de faisabilité, l'analyse est basée sur 2 critères :

Le transfert technologique (TT) et le besoin en investissement : Cette relation entre ces deux critères crée 4 zones de positionnement des composants PPV, sous trois horizons. La décision sur le positionnement des composants est présentée dans la partie suivante.

c. Proposition des composants les plus rémunérateurs

Cette dernière partie conclut sur les deux angles de vision pour la prise de décision sur les composants à développer et à fabriquer localement au Maroc.

i. Compétitivité

Le spider graphe suivant récapitule le résultat de l'évaluation effectuée pour distinguer les composants par degré de faisabilité basé sur la notation par les critères prédéfinis auparavant :

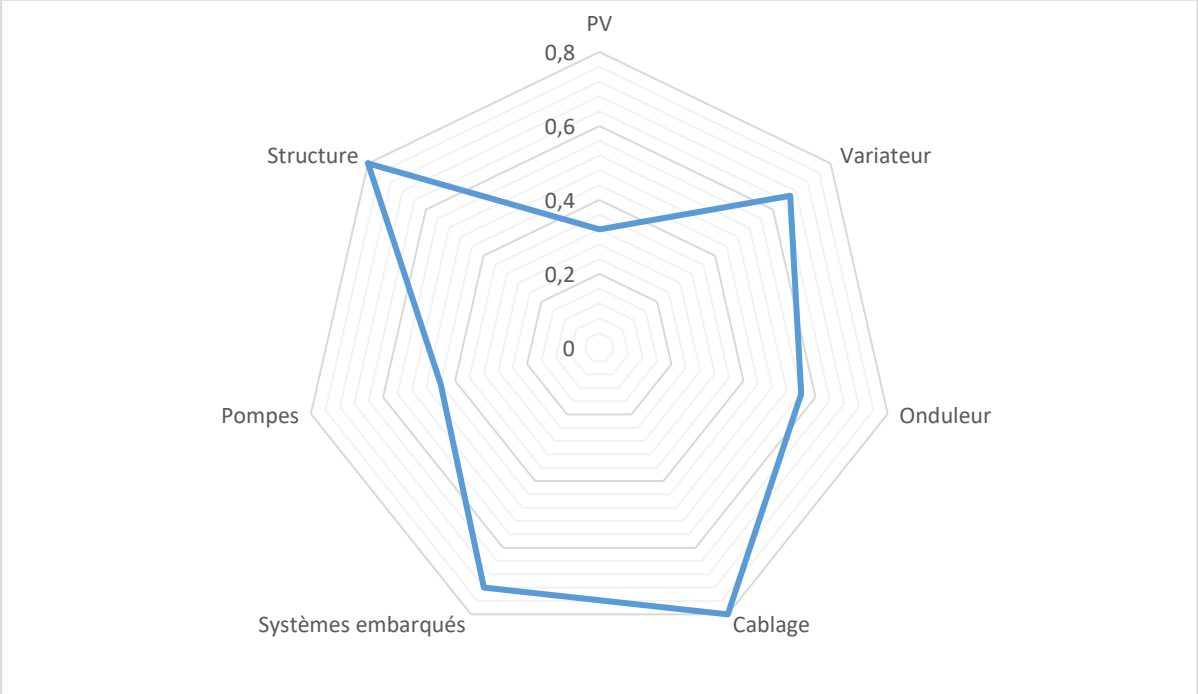


Figure 53 : Compétitivité des composants PPV pour le cas du Maroc

D'après la lecture du graphe, on s'aperçoit clairement que le câblage est fort compétitif pour le Maroc. Évidemment, l'écosystème du câblage repose principalement sur une main d'œuvre moins cher et avec des niveaux de qualifications basiques. Le transfert technologique est risque peu probable et l'écosystème existant au Maroc profite déjà des meilleurs atouts pour le développement de l'activité. Une option d'intégration verticale reste très envisagée pour cette composante de l'électronique et l'électrique.

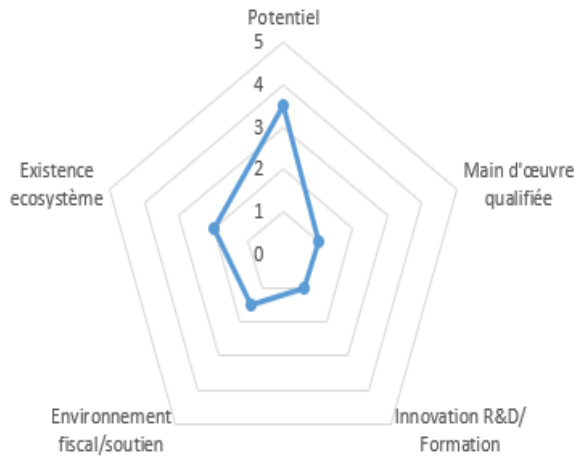
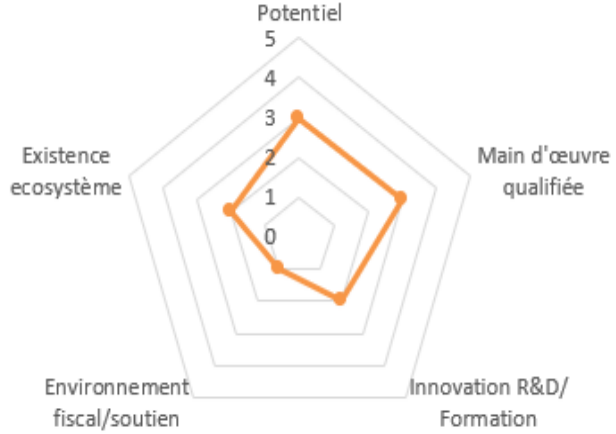
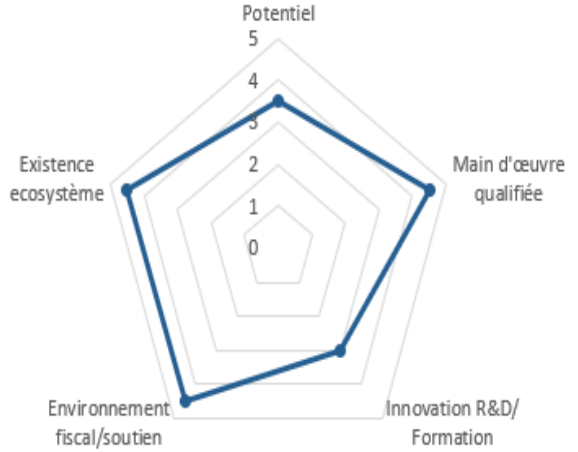
Un autre composant auquel le développement du PPV est censé prendre soin, ce sont les systèmes embarqués. Le Maroc dispose déjà d'un capital humain qualifié très prometteur (Ingénieurs, techniciens et développeurs). Le transfert technologique est à portée, vue que le savoir-faire repose sur des acquis plus intellectuels que techniques. Si le potentiel est assimilé, les systèmes embarqués, l'informatique et de la digitalisation est en montée de tendance, notamment pour l'industrie du PV en faveur de la smart Agriculture et les smart cities.

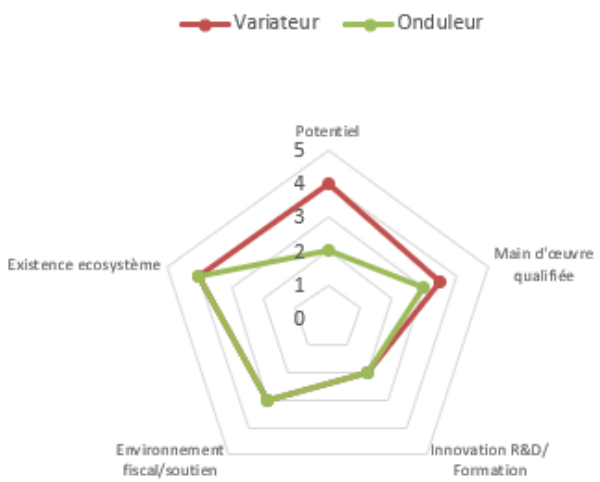
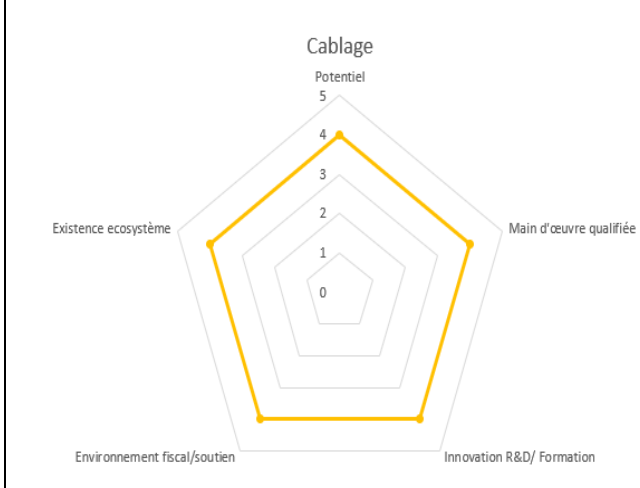
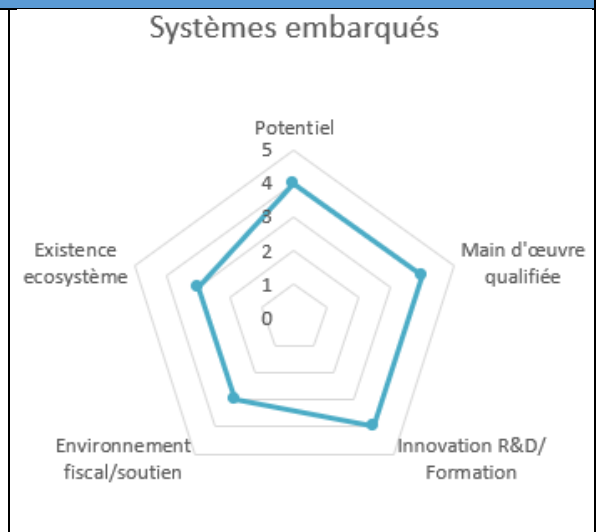
Une brève comparaison entre l'onduleur et le variateur montre que la compétitivité du variateur est plus élevée compte tenu de ces multiples applications, à l'inverse de l'onduleur solaire dont le marché est limité et déjà conquis par une poigné de géants industriels (Chine, Europe, USA…etc), avec des applications liées au ER (solaire et éolien). En plus, le retour d'expérience prouve que la technologie est stable et à portée sur le moyen terme.

Enfin, pour les structures, le composant reste parmi les produits les plus compétitif. Sa facilité à être fabriqué est évidente à tout les niveaux (faible besoin en énergie, en savoir-faire, en main-d'œuvre qualifié et en investissement). Aujourd'hui au Maroc, toutes les structures sont fabriquées localement pour l'application PPV. Certes, il existe certaines applications qui demandent des structures d'un plus haut niveau et qui sont par conséquent importées, mais cela n'empêche que le Maroc est fort capable de structurer cet écosystème en mettant en valeur les acteurs locaux grâce à la remise à niveau, la standardisation des pratiques de fabrication et la référence qualité. Ceci permettra de se démarquer par un produit prêt à l'export, apte à concurrencer dans le marché régional, déjà en pleine expansion grâce au potentiel du PPV.

Pour consulter le tableau d'évaluation par critères, se référer à l'annexe 3. Le résultat de la compétitivité par composant et par critères est traduit en graphes comme suit :

Tableau 20 : Résultat de l'analyse multicritère de la compétitivité des composants

Panneaux photovoltaïques	Pompes	Structures
		

Électrique et électronique		
		

ii. Horizon de déploiement

La matrice présentée dans cette dernière partie fournira un aperçu sur les horizons de chaque composant du système de pompage solaire que les industriels marocains pourraient prévoir en se basant sur le besoin en l'investissement à court, moyen et le long terme. Elle conclut sur le positionnement des composants sur la charte des priorités nationales.

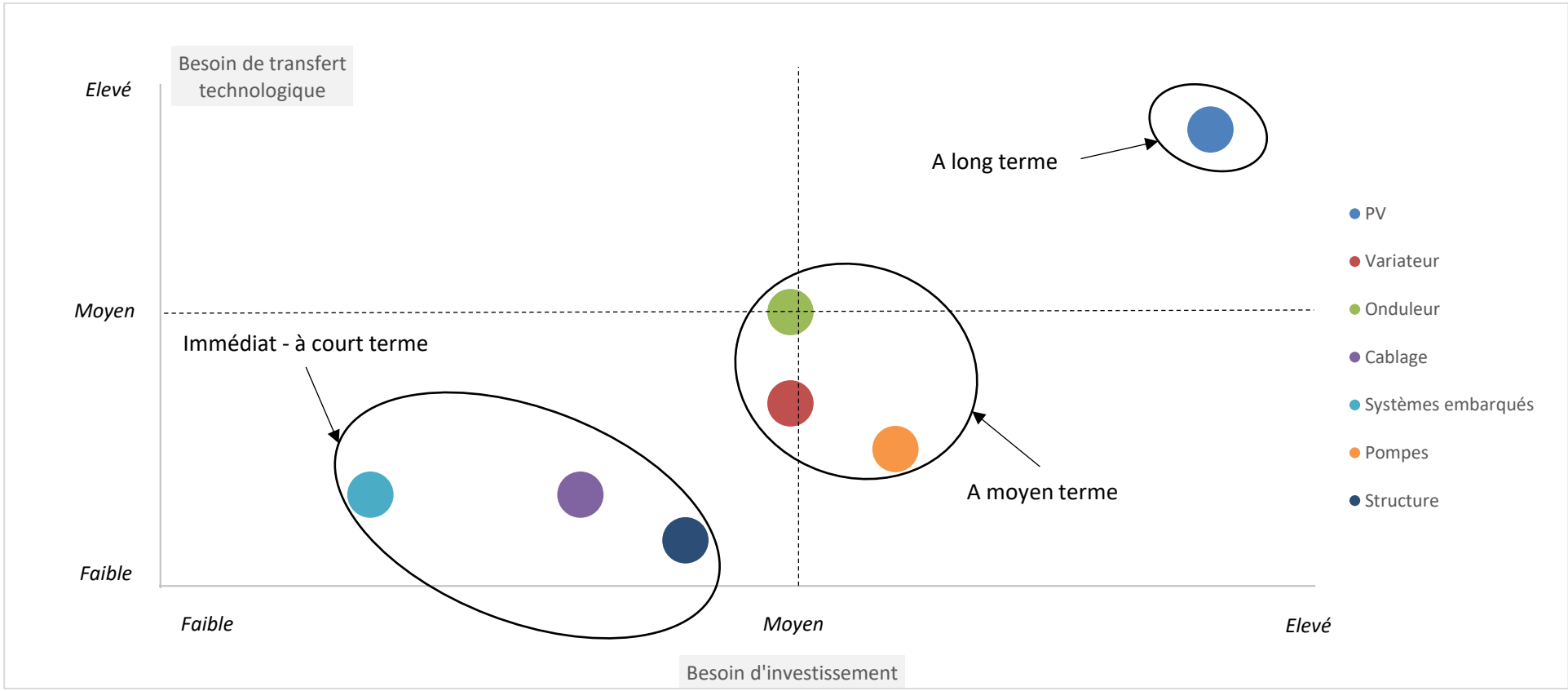
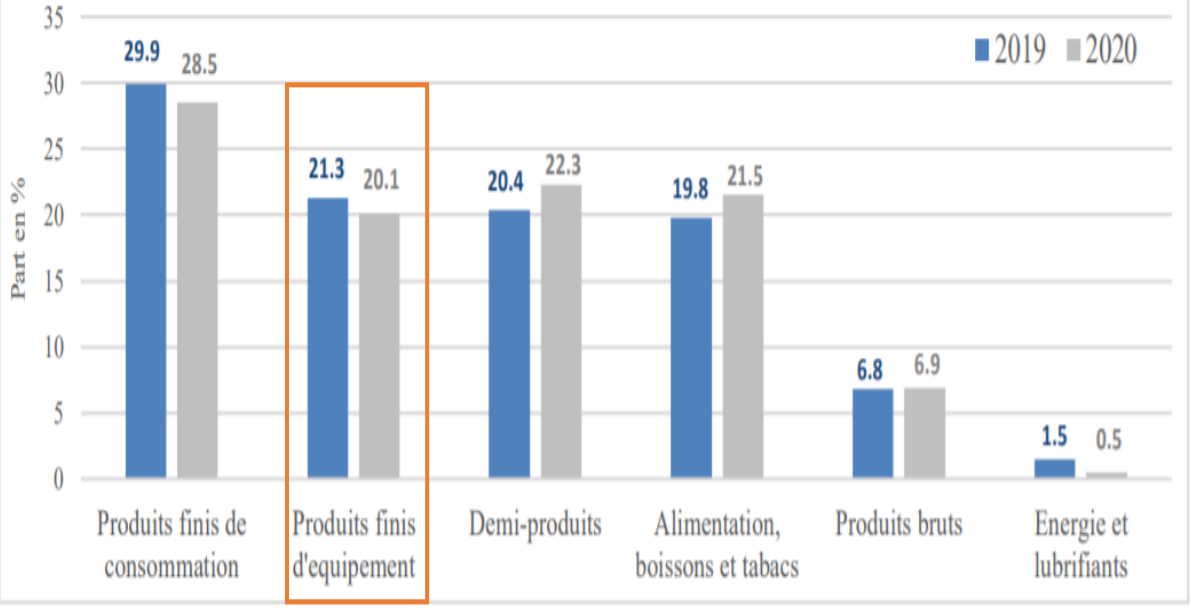


Figure 54 : Positionnement des composantes PPV pour le Maroc

Annexe 1

Structure des importations du Maroc en Afrique[70] [71]



Millions de dirhams

	2018	2019	2020	Part 2020 en %	Variation 2020/2019 MDH	Variation 2020/2019 %
Total Afrique	**21 594**	**21 620**	**21 462**	**100,0**	**-158**	**-0,7**
dont:						
Engrais naturels et chimiques	5 070	5 421	4 981	23,2	-440	-8,1
Préparations et conserves de poissons et crustacés	2 280	2 292	2 509	11,7	+217	+9,5
Poissons frais, salés, séchés ou fumés	781	766	1 032	4,8	+266	+34,7
Fils, câbles et autres conducteurs isolés pour l'électricité	676	736	837	3,9	+101	+13,7
Sucre brut ou raffiné	625	820	695	3,2	-125	-15,2
Voitures de tourisme	723	672	680	3,2	+8	+1,2
Appareils pour la coupure ou la connexion des circuits électriques et résistances	437	422	523	2,4	+101	+23,9
Huiles de pétrole et lubrifiants	348	578	489	2,3	-89	-15,4
Accessoires de tuyauterie et construction métallique	341	460	459	2,1	-1	-0,2

Opportunité liée au PPV industrie

[70] https://www.oc.gov.ma/sites/default/files/2021-07/Rapport%20BC%202020_version%20finale_0.pdf
[71] file:///C:/Users/evotr/Downloads/17970-46137-1-PB.pdf

Annexe 2

Programmes et incitations existants en faveur du développement des Micro et PME

Offre	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Subvention									
Innov IDEA	CCG								
MDM INVEST	CCG								
Soutien à la dynamique des clusters marocains	MICIEN								
Programme finissage impression teinture	MICIEN								
Appui aux primo-exportateur	MICIEN/AMDIE								
«Programme IDMAJ (stagiaires)»	Ministère du travail et de l'insertion professionnelle ANAPEC / CNSS								
Programme IDMAJ (recrutement)	Ministère du travail et de l'insertion professionnelle ANAPEC / CNSS								
Contrat d'intégration professionnelle	Ministère du travail et de l'insertion professionnelle ANAPEC /CNSS								
programme TAHFIZ (emploi)	Ministère du travail et de l'insertion professionnelle ANAPEC / CNSS								
Programme auto-emploi	Ministère du travail et de l'insertion professionnelle /ANAPEC/CNSS								
TAEHIL : Formation au profit des secteurs émergents	Ministère du travail et de l'insertion professionnelle / ANAPEC								

Offre	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Subvention									
Soutien financier pour la promotion de l'investissement agricole	Ministère chargé de l'Agriculture								
Prime de renouvellement et prime à la casse conditionnée	Ministère de l'Équipement, du Transport et de la Logistique								
ISTITMAR	Maroc PME								
MOUWAKABA	Maroc PME								
Accompagnement entrepreneurial et métiers	Maroc PME								
PME Logis	Agence Marocaine de Développement de la Logistique (AMDL)								
TATWIR	Maroc PME								
LIGNE FRANCAISE	CCG								
Prêts									
Innov Start	CCG								
Innov Risk	CCG								
Innov Dev	CCG								
MEZZANINE PME	CCG								
GREEN INVEST	Banque/CCG								
RENOVOTEL	Banque/CCG								
Ligne Française	Banque/CCG								
START-TPE	CCG								
TAMWIL RELANCE	Banques								
TAMWIL MICRO-CREDIT	AMC/CCG								
Garanties									
DAMANE EXPRESS	Banque/CCG								
DAMANE ATASSYIR	Banque/CCG								

ffre	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Garanties									
AMANE ISTITMAR	Banque/CCG								
AMANE capital isque	CCG/organisme du capital investissement								
onds de arantie projets ouristiques	Banque/CCG								
AMWIL EL FELLAH	Tamwil El Fellah								
AMANE OUKAWALA/ AMANE OUBACHIR	Banque ou Fenêtre Partici-patives/SANAD TAMWIL								
AMANE MOU-AWALA/DAMANE AYN	Banque ou Fenêtre Partici-patives/SANAD TAMWIL								
NTELAK L MOUSTATMIR L QARAWI	Banque/ CCG								
AMANE INTELAK	Banque/CCG								
AMANE OXYGENE	Banque/CCG								
AMANE OXYGENE PI	Banque/CCG								
AMANE RELANCE	Banque/CCG								
ELANCE TPE	Banque/CCG								
UTO-NTREPRENEURS OVID-19	Banque/CCG								
Prise de participation									
onds emergence nvest	Private Equity Initiatives								
onds emergence nvest	Entreprises Partners								
Capital Amor-age et risque	Azur Innovation								
Capital Amor-age et risque	SEAF Morocco Capital Partners								
Capital morçage et isque	Maroc Numeric Fund II								

re	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Foncier									
obilisation des rains maniaux pour s projets nvestissement	Direction des Domaines de l'Etat								
cation des rains maniaux pour s projets nvestissement gricole	Direction des Domaines de l'Etat et ADA								
Fiscal									
onération de TVA sur les ens nvestissement	Direction générale des impôts								
n sujettissement a TVA	Direction générale des impôts								
onération de la A sans droit à duction	Direction générale des impôts								
onération de la A sans droit à duction	Direction générale des impôts								
rème progressif IS avantageux a TPE et PME	Direction générale des impôts								
onération la cotisation nimale /IS	Direction générale des impôts								
onération la cotisation nimale /IR	Direction générale des impôts								
onération IR	Direction générale des impôts								
onération des treprises gricoles de IS	Direction générale des impôts								
onération des opératives IS	Direction générale des impôts								

ffre	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Fiscal									
:onération des ntreprises gricoles de l'IR	Direction générale des impôts								
eutralité fiscale e l'apport de ensemble du assif et de l'actif une société oumise à l'IS	Direction générale des impôts								
leutralité fiscale u titre de l'IS les prises de articipation lans le capital les Startup	Direction générale des impôts								
eutralité fiscale u titre de l'IS e l'opération 'apport par une ssociation portive d'une artie ou de la otalité de ses ctifs et passifs une société portive	Direction générale des impôts								
nposition per- anente à l'IS au aux réduit pour s entreprises xportatrices es produits et ervices	Direction générale des impôts								
nposition ermanente l'IR au taux éduit pour les ntreprises xportatrices es produits et ervices	Direction générale des impôts								
nposition emporaire au aux réduit de R des tablissements rivés 'enseignement u de formation rofessionnelle	Direction générale des impôts								

Offre	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Fiscal									
Imposition temporaire au taux plafonné de l'IS des établissments privés d'enseignement ou de formation professionnelle	Direction générale des impôts								
Imposition temporaire au taux plafonné de l'IS des entreprises artisanales	Direction générale des impôts								
Imposition temporaire au taux réduit de l'IR des entreprises artisanales	Direction générale des impôts								
Exonération temporaire de l'IS suivie d'un taux plafonné de l'IS pour les sociétés sportives	Direction générale des impôts								
Exonération temporaire de l'IS suivie d'un taux plafonné de l'IS pour les sociétés industrielles	Direction générale des impôts								
Exonération de l'IS suivie d'un taux spécifique pour les entreprises qui exercent leurs activités dans les zones d'accélération industrielles	Direction générale des impôts								
Exonération de l'IR suivie d'un taux spécifique pour les entreprises qui exercent leurs activités dans les zones d'accélération industrielles	Direction générale des impôts								

Offre	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Fiscal									
Exonération temporaire de l'IS suivie d'un taux plafonné de l'IS pour les établissements hôteliers, les sociéts de gestion des résidences immobilières de promotion touristique et les établissements d'animation touristique	Direction générale des impôts								
Exonération temporaire de l'IR suivie d'un taux réduit de l'IR de 20% pour les établissements hôteliers, les sociéts de gestion des résidences immobilières- de promotion touristique et les établissements d'animation touristique	Direction générale des impôts								
Imposition temporaire au taux de l'IS plafonné des promoteurs immobiliers au titre des revenus provenant de la location de cités, résidences et campus universitaires	Direction générale des impôts								
Imposition temporaire au taux réduit de l'IR des promoteurs immobiliers au titre des revenus provenant de la location de cités, résidences et campus universitaires	Direction générale des impôts								

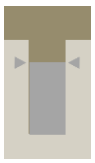
Offre	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Fiscal									
Imposition permanente au taux plafonné de l'IS pour les exploitants agricoles	Direction générale des impôts								
Imposition au taux réduit de l'IR des exploitants agricoles	Direction générale des impôts								
Exonération de la Taxe professionnelle (TP)	Direction générale des impôts								
Exonération occasionnelle des droits d'enregistrement (DE)	Direction générale des impôts								
Exonération occasionnelle des droits d'enregistrement (DE)	Direction générale des impôts								
Exonération occasionnelle des droits d'enregistrement (DE)	Direction générale des impôts								
Régime du bénéfice forfaitaire	Direction générale des impôts								
Régime de comptabilité simplifié, optionnel prévu pour les TPE	Direction générale des impôts								
Régime de l'auto-entrepreneur	Direction générale des impôts								
Abattement de la base imposable	Direction générale des impôts								
Abattement de la base imposable	Direction générale des impôts								

Offre	Organisme	TPE	PME	Start-up	Auto - entrepreneur	Porteur de projet	Exploitant agricole	Personne physique	Autres
Douane									
Régimes économiques en douane	Administration des Douanes et Impôts Indirects								
Facilités de cautionnement	Administration des Douanes et Impôts Indirects								
Zones Franches logistiques	Administration des Douanes et Impôts Indirects								
Auto-certification de l'origine	Administration des Douanes et Impôts Indirects								
Facilités à l'export via le réseau postal	Administration des Douanes et Impôts Indirects								
Procédure simplifiée de dédouanement (ATPA)	Administration des Douanes et Impôts Indirects								
Commande publique									
Accès à la commande publique	TGR,DEPP								
Sous-traitance en faveur de la PME	TGR,DEPP								
Allotissement des marchés publics	TGR,DEPP								
Appui au financement des titulaires des marchés publics	TGR,DEPP								
Amélioration des délais de paiement	TGR,DEPP								
Nantissement des marchés publics	TGR,DEPP								

Annexe 3

Résultat Evaluation proposée de la compétitivité des composants

Échelle dévaluation :

Échelle		*Appréciation*
0 - 1		Inexistant ou très faible base de développement Ressources inexploitables, positionnement non envisageable
1,5 - 2		Base de développement naissante, Effort initié Besoin d'une considération au niveau stratégique Positionnement envisageable
2,5 - 3		Base de développement présente, Besoin au niveau sectoriel (structuration, redirection des ressources, soutien)
3,5 - 4		Base de développement fort présente Besoin au niveau procédure/exécution
4,5 - 5		Base de développement fort présente Positionnement garantie

Évaluation :

Compétitivité	*Composants*						
	PV	***Electrique et Electronique***				**Pompes**	**Structure**
		Variateur	Onduleur	Cablage	Systèmes embarqués		
Potentiel	3,5	4	2	4	4	3	3,5
Main d'œuvre qualifiée	1	3,5	3	4	4	3	4,5
Innovation R&D/ Formation	1	2	2	4	4	2	3
Environnement fiscal/soutien	1,5	3	3	4	3	1	4,5
Existence ecosystème	2	4	4	4	3	2	4,5
Evaluation	9	16,5	14	20	18	11	20
Indice	**0,36**	**0,66**	**0,56**	**0,8**	**0,72**	**0,44**	**0,8**

Annexe 4

Product	Manufacturer	Location	ISO Compliance
IGBT	Vincotech	Germany	ISO/TS16949:2009 ISO 14001
Output Filter Capacitor	EPCOS AG	Hungary	ISO 9001 ISO 14001 ISO TS 16949
Output Filter Inductor	Huawei	China	ISO 9000
Current Sensor	LEM	China	ISO 9001 ISO 14001 ISO TS 16949
Digital Signal Processor	Texas Instruments Inc.	USA	ISO 9001 ISO 16949 ISO 14001
DC Port Terminal	Amphenol East Asia Electronic Technology (Shenzhen)	China	ISO 9001 ISO TS 16949
AC Port Terminal	Amphenol East Asia Electronic Technology (Shenzhen)	China	ISO 9001 ISO TS 16949
Grid Connection Relay	Tyco Electronic Co., Ltd	USA	ISO 9001 ISO 14001 ISO TS 16949
Leakage Current Sensor	Vacuumschmelze GmbH	USA	ISO 9001 ISO 14001
Lightning Protection Module	Shenzhen Haipengxin Electronics	China	ISO 9001 ISO 14001

Références et Bibliographie

- https://www.unido.org/sites/default/files/files/2018-08/PCP-brochure-full-FR.pdf
- https://attijarientreprises.com/sites/default/files/widgets/files/2-%20Plan%20d_acce%CC%81le%CC%81ration%20industrielle_0.pdf
- http://www.cese.ma/media/2020/11/Av-transitionEnergetique-f-1.pdf
- https://www.policycenter.ma/publications/la-strat%C3%A9gie-industrielle-2014-2020-du-maroc-et-ses-implications-potentielles-sur-le
- https://au.int/sites/default/files/newsevents/workingdocuments/35970-wd 1.1._paper_stc_transformation_productive_fre_0.pdf
- https://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Generic-Documents/Industrialize_Africa_FRENCH_FINAL_web.pdf
- http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Bilan_carbone_des_fili%C3%A8res_photovolta%C3%AFques
- https://leseco.ma/business/19-nouvelles-normes-pour-les-produits-photovoltaiques-et-thermiques.html
- https://www.fedenerg.ma/2018/03/29/cluster-solaire-giz-pour-la-creation-dune-filiere-solaire-competitive/ (Prominox industrie 100% Maroc)
- https://www.lepoint.fr/afrique/maroc-un-futur-champion-d-afrique-24-06-2020-2381442_3826.php
- https://www.amic.org.ma/wp-content/uploads/2018/11/innovation.pdf
- https://www.cgem.ma/upload/392118863.pdf
- https://allo.solar/base-de-connaissances/quelles-differences-entre-pwm-et-mppt.html
- https://www.kewoacdrive.com/data/SG320_solar_pumping_drive_catalog.pdf
- https://www.unido.org/sites/default/files/files/202008/UNIDO_Working_Paper_COVID19_SHIP_Project.pdf
- https://mercomindia.com/wp-content/uploads/2020/06/Mercom-India-Clean-Energy-Magazine-Jun-2020.pdf
- https://iea-pvps.org/wp-content/uploads/2020/11/IEA_PVPS_Trends_Report_2020-1.pdf
- https://www.renewablescongress.org/wpcontent/uploads/GRC_REcovery_Bangladesh_FINAL.pdf
- https://www.africa50.com/fileadmin/uploads/africa50/Documents/Knowledge_Center/IRENA_Solar_PV_Costs_Africa_2016.pdf
- https://irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Post-COVID_Recovery_2020.pdf
- https://www.pv-magazine.com/2021/04/26/african-solar-installers-feel-the-pinch-of-rising-panel-prices/
- https://www.res4med.org/wp-content/uploads/2018/06/Country-profile-Marocco-2.pdf
- https://www.sma-uk.com/newsroom/current-news/news-details/news/145-south-africa-local-

production-of-sma-central-inverters-launched-and-second-megawatt-pv-power-pl.html

- https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2020/07/SolarPower-Europe-webinar-presentation-agri-pv-in-africa.pdf