

# Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie en Tunisie :

## Énergie Renouvelable et Efficacité Énergétique



Réalisée par : Centre de Recherches et des Technologies de l'Énergie,  
Technopôle de Borj-Cédria, Tunis, Tunisie

Experts : Mongi BOUAICHA et Brahim BESSAIS

ANME : Consultation restreinte 7/2022

Année : 2022

# CHAPITRE I

## ETAT DES LIEUX

### 1 Préambule

Considérant que :

- 1) La recherche et développement (R&D) et l'innovation sont des processus relativement complexes qui requièrent un écosystème viable et un environnement propice à la création de la **valeur ajoutée et à la valorisation et la commercialisation** des résultats de la recherche. Leur promotion nécessite la conjugaison d'efforts à la fois sectoriels et transversaux.
- 2) Transformer l'économie tunisienne en une économie verte respectueuse de l'environnement et génératrice de richesses et d'emplois durables requiert la collaboration de tous : Professionnels de la formation, de la recherche et de la production, secteurs publics et privés, structures de soutien, de promotion et de financement, etc.
- 3) La promotion d'initiatives et **projets d'Énergies Renouvelables** (ER) et **d'Efficacité Énergétique** (EE) efficaces, efficientes et pérennes à travers le développement synergique des ressources et capacités académiques et industrielles, doit être faite selon une démarche systémique cohérente avec la vision du développement durable.
- 4) Dans une économie globalisée, la diffusion des ER et de l'EE va bien au-delà des frontières de la Tunisie. Elle doit intégrer aussi bien la **coopération internationale** (y compris avec les réseaux homologues) que les marchés porteurs émergents, notamment celui de l'Afrique.
- 5) Les capacités et ressources mobilisées pour le développement des ER & de l'EE au profit de l'économie et, plus généralement, de la société tunisienne, nécessitent d'être constamment optimisées et hissées à leur meilleur niveau de compétitivité.
- 6) Les ER ont des impacts socioéconomiques qui dépassent largement les simples intérêts commerciaux ou académiques. Elles participent à une vision de modèle sociétal conforme aux nouvelles aspirations du peuple tunisien, et par conséquent leur développement doit associer, en plus des expertises techniques, **le savoir-faire des chercheurs** en sciences humaines, économiques et sociales, ainsi que celui des associations d'utilisateurs et autres ONG sur le terrain.
- 7) La qualification des **ressources humaines** (chercheurs, ingénieurs, techniciens, sociologues, managers, experts en marketing et en finance, etc.) constitue l'une des premières conditions de réussite de l'installation **des chaînes de valeur liées à l'exploitation et à l'industrialisation des ER**.

En réponse aux considérations précédentes, et sur initiative de l'ANME, cette dernière engage une **étude sur le potentiel de la R&D dans les différents secteurs de l'énergie**, en scrutant des solutions flexibles capables de faire de la **R&D**, dans ce domaine, un moteur de décision, de développement et de création de richesses.

Dans le cadre de la maîtrise de l'énergie, l'ANME s'est fixé les objectifs suivants en matière de recherche et de développement dont :

- Le développement des technologies économes en énergie et celles utilisant les ER,
- L'augmentation du taux d'intégration local relatif à la fabrication d'équipements à haute *efficacité énergétique* et utilisant les *ER*, et
- La réduction des coûts des équipements et l'amélioration de leur efficacité et de leur compétitivité.

Néanmoins, étant donné son statut d'agence d'objectifs, l'ANME ne réalise pas elle-même de recherche et ne dispose pas de laboratoires de recherche. Sa mission et sa vocation sont de contribuer au *développement de la recherche* dans ce secteur et d'apporter un *soutien technique* et financier afin d'en assurer le développement.

*Avant de commencer notre analyse, nous estimons qu'il est judicieux de donner quelques définitions qui permettraient de discerner entre R&D et innovation, ce qui permettrait au lecteur de mieux comprendre les objectifs de cette étude aux ramifications complexes.*

## 1.1 Quelques définitions importantes

### 1.1.1 La R&D

La recherche et le développement expérimental (R&D) englobe les *activités créatives* et systématiques entreprises en vue *d'accroître la somme des connaissances* et de concevoir de nouvelles applications à partir des connaissances disponibles. Elle englobe la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement expérimental.

Pour être considérée comme relevant de la R&D, une activité doit remplir cinq critères de base. Elle doit comporter un élément :

- De nouveauté,
- De créativité,
- D'incertitude,
- Systématique, et
- Transférable et/ou reproductible.

On distingue trois grandes composantes de la recherche et développement : la recherche fondamentale, la recherche appliquée et le développement expérimental.

Le développement expérimental consiste en des travaux systématiques fondés sur des connaissances existantes obtenues par la recherche ou l'expérience pratique, en vue de lancer la fabrication de nouveaux matériaux, produits ou dispositifs, d'établir de nouveaux procédés, systèmes et services, ou d'améliorer considérablement ceux qui existent déjà.

Les entreprises qui *investissent en R&D* gagnent une part de marché supplémentaire et s'assurent de garder, voire mieux se positionner sur ledit marché.

A titre indicatif, et pour mieux se positionner par rapport aux pratiques internationales, nous donnons dans les trois tableaux suivants les dépenses de la R&D de la Tunisie et de certains pays, le nombre de chercheurs par million d'habitants, ainsi que le classement des top 10 pays qui investissent le plus en R&D.

Tableau 1 : Dépenses de recherche-développement en proportion du PIB. Source : UIS Stat (UNESCO)/Objectifs du développement durable.

Pays	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tunisie	0.59	0.57	0.70	0.72	0.75	----
Égypte	0.72	0.71	0.68	0.72	0.84	0.96
Portugal	1.24	1.28	1.32	1.35	1.40	1.62
Suède	3.22	3.25	3.36	3.32	3.39	3.53
Monde	1.69	1.70	1.72	1.75	1.81	1.93

Le tableau 3 repose sur les calculs de l'UNESCO ; les dix premiers pays comptent pour 80 % de la dépense mondiale.

Tableau 2 : Nombre de chercheurs (équivalent temps plein) par million d'habitants

Pays	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Tunisie	1800.1	1997.4	1945.5	1812.3	1744.9	1659.9
Égypte	672.9	689.2	677.1	686.7	825.0	838.0
Portugal	3729.8	4004.6	4367.7	4646.1	4905.7	5214.8
Suède	6834.0	7154.5	7383.4	7536.5	7834.4	7930.2
Monde	1160.0	1182.8	1215.1	1265.0	1317.4	1341.8

Tableau 3 : Classement des pays par dépenses en Recherche et Développement.

Rang	Pays
1	États-Unis
2	Chine
3	Japon
4	Allemagne
5	Corée du Sud
6	France
7	Inde
8	Royaume-Uni
9	Brésil
10	Russie

### 1.1.2 L'innovation

L'innovation désigne l'introduction sur le marché *d'un produit ou d'un procédé nouveau* ou significativement *amélioré* par rapport à ceux précédemment élaborés. En termes économiques, *l'innovation décrit la conception et la mise en œuvre d'idées et de technologies qui améliorent des biens et des services ou en rendent la production plus efficace*. Elle peut aussi être définie comme la mise en œuvre d'un *produit (bien ou service) ou d'un procédé nouveau ou sensiblement amélioré, d'une nouvelle méthode de commercialisation ou d'une nouvelle méthode organisationnelle dans les pratiques de l'entreprise, l'organisation du lieu de travail ou les relations extérieures*.

On considère que l'innovation revêt une orientation *marché* tandis que la R&D, une orientation *scientifique/technique*. Autrement dit :

- Le projet *d'innovation* tient d'une veille concurrentielle concernant un état du marché et de la concurrence à un instant donné. Il permet la conception d'un produit ou d'un prototype nouveau présentant des performances supérieures sur l'un de ces aspects : l'ergonomie, l'éco-conception, les fonctionnalités ou la technique.

- Le projet de *R&D* implique une *augmentation du niveau des connaissances* par rapport à l'état de l'art et une confrontation aux verrous technologiques et difficultés qui auraient été identifiés. La résolution de ceux-ci doit passer par la mise en place d'un *processus créatif/inventif qui peut conduire à la publication d'articles/brevets*.

*En somme, l'innovation se différencie de la R&D simplement par le fait que la R&D transforme l'argent en connaissances, alors que l'innovation transforme ces connaissances en opportunités commerciales.*

## 1.2 Situation des ER et de l'EE en Tunisie

*Le charbon, le pétrole et le gaz naturel restent les principales sources d'énergie mondiales (Figure 1), même si les ER ont commencé à augmenter rapidement. Quelle est la situation de la Tunisie dans ce contexte ?*

La Tunisie est, aujourd'hui, à la croisée des chemins et doit choisir entre deux alternatives ; soit favoriser et penser uniquement au *déploiement des ER pour produire de l'énergie électrique en utilisant en grande majorité des services et des produits importés et se positionner par conséquent comme consommateur passif*, soit *intégrer dès maintenant dans la démarche de déploiement des ER l'émergence de nouvelles filières (Solaire, Hydrogène, etc.)*, afin d'intégrer une part significative de la *R&D, des produits et des services locaux pour la création de fortes valeurs ajoutées technologiques, avec à la clé, la création de milliers de nouveaux emplois*. En clair, nous devons aller vers des ruptures technologiques à travers l'élaboration de stratégies permettant d'intégrer certaines chaînes de valeurs : Solaire, Hydrogène, etc. Il faut arrêter d'accepter la résignation qui nous guide vers l'importation aux dépens de la *création de valeurs R&D, de services et d'industries en Tunisie*. Il faut arrêter de déclasser la Tunisie par le renoncement de certaines parties prenantes dans les secteurs de hautes technologies et d'innovations, sous prétexte qu'on ne pourrait pas y arriver à cause en particulier des mastodontes mondiaux. La Corée du Sud, le Rwanda, Singapour et autres pays ne seraient pas ce qu'ils sont aujourd'hui, s'ils avaient dès le départ renoncé et manqué d'avoir de grandes ambitions.

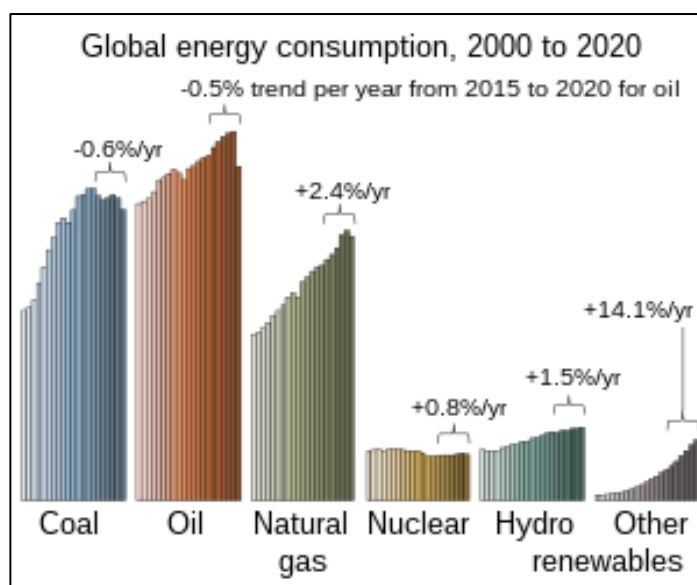


Figure 1 : Consommation énergétique mondiale globale entre 2000 et 2020. [1]

*L'avenir ne dépend que de nous. Aux générations futures, nous devons léguer notre héritage de connaissances et de savoir à travers notre audace, nos ambitions, notre vision et nos stratégies orientées vers l'avenir et la vraie création de richesses et d'inclusivité économique.*

### 1.2.1 Energies renouvelables (état des lieux)

La situation énergétique actuelle en Tunisie est marquée par un déclin des ressources d'énergie primaire : durant la période 2010-2019 on a assisté à une baisse de ces ressources d'environ 7% par an, pour passer de 7.8 Mtep en 2010 à 3.9 Mtep en 2019.

La situation énergétique est également marquée par une croissance des besoins en énergie primaire : durant la même période 2010-2019, on a assisté à une augmentation de ces besoins de plus de 2% par an, pour passer de 8.4 Mtep en 2010 à 9.6 Mtep en 2019.

Cette situation a vu le déficit énergétique multiplié par **10 fois au bout 8 ans** en passant de 0.6 Mtep en 2010 à 5.7 Mtep en 2019, et par conséquent, près de la moitié de nos besoins en énergie primaire doivent être sécurisés par l'importation, ce qui rend notre sécurité d'approvisionnement de plus en plus fragile, sans oublier les impacts secondaires tels que la subvention de l'État et les dépenses en devises étrangères.

En outre, le mix électrique actuel de la Tunisie est à son tour **très peu diversifié**, avec une forte **dépendance au gaz naturel**, qui représente actuellement environ 97% de la consommation du secteur électrique ; cet état de fait pose **un sérieux problème de sécurité de production** électrique, étant donné que les ressources nationales en gaz naturel produites sur le territoire tunisien n'arrivent actuellement à couvrir qu'environ le **1/3 du besoin national, et le reste provient de l'Algérie** sous forme d'importation ou de redevance.

Pour remédier à cette situation alarmante, la Tunisie s'est engagée dans une nouvelle stratégie de transition énergétique (TE). Cette nouvelle stratégie vise essentiellement la **réduction du déficit énergétique et de la dépendance énergétique du pays**, et ce à travers un ensemble de mesures, dont notamment, le développement massif des **ER** et l'accélération des projets **d'EE**.

La TE dans notre pays se passe sans réelle intégration du contenu local et cette situation met la Tunisie en position de **consommateur passif, et non en position d'intégrateur de valeurs ajoutées dans la chaîne de valeurs** (exemple le photovoltaïque). Il est donc impératif de réétudier la situation afin de **créer de la valeur et des emplois en amont**. Nous rappelons dans ce même cadre qu'une centrale solaire en exploitation n'emploie que peu ou presque pas de ressources humaines car elle est totalement télépilotée. Mais les vrais emplois sont dans **la chaîne de valeurs en amont**, en particulier au niveau de la **R&D, des études, de la conception, et de l'industrie des composants solaires**.

Malgré cette situation, qui semble alarmante, la Tunisie pourrait, dans sa TE, **développer de grandes ambitions, disposer d'une grande vision et d'une réelle stratégie, afin de créer de la valeur ajoutée dans l'industrie et les services (R&D, savoir-faire, emploi des techniciens et des ingénieurs, etc.), réduire le déficit énergétique pour le pays jusqu'à sa neutralisation, réduire la facture énergétique au plus bas pour les consommateurs et essayer de la neutraliser, tendre vers un prix très bas pour les opérateurs économiques, se raccorder au plus vite aux pays limitrophes du bassin méditerranéen et/ou africains pour leur fournir de l'électricité à des prix très compétitifs**. [2]

### 1.2.2 Efficacité énergétique (état des lieux)

Au début des années 2000, en raison de l'épuisement des réserves de pétrole et de la hausse rapide de la demande intérieure, la Tunisie est devenue importateur net d'énergie. Le taux de consommation d'énergie, évalué à 0.4 Tep pour 1 000 dollars de produit intérieur brut, était plus élevé que celui de l'Europe et de nombreux pays voisins. Dans le même temps, le secteur industriel de la Tunisie faisait face à une pression croissante liée à la concurrence en provenance de l'Asie et au faible coût de ses exportations. La réussite d'un projet visant à encourager l'utilisation de chauffe-eau

solaires (projet géré par la Banque mondiale et financé par le FEM (Fonds pour l'Environnement Mondial)), a laissé entrevoir la possibilité d'appliquer des stratégies de *maîtrise de l'énergie* similaires dans le secteur industriel. Une utilisation rationnelle de l'énergie permettrait aux entreprises de réduire leurs coûts de production, augmentant ainsi leur compétitivité, et de protéger l'environnement en réduisant les émissions. *L'enjeu crucial était d'offrir les conditions et les incitations financières adéquates pour encourager les investissements en faveur de l'EE.*

En 2004, le gouvernement a lancé le **Programme EE** dans le secteur industriel. En appui au programme, un projet géré par la Banque mondiale et financé par le **FEM** a été élaboré en vue de promouvoir la mise en place d'un marché viable pour les produits à faible consommation d'énergie. Outre la levée des obstacles liés aux institutions et aux capacités, il visait à créer des sociétés de services énergétiques qui étaient censées constituer le principal instrument pouvant garantir l'existence d'un marché durable de l'EE. Au moment où s'achevait le programme de promotion des chauffe-eau solaires, des discussions étaient en cours concernant un second projet axé sur le secteur industriel. Les objectifs, ainsi que les moyens à mettre en œuvre pour les atteindre ayant été clarifiés, un projet a été conçu autour de trois composantes étroitement liées : une phase pilote axée sur l'EE financée par le FEM, qui visait à promouvoir des mesures d'économie d'énergie au moyen d'une subvention basée sur les résultats ; un fonds de garantie partielle du FEM qui avait pour but d'encourager le recours aux sociétés de services énergétiques en offrant des garanties de crédit aux entreprises qui concluaient des contrats avec ces compagnies (jusqu'à concurrence de 200 000 dollars) ; et une composante d'assistance technique par le FEM qui visait à renforcer et développer la capacité technique des parties prenantes, clés pour gérer les investissements en faveur de l'EE.

Grâce au soutien du FEM, le projet a obtenu les résultats suivants :

1. **L'aide fournie à l'investissement a encouragé l'adoption par les moyennes et grandes entreprises des mesures visant à améliorer l'EE à travers les sociétés de services énergétiques.**
2. **La mise en place d'un fonds de garantie partielle de crédit a facilité le financement des projets.**
3. **Une assistance technique et une formation ont été fournies aux parties prenantes (institutions publiques, entreprises industrielles, institutions financières, fournisseurs de services d'énergie, sociétés de services énergétiques, etc.).**
4. **Contribution du Groupe de la Banque mondiale.** La Banque mondiale a fourni une assistance technique et a assuré la conduite générale du projet, tandis que le **FEM** a apporté un financement de 8.5 millions de dollars.

#### 5. **Partenaires**

Le coût total du projet était de 31.8 millions de dollars. Outre le financement du FEM, le secteur privé local a fourni une contribution de 18.4 millions de dollars, tandis qu'un montant additionnel de 5 millions de dollars a été financé sur les fonds publics.

#### 6. **Perspectives**

Une des principales interrogations au moment de la clôture du projet concernait la durabilité des mécanismes d'intermédiation financière comme garantie fiable d'une réserve durable de projets d'EE dans le secteur industriel. À travers le projet d'EE en cours (approuvé en juin 2009), le pays tire parti de l'expérience acquise par le Groupe de la Banque mondiale dans le cadre de ses précédents projets de prêts et de dons en Tunisie, ainsi que d'activités d'analyse qui identifieront les mesures à prendre pour venir à bout des facteurs qui freinent l'investissement en faveur de l'EE. Le but du projet est d'accroître les investissements réalisés dans l'EE industrielle et la cogénération et, de contribuer ainsi à la réalisation du nouveau programme quadriennal de maîtrise de l'énergie du gouvernement tunisien (voir ci-après).

#### 7. **Bénéficiaires**

Les bénéficiaires directs du projet ont été les sociétés industrielles, les ingénieurs-conseils, les sociétés de services énergétiques nouvellement créées et les institutions financières

(banques, sociétés de crédit-bail). Toutes les parties prenantes ont participé directement ou indirectement au cours de la mise en œuvre dudit projet.

## 2 Contexte de l'étude

Cette étude est réalisée dans le cadre de la consultation nationale restreinte 7/2022 lancée par l'ANME. Elle consiste à élaborer une vision claire en matière de R&D dans le secteur de l'énergie, principalement les domaines des ER et de l'EE. Le contexte de cette étude est lié à celui de l'énergie en Tunisie, lequel est caractérisé par des ressources fossiles limitées, une baisse continue de la production et un accroissement continu de la demande d'énergie primaire. Cette différence entre la production d'énergies fossiles et la demande en hydrocarbures a fait apparaître un déficit au niveau du bilan d'énergie primaire du pays qui a atteint 52% en 2021. [3]

Pour faire face à cette situation énergétique déficitaire, la Tunisie a opté pour une nouvelle vision énergétique et a adopté une stratégie de Transition Énergétique reposant sur les objectifs fondamentaux suivants :

- La réduction de la demande énergétique primaire de 30% à l'horizon 2030, par rapport au scénario tendanciel de 2010,
- L'augmentation de la part des ER dans la production de l'électricité à 35% à l'horizon 2030 par rapport à l'année référence de 2010, et
- La réduction de 45% de l'intensité carbone en 2030, et ce, par rapport à l'année 2010.

La stratégie mise en place par la Tunisie dans le domaine de l'énergie vise à réaliser la sécurité énergétique du pays et à diversifier ses sources ainsi qu'à garantir la gouvernance et le développement durable.

Ainsi, les perspectives d'un développement durable, projetées par le pays ces dernières années, dépendent d'un approvisionnement en énergie pérenne, sécurisé et compétitif avec un impact réduit sur l'environnement. La principale composante de ces perspectives est la maîtrise de la demande énergétique laquelle constitue un défi majeur qui demande d'importants investissements, d'importants travaux de R&D avec un fort besoin en infrastructures de recherche dédiées. [3]

A cet effet, la stratégie nationale vise la production de 3800 mégawatts d'énergie solaire d'ici 2030, dans le cadre du Plan Solaire Tunisien (PST), ce qui permettra la réduction de 30% de la consommation d'énergie primaire et la production de 35% de l'électricité à partir des ER, d'ici 2030.

Par ailleurs, le gouvernement engagera plusieurs réformes structurelles dans le domaine des ER, dont l'instauration d'une instance de régulation pour le secteur électrique et la publication d'un magazine dédié aux énergies renouvelables.

## 3 Objectifs et méthodologie de l'étude

Cette étude consiste en l'élaboration d'une étude sur le potentiel de la R&D dans le secteur des ER et de l'EE en Tunisie.

La présente étude sera réalisée sur une année, au cours de laquelle trois livrables seront rédigés et soumis à l'ANME.

Le premier livrable (ce document), traite de l'état des lieux en matière de R&D en ER et EE dans le pays. Le deuxième concerne la proposition de scénarios pour une meilleure synergie entre le monde académique et celui socio-économique. De ce fait, nous avons étendu l'étude faite dans ce livrable à

un recensement qui englobe tous les acteurs socio-économiques opérant dans les secteurs ER et EE. Ainsi, ce document scrute un inventaire minutieux de tous les acteurs et toutes les actions dans ce domaine et concerne en particulier :

- Le recensement des acteurs dans le domaine des ER et de l'EE public et privé,
- Le recensement des programmes nationaux en se positionnant par rapport aux programmes internationaux,
- Le recensement des infrastructures universitaires, des institutions d'enseignement supérieur et des structures de recherches,
- Le recensement des projets de recherche nationaux et internationaux,
- Le recensement des mécanismes d'incitations, et
- Une étude bibliométrique sur la R&D dans le domaine des ER et l'EE.

Dans le deuxième livrable, les experts présenteront les scénarios possibles et réalisables dans le contexte national. Les tâches à réaliser sont :

- Proposition de mécanismes pour créer une synergie efficiente entre les structures de recherches œuvrant dans le domaine des ER et EE, et dans les domaines annexes,
- Proposition de scénarios de rapprochement entre le monde de la R&D et le monde socio-économique,
- Proposition d'une stratégie d'incitation à la participation aux projets internationaux de R&D, et
- Identification des ressources financières et logistiques à mobiliser pour la mise en place de la présente stratégie.

Le troisième livrable consiste à accompagner le Comité Scientifique créé à l'ANME dans ses travaux durant une année. Au cours de ce livrable, les experts auront les tâches suivantes :

- Elaboration d'un plan d'action du Comité,
- Préparation et suivi des réunions du Comité, et
- Rédaction des comptes-rendus.

## 4 Recensement des acteurs dans le domaine des ER et EE

On attend de cette étude à ce qu'elle soit aussi complète que possible pour garantir son aide à la décision. Ainsi, quoiqu'elle concerne la R&D dans les domaines des ER et l'EE, présenter la situation actuelle de la synergie entre le monde académique et le monde socio-économique demeure important dans ce domaine ; le livrable 2 de cette étude présente les meilleurs scénarios pour une synergie efficiente.

Dans cette partie, nous présentons un recensement détaillé et précis de tous les acteurs nationaux dans le domaine des ER et EE. En plus de l'ANME, dont le rôle est central dans ce secteur, nous avons consulté les bases de données du ministère de l'industrie, des mines et de l'énergie, du ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique, du ministère chargé de la formation professionnelle, ainsi que toutes les agences et organismes travaillant sous la tutelle de chacun des départements ministériels concernés. Les acteurs identifiés relèvent des domaines public et privé.

### 4.1 Le secteur public

En Tunisie, tous les ministères publics sont concernés par la transition énergétique. Néanmoins, si la majorité est impliquée en tant qu'utilisateur, les principaux grands acteurs qui opèrent dans le domaine des ER et EE en tant qu'intervenants politique, législatif, économique, financier, scientifique et technique sont : [2]

- La présidence de la république,
- La présidence du gouvernement,
- La banque centrale,
- L'assemblée des représentants du peuple,
- Le ministère des finances,
- Le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique,
- Le ministère de l'industrie, des mines et de l'énergie,
- Le ministère de l'économie et de la planification,
- Le ministère du commerce et du développement des exportations,
- Le ministère de l'agriculture, des ressources hydrauliques et de la pêche maritime,
- Le ministère de la coopération étrangère,
- Le ministre de l'emploi et de la formation professionnelle,
- Le ministère du transport, et
- Le ministère de l'environnement.

Nous allons dans ce qui suit énumérer les structures gouvernementales et les organismes d'appui au secteur des ER et EE, et ce, d'un point de vue purement scientifique et technique. Les aspects règlementaires, financiers et politiques ne seront pas développés dans cette étude.

#### **4.1.1 Principaux acteurs dans l'organisation du secteur de l'énergie en Tunisie**

Le ministère chargé du secteur de l'énergie travaille en étroite collaboration avec les autres ministères et les hautes structures de l'état à travers les acteurs suivants :

- ANME,
- Autorité Spécialisée : Autorité spécialisée chargée de l'examen des problématiques relatives aux projets d'énergies renouvelables,
- CIPIE : Commission Interdépartementale de la Production Indépendante d'Electricité,
- CTER : Commission Technique de production privée d'électricité à partir des Energies Renouvelables,
- CSPIE : Commission Supérieure de la Production Indépendante d'Electricité,
- IPP : Producteurs d'Electricité Indépendants («Independent Power Producer»), et
- STEG : Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz.

#### **4.1.2 Les acteurs scientifiques et techniques**

Les acteurs scientifiques et techniques concernés par la R&D dans le domaine des ER et EE, appartiennent au ministère de l'industrie, de l'énergie et des mines (énumérés dans le paragraphe précédent) et le ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique :

##### **Ministère de l'industrie, des mines et de l'énergie**

- L'ANME,
- La STEG,
- La STEG énergie renouvelable, et
- La STEG international.

##### **Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique**

- Centre de Recherches et des Technologies de l'énergie de Borj-Cédria,
- Les laboratoires de recherches,

- Les unités de recherches,
- Les institutions universitaires assurant un enseignement dans le domaine des ER et EE,
- Les ISETs,
- L'ANPR (Agence Nationale de Promotion de la Recherche), et
- Les centres de formation (à noter que la formation est aussi assurée par d'autres centres de formation relevant d'autres ministères et du secteur privé).

### ***Le Cluster Tunisien des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique (TUNICREEE)***

Le TUNICREEE est le premier réseau professionnel qui rassemble les industriels, les institutions publiques et privées, et les institutions de recherche scientifique qui interviennent dans les domaines des ER et l'EE. Il est né d'une volonté des intervenants de la filière des ER et EE de se regrouper, de rechercher des synergies entre ses membres et de constituer une force de propositions vis-à-vis des pouvoirs publics. <https://tunicreee.org/>

### ***Les technopôles***

- Technopôle de Borj-Cédria (Ecopark Borj-Cédria) : Energie renouvelable, Matériaux, eau et environnement, Biotechnologie végétale.
- Pôle de compétitivité de Sousse : Industrie mécanique, électronique, Informatique.
- Pôle industriel et technologique de Gabes : Ecotechnologies, Energies renouvelables, Valorisation des ressources, Matériaux de construction, Géothermie, TIC, Artisanat, Ecotourisme.
- Pôle de compétitivité de Gafsa : Efficacité énergétique, Analyse industrielle, Intensification Bio-carburants, etc.

#### ***4.1.3 Les structures publiques d'appui***

La réussite des actions de la transition énergétique dépend des mécanismes d'appui mis en place. Ces derniers couvrent tous les domaines ; législatif, technique, financier, promotionnel, coopération, statistique, logistique, etc. A cet effet, nous avons identifié les structures suivantes :

- Banques (publiques et privées),
- APII (Agence de Promotion de l'Industrie et de l'Innovation),
- APIA (Agence de Promotion de l'Investissement Agricole),
- ITI (Instance Tunisienne de l'Investissement),
- AFI (Agence Foncière Industrielle),
- BMI (Bureau de Mise à Niveau),
- CETIME (CEntre Technique des Industrie Mécaniques et Électriques) équipé d'un laboratoire de test des modules photovoltaïques,
- CTMCCV (Centre Technique des Matériaux de Construction, de la Céramique et du Verre),
- CTC (Centre Technique et de la Chimie),
- CEPEX (CEntre de Promotion des Exportations),
- FIPA (Agence de Promotion de l'Investissement Extérieur),
- INS (Institut National des Statistiques),
- INM (Institut National de Météorologie),
- INNORPI (Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle),
- TUNAC (Conseil National d'Accréditation),
- CITET (Centre International des Technologies de l'Environnement),
- ANGED (Agence Nationale de GEstion des Déchets),

- ANPE (Agence Nationale de Protection de l'Environnement),
- CNFCPP (Centre National de la formation Continue et de promotion professionnelle)
- CENAFFIF (CEntre NATional de Formation de Formateurs et d'Ingénierie de Formation), et

#### **4.1.4 Les organismes d'appui**

Plusieurs organismes professionnels fond appui aux domaines liés aux ER et EE, il s'agit de :

- UTICA (Union Tunisienne de l'Industrie, du Commerce et de l'Artisanat),
- CSNER (chambre Syndicale des Energies Renouvelables),
- CSPV (Chambre Syndicale du Photovoltaïque),
- CONECT (Confédération des Entreprises Citoyennes de Tunisie),
- OIT (Ordre des Ingénieurs Tunisiens),
- OAT (Ordre des Architectes Tunisiens),
- ANBEIC (Association Nationale des Bureaux d'Etudes et des Ingénieurs Conseils),
- MEDREC (Centre Méditerranéen des Energies Renouvelables).
- Chambres Mixtes : Elles facilitent les relations industrielles, commerciales et de services entre les partenaires nationaux et étrangers. Leurs activités sont assurées par leur "Conseil des Chambres Mixtes" (CCM) et contiennent actuellement les chambres suivantes :
  - CTFCI (Chambre Tuniso-Française de Commerce et d'Industrie),
  - CTICI (Chambre Tuniso-Italienne de Commerce et d'Industrie),
  - CTAIC (Chambre Tuniso-Allemande de l'Industrie et du Commerce),
  - CTBCI (Chambre Tuniso- Britannique du Commerce et d'Industrie),
  - CCTNL (Chambre Tuniso-Néerlandaise pour le Commerce et l'Industrie),
  - CCTBL (Chambre de Commerce Tuniso-Belgo-luxembourgeoise),
  - TACC (Chambre de Commerce Tuniso-Américaine), et
  - CCTC (Chambre de Commerce Tuniso-Canadienne).

#### **4.1.5 Les laboratoires de tests**

- Soufflerie pour tester et calibrer les anémomètres au CRTEn, Borj-Cédria,
- Banc d'essais des chauffe-eau solaires, CRTEn, Borj-Cédria,
- LCAE (Laboratoire Central d'Analyses et d'Essais),
- CETIME : Laboratoire de test des panneaux photovoltaïques, et
- LCAEEE – CETIME : (Laboratoire de Contrôle, d'Analyses et d'Essais Électriques et Electroniques).
- CTMCCV : Test sur les CES.

#### **4.1.6 Organismes et banques impliqués dans la coopération internationale**

##### **4.1.6.1 Organismes**

- GIZ : La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH.
- JICA : Agence japonaise de coopération internationale.
- PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement.
- ESCWA : Commission Economique et Sociale pour l'Asie Occidentale.
- AFD : Agence Française de Développement.
- SECO : Secrétariat d'Etat à l'Economie, Suisse.
- USAID : U.S. Agency for International Development.
- KOICA : KOREAN International Cooperation Agency.
- AHK Allemagne : Chambre Tuniso-Allemande de l'industrie et du commerce.

- RECREE : RECRI Centre Euro-méditerranéen.
- MEDREC : MEDiterranean Renewable Energy Centre.

#### 4.1.6.2 Banques

- BM : Banque Mondiale.
- BAD : Banque Africaine de Développement
- BEI : Banque Européenne d'Investissement.
- KFW : Kredtanstalt Für Wiederaufbau.

## 4.2 Structures impliquées dans les études, l'assistance, l'exécution, la fourniture des équipements & consommables et la formation

Dans le secteur privé, nous nous sommes principalement basés sur des données collectées dans la base de données REEME [4], et sur une étude faite par la société de gestion à la Technopôle de Borj-Cédria en 2013 [5]. Les intervenants dans les secteurs des ER et EE et des domaines annexes sont répertoriés en trois familles :

- Domaine des études et de l'assistance,
- Domaine des exécutions et des fournisseurs d'équipements et consommables, et
- Domaine de la formation.

Les données collectées sont représentées sous forme de tableaux dans lesquels on donne la nature de la prestation et le nombre de bureaux qui assurent cette prestation. Pour plus de détails sur les coordonnées de ces fournisseurs, le lecteur pourrait trouver l'information dans la base de données REEME en cliquant sur "Recherche", puis en sélectionnant la rubrique correspondant à la nature de sa recherche. [4]

### 4.2.1 Domaine des études et de l'assistance

Nous avons relevé neuf (09) catégories totalisant 310 fournisseurs de services relatifs aux études et à l'assistance (tableau 4) ; nous détaillons dans ce tableau la nature de l'étude/assistance et le nombre de bureaux assurant cette étude/assistance. A noter que certains bureaux d'études peuvent faire des audits de différentes catégories. Ainsi le total de 310 fournisseurs de services devrait être plus grand que le nombre de bureaux.

Tableau 4 : Nombre de bureaux assurant la prestation Etude/Assistance.

N°	Étude et Assistance	Nombre de bureaux
1.	Audit énergétique industrie	49
2.	Audit énergétique sur plan	20
3.	Audit énergétique tertiaire	42
4.	Audit énergétique transport	03
5.	Consultation préalable	48
6.	Audit énergétique Industrie, Étude de faisabilité cogénération	49
7.	Étude de faisabilité solaire photovoltaïque	56
8.	Étude de faisabilité solaire thermique collectif	23
9.	Étude éclairage	20
	<b>Total</b>	<b>310</b>

#### 4.2.2 Domaine de la formation

Dans le domaine de la formation, nous avons relevé 03 catégories qui concernent la conduite économique (véhicules/machines), le solaire photovoltaïque et le solaire thermique. Le nombre total de prestataires est 48, pour chaque catégorie le nombre est donné dans le tableau 5.

Tableau 5 : Nombre de bureaux assurant la formation en ER et EE.

N°	Formation	Nombre de bureaux
1.	Conduite économique	21
2.	Photovoltaïque	25
3.	Thermique	02
<b>Total</b>		<b>48</b>

#### 4.2.3 Domaine de l'exécution et fournisseurs des équipements et des consommables

##### 4.2.3.1 Fabrication des panneaux photovoltaïques

A l'heure actuelle, la Tunisie possédait 05 usines de fabrication de panneaux photovoltaïques. Actuellement, il reste uniquement deux sociétés en activités ; IFRI-SOL et Alphanis. Nous avons mentionné les sociétés qui ont fermé leurs portes (couleur grise) pour d'éventuelles analyses des raisons de leurs fermetures. Les usines font uniquement de l'encapsulation en assemblant des cellules photovoltaïques importées. Les données relatives aux sociétés identifiées sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 6 : Les cinq (05) entreprises tunisiennes opérant dans le domaine de la fabrication des panneaux photovoltaïques.

N°	Nom de l'entreprise	Adresse
1.	NR SOL	B.P. 51, Z.I. Ennadhour, Zaghouen, 1160 Tunisie, <a href="http://www.nr-sol.com">www.nr-sol.com</a>
2.	AURASOL	Bureau B4, 2010, La Manouba, Technopôle la Manouba, <a href="http://www.aurasol-pv.com">www.aurasol-pv.com</a>
3.	ENERGY INDUSTRIES	Z.I Bousalem 8170, Jendouba, <a href="http://www.energy-industries.com">www.energy-industries.com</a>
4.	IFRI – SOL	Adresse 1 : Z. I. Enfidha, Tunisie Adresse 2 : Z. I. Sbikha 2, Kairouan – Tunisie, <a href="https://www.ifrisol.solar/fr/">https://www.ifrisol.solar/fr/</a>
5.	Alphanis	BP 39, 4000, Sousse, Tunisie <a href="https://www.facebook.com/people/Soci%C3%A9t%C3%A9-Alphanis/100057148492336/">https://www.facebook.com/people/Soci%C3%A9t%C3%A9-Alphanis/100057148492336/</a> Site web: <a href="http://www.alphanis.tn">www.alphanis.tn</a>

##### 4.2.3.2 Exécution et fournisseurs des équipements et des consommables

Nous avons relevé neuf (09) catégories totalisant 618 entreprises et fournisseurs dans les catégories détaillées au tableau 7 [4]. De plus, nous avons repéré des fournisseurs de batteries photovoltaïques (PV) et de systèmes et pièces pour générateurs éoliens [5]. Le recensement est donné dans le tableau 7.

Tableau 7 : Liste et nombre des fournisseurs/entreprises selon leurs types d'interventions dans le domaine des ER et EE.

N°	Exécution et Fournisseurs des équipements et consommables	Nombre de bureaux
1.	Entreprise d'installation solaire collectif	21
2.	Fournisseurs chauffe-eau solaire	19
3.	Fournisseur générateur	05
4.	Fournisseurs de produits d'éclairage	35
5.	Fournisseurs de produits d'isolation thermique	34
6.	Fournisseur de variateur de vitesse	04
7.	Fournisseur d'équipements de suivi de flotte automobile	15
8.	Fournisseurs de systèmes de gestion de l'énergie	15
9.	Installateurs solaire photovoltaïque	470
10.	Fournisseurs de batteries PV (Assad et Tudor)	02
11.	Fabricant de générateur d'éolienne et fournisseur de composants pour éoliennes	02
<b>Total</b>		<b>622</b>

## 5 Recensement des programmes

Nous avons identifié trois types de programmes en matière d'ER et d'EE:

- Programmes liés au monde socio-économique,
- Programme d'identification des besoins en formation dans le domaine de la maîtrise de l'énergie, et
- Programme lié au monde de la R&D (PRF, VRR, H2020, etc.).

### 5.1 Programmes liés au monde socio-économique

#### 5.1.1 Contexte

Bien que l'expérience de la Tunisie dans le domaine des ER et de l'EE ait commencé depuis les années 1980 avec le solaire photovoltaïque et thermique et l'économie d'énergie, ce domaine fut considéré prioritaire par l'état Tunisien à partir de 2008, lorsque le prix du baril de pétrole a dépassé les 140 \$, annonçant le début d'une crise économique majeure à cause du déficit énergétique qui s'est fait sentir à partir de l'année 2000. Ainsi, plusieurs programmes nationaux ont vu le jour : [6-9]

- Programme national pour l'économie de l'énergie 2005-2007,
- Programme national pour l'économie de l'énergie 2008-2011,
- Le plan solaire tunisien (PST), devenu Plan National de Production d'Electricité à partir des ER à l'horizon de 2025,
- Programme national de la politique d'EE,
- Le plan de Transition Énergétique (TE), et
- Ensembles des programmes d'appui à la TE et les programmes de coopération en cours.

#### 5.1.2 Programme national pour l'économie de l'énergie 2005-2007

La politique nationale de maîtrise de l'énergie et de promotion des énergies renouvelables s'est consolidée par la promulgation de la loi sur la maîtrise de l'énergie du 02 août 2004, amendée par la loi du 09 février 2009 qui ouvre la voie vers l'autoproduction de l'électricité par les ER.

Dans le cadre de cette politique, un programme national de maîtrise de l'énergie a été mis en place pour la période 2005-2007 accompagné par la création du Fonds National de Maîtrise de l'Énergie (FNME). Ce dernier était destiné à appuyer les actions d'EE, le développement du gaz naturel et des ER.

### **5.1.3 Programme national pour l'économie de l'énergie 2008-2011**

À la suite des résultats encourageants réalisés dans le cadre du programme 2005-2007, un nouveau programme 2008-2011 a été mis en place. Les objectifs de ce programme étaient :

- La réduction de 20% de la demande de l'énergie à l'horizon 2011, et
- L'augmentation de la part des ER pour atteindre 4% de la demande en énergie électrique.

Les mesures adoptées pour ce programme sont :

#### **1) L'économie de l'énergie dans les entreprises grandes consommatrices d'énergie**

- Subordonner la réalisation des projets dont la consommation d'énergie dépasse 7.000 Tep/an à une autorisation préalable,
- Autoriser les entreprises, les groupements d'entreprises et les particuliers produisant de l'électricité pour leur consommation propre à transporter et à vendre leur excédent à la STEG, et
- Établir l'équivalence entre les avantages accordés par le Fonds National de Maîtrise de l'Énergie et ceux attribués par le Fonds de Développement de la Compétitivité Industrielle.

#### **2) L'économie de l'énergie dans le secteur du bâtiment**

- Obliger les nouvelles constructions collectives à respecter les règles spécifiques en matière d'énergie,
- Promouvoir davantage l'utilisation de l'énergie solaire pour le chauffage de l'eau dans les constructions collectives, en ciblant notamment 80 unités hôtelières, et
- Remplacer les ampoules électriques ordinaires par des ampoules économiques et œuvrer à leur généralisation avant la fin de l'année 2011.

#### **3) L'économie de l'énergie dans le secteur du transport**

- Promouvoir davantage le transport public et développer l'utilisation du transport ferroviaire et maritime des voyageurs et des marchandises, et
- Imposer le diagnostic des moteurs de véhicules à l'occasion de chaque opération de visite technique.

#### **4) L'énergie de substitution**

- Poursuivre la mise en œuvre du programme de raccordement au réseau de gaz naturel.

#### **5) La promotion des ER**

- Élever à 4% en 2011 la part des ER dans la production globale d'énergie,
- Renforcer l'utilisation des ER dans le secteur agricole, et
- Développer la recherche scientifique dans le domaine des ER.

#### **6) Le financement, l'organisation, l'encadrement et la sensibilisation**

- Promouvoir les ressources du Fonds National de Maîtrise de l'Énergie au moyen des recettes provenant des projets réalisés dans le cadre du mécanisme de développement propre (MDP),
- Poursuivre la campagne de sensibilisation à la maîtrise de l'énergie et organiser une conférence nationale sur la maîtrise de l'énergie, et

- Généraliser à l'ensemble des gouvernorats du pays les services régionaux de l'ANME et promouvoir leurs ressources humaines.

#### **5.1.4 Le plan solaire tunisien (PST)**

Pour rendre l'effort national en matière d'ER et EE plus efficient au-delà de 2011, la Tunisie a adopté le Plan Solaire Tunisien (PST) qui concerne l'ensemble des secteurs touchant les ER et l'EE, et ce, selon la même vision du Plan Solaire Méditerranéen (PSM).

Le PST est réparti en 05 chapitres, classés par domaine d'activité énergétique regroupant 40 projets en vue de leur réalisation sur la période 2010-2016. [6-9]

Tel que annoncés au début, les résultats attendus du PST sont :

- Une économie d'énergie de 660 Ktep par an, correspondant à 22% de réduction de la consommation projetée de 2018,
- Une quantité de 1.3 Mtonnes de CO<sub>2</sub> évitée, et
- Génération de revenus selon le mécanisme MDP (Mécanisme de Développement Propre) de 260 MD à cause du CO<sub>2</sub> évité.

Pour la réalisation du PST, un Partenariat Public/Privé (PPP) a été mis en place, ou initié. Ainis, dans ce cadre, les promoteurs des 40 projets du PST étaient :

- Le secteur public : 05 projets dont 03 projets pour la STEG,
- Le secteur privé : 29 projets,
- 05 projets concernent l'étude et la mise en œuvre, qui devraient être financés par la coopération internationale, et
- La création de STEG-Energies Renouvelables.

Le PST est éligible aux financements internationaux en matière de promotion des ER et en particulier le PSM, les programmes soutenus par le Fonds pour l'Environnement Mondial et le Fonds des Technologies Propres géré par la Banque Mondiale.

De plus, le PST devrait bénéficier des mécanismes de développement propre (MDP), de la coopération allemande (GTZ, devenu GIZ), de la coopération italienne (MEDREC), de la coopération japonaise (JICA), de l'Union Européenne et du PNUD.

Actuellement, après des mises à jour, dans le cadre du PST, la Tunisie ambitionne de réaliser des installations d'une capacité de 1.100 MWp, dont 500 MWp dans le cadre de contrats de concessions, 400 MWp sous le régime d'autorisations et 200 MWp dans le cadre du système d'autoproduction.

#### **5.1.5 Programme national de la politique d'efficacité énergétique**

A partir de 2005, la Tunisie a adopté un programme d'EE s'articulant autour de plusieurs actions : [6, 8]

- L'audit énergétique obligatoire et périodique,
- La consultation préalable concernant les projets consommateurs d'énergie,
- Le recours aux sociétés de services énergétiques (ESCO5),
- La cogénération,
- L'étiquetage des équipements électroménagers qui indiquent leur niveau de consommation,

- La diffusion à grande échelle des lampes basse consommation (LBC),
- La réglementation thermique des bâtiments,
- L'utilisation rationnelle de l'énergie dans l'éclairage public,
- Le diagnostic des moteurs des automobiles,
- Les plans de déplacement urbains pour les grandes villes, et
- La substitution énergétique.

Les actions d'EE dans l'industrie ont été réalisées grâce à l'accompagnement institutionnel, réglementaire, technique et financier fourni par l'ANME qui a mis en place une structure dédiée à l'EE dans l'industrie (Programme d'EE dans l'Industrie–PEEI).

### **5.1.6 Programme de formation : “Training Energy Manager – TEM”**

Le programme de formation : “Training Energy Manager – TEM” était un projet de formation élaboré et mis en œuvre entre la Chambre Tuniso-Allemande de l'Industrie et du Commerce (CTAIC-AHK), l'ANME et la GTZ. C'est un projet de partenariat public/privé (PPP), visant à renforcer les capacités des cadres tunisiens des secteurs public et privé dans le domaine de l'EE. Cette formation est issue du programme EUREM (EUROpean Energy Manager), développé par le réseau des Chambres d'Industrie et de Commerce allemandes.

Ce cycle de formation s'adresse tout particulièrement aux responsables énergie, environnement, qualité ou sécurité au sein des entreprises. Les principaux axes de la formation étaient :

- Diagnostic de la situation existante : forces et faiblesses du système en cours d'utilisation de l'énergie ;
- Elaboration d'un plan de réduction des coûts énergétiques ;
- Pilotage d'un projet d'amélioration des pratiques, impliquant les équipes internes et entraînant de “bons comportements énergétiques”, grâce à une communication interne efficace et appropriée.

La formation qui a été organisée sur cinq mois en neuf sessions de deux jours chacune, a permis de former plus de 100 « Energy Manager ». A la fin de l'année 2010, une autre formation a été organisée. Elle a concerné la formation de responsables en Energie, Environnement, Qualité et Sécurité ou Maintenance “Académie des Responsables Energie”. Les thèmes abordés dans cette formation sont :

- Savoir mettre en place un système de gestion de l'énergie ;
- La rénovation efficace des équipements énergétiques ;
- Optimiser l'énergie dans les projets d'extension ; et
- L'audit énergétique : mode d'emploi.

### **5.1.7 Le plan de Transition Énergétique (TE)**

Pour remédier à la situation énergétique délicate, la Tunisie s'est engagée depuis 2013 dans une nouvelle stratégie de transition énergétique élaborée à la suite du débat national sur l'énergie mené en 2013. Cette nouvelle stratégie vise essentiellement la réduction du déficit énergétique et de la dépendance énergétique du pays, et ce à travers un ensemble de mesures dont notamment le développement massif des ER et l'accélération des projets d'EE. [6, 8]

À la suite de la parution de la loi n°2004-72 relative à la maîtrise de l'énergie, la Tunisie a créé en 2005 le fonds national de maîtrise de l'énergie (FNME) qui représente la clé de voute de la politique nationale de maîtrise de l'énergie. En effet, ce fonds représente un moyen incontournable de développement des projets des ER et de l'EE, étant donné son rôle en tant qu'outil correctif des effets

de la subvention accordée aux produits énergétiques, son impact sur la rentabilité des projets ainsi que son effet psychologique sur le comportement des consommateurs d'énergie. Les interventions et les ressources de ce fonds ont été fixées par la loi n°2005-82 du 15 Août 2005.

Durant la période 2006-2013, les revenus du FNME ont atteint environ 204MDT contre des dépenses de l'ordre de 140MDT. En ce qui concerne la répartition des dépenses du FNME sur la même période, elles étaient à 12% pour l'EE, 43% pour la substitution énergétique et 45% pour les ER (programmes Prosol-élec et Prosol thermique).

Depuis 2014, le FNME a été converti en fonds de transition énergétique (FTE) avec un renforcement de ses ressources par l'application de nouvelles taxes sur les produits énergétiques (loi n°2013-54 art. 68) et la diversification de ses modes d'intervention par l'octroi de crédits et le soutien des projets de maîtrise de l'énergie sous forme de dotations remboursables ou la participation en capital, qui sont détaillés dans le décret n°2017-983.

Les interventions du FTE couvre les interventions classiques du FNME c.à.d. l'octroi de primes. Les nouvelles interventions sont devenues opérationnelles après la publication du décret gouvernemental n° 2017-983 (Article 25).

### **5.1.8 Ensembles des programmes d'appui à la Transition Énergétique et programmes de coopération en cours**

Le principal acteur dans la TE (Transition Énergétique) en Tunisie est l'ANME. Elle coordonne tous les programmes en relation avec la TE. Parmi ces programmes on cite : [6]

- Les programmes d'appui à la TE, et
- Les programmes de coopération en cours.

#### **5.1.8.1 Programmes phares d'appui à la Transition Énergétique**

Les programmes d'appui sont listés ci-dessous :

- PROSOL Thermique - la promotion de l'énergie solaire pour la production de l'eau chaude sanitaire,
- PROSOL Électrique - la promotion de l'énergie solaire pour la production de l'électricité,
- PROMO-ISOL - l'isolation thermique des toits des logements individuels,
- PROMO FRIGO - le remplacement des réfrigérateurs de plus de 10 ans d'âge sur la période 2018-2022 par des appareils de classe énergétique 1 et 2, en encourageant les ménages à rationaliser leur consommation d'énergie électrique,
- PROMOLED - le remplacement des lampes à incandescence par des lampes LED,
- LAB ECLAIR - la mise en place d'une unité habilitée et capable de fournir les prestations demandées par les industriels et les importateurs des produits d'éclairage,
- Programme d'audit Énergétique, et
- Programme de Promotion de la cogénération.

#### **5.1.8.2 Programmes de Coopération en cours**

##### **1) Programme "Objectif de Transition Énergétique en Tunisie"**

L'objectif général de ce programme se caractérise essentiellement par l'appui à la mise en œuvre effective des programmes de maîtrise de l'énergie de l'ANME, avec un accent particulier sur l'efficacité énergétique et le renouvelable dans les bâtiments. Il vise également d'améliorer et opérationnaliser les dispositions réglementaires en faveur de l'électricité d'origine renouvelable et

réaliser des opérations exemplaires dans le domaine des énergies renouvelables et des projets de démonstration dans le domaine de l'efficacité énergétique notamment pour les bâtiments.

En outre, Il vise la réalisation des indicateurs d'EE et ER, financé par l'UE d'un montant de 50 000 000 Euros sous forme de don.

## **2) NAMA d'Appui au Plan Solaire Tunisien**

Ce projet vise à appuyer la Tunisie à atteindre une production de 35% d'électricité d'origine renouvelable à l'horizon 2030 à partir des filières suivantes : l'éolien, le solaire PV centralisé et le solaire CSP (en créant un climat favorable pour promouvoir les investissements dans les ER).

Le projet contribuera ainsi, à travers la mise en œuvre de la "NAMA d'appui au plan solaire tunisien", à la réalisation des objectifs d'atténuation établis volontairement par le gouvernement tunisien dans le cadre de sa politique de maîtrise de l'énergie et d'atténuation des émissions de GES. Ce projet est financé par le Fonds pour l'Environnement Mondial.

## **3) Programme de Transition Énergétique dans les Etablissements Publics**

Ce Programme concerne l'amélioration des Performances Énergétiques des Bâtiments Publics dans le grand Tunis à travers l'introduction de mesures actives et passives telles que les changements des systèmes d'éclairage, le remplacement et l'optimisation du fonctionnement des systèmes de chauffage et de climatisation, l'installation de protections solaires, l'installation de systèmes pour l'autoproduction (solaire photovoltaïque, cogénération). Il vise à réduire la consommation spécifique des bâtiments qui rentrent dans le cadre du programme et plus spécifiquement leurs consommations électriques et celles d'autres vecteurs énergétiques tels que le gaz naturel ou le gaz de pétrole sans affecter les critères de servitudes de ces bâtiments, bien au contraire, une attention particulière à l'amélioration des conditions d'occupation sera un paramètre important pour le choix des mesures. Le programme contribuera donc à la réduction des émissions nationales de gaz à effet de serre (GES) et à la réduction de la facture/ la demande d'électricité du secteur public. Ce programme est financé par la KfW.

## **4) Scaling-up Renewable Energy and Energy Efficiency in the Tunisian Building Sector" -NAMA FACILITY-**

Le programme NAMA Bâtiment vise à soutenir le développement de nouveaux segments de marchés des ER résidentiels à partir des programmes solaires existants : PROSOL ELEC Économique pour le PV décentralisé et PROSOLSWH pour les Chauffe-eaux Solaires (CES) et à promouvoir le nouveau programme PROMO ISOL pour l'isolation. Étant des mesures d'atténuation appropriées au niveau national, les objectifs de NAMA Bâtiment (NSP) s'alignent avec les objectifs de maîtrise de l'énergie dans le secteur du bâtiment à l'horizon 2030. Dans cette mesure, le NSP peut être considéré comme un pilier du Plan Solaire Tunisien puisque le programme englobe plusieurs objectifs de ce dernier comme le développement du PV décentralisé (résidentiel), ainsi que les objectifs d'atténuation de la NDC de la Tunisie « Nationally Determined Contributions ». Ce programme est financé par International Climate Initiative et le Fonds de Transition Énergétique

## **5) Alliance des Communes pour la Transition Énergétique - ACTE.**

Le « Projet d'appui au plan national de transition énergétique des communes en Tunisie, introduction du label ACTE/MEA » (abrégé en Projet ACTE/MEA) a pour objectif de faire bénéficier la population de Tunisie de bonnes conditions environnementales et d'une qualité de vie améliorée au niveau local découlant de la mise en œuvre de solutions de gestion durable des énergies adaptées aux besoins locaux. L'ACTE/MEA est un projet de coopération Tuniso-Suisse.

## **6) SUNREF "Sustainable Use of Natural Resources and Energy Finance in Tunisia "**

Le programme SUNREF Tunisie est une facilité de crédit dédiée visant à proposer des incitations financières pour le financement, en Tunisie, d'investissements verts de taille petite à moyenne, afin de créer un effet démonstratif sur le marché. Les projets ciblés sont des investissements dans les domaines de l'EE, des ER, de la production propre (PP) et de la réduction de la pollution (RP). La facilité SUNREF Tunisie vise l'approfondissement et la consolidation du marché naissant des financements verts lancés dans le cadre du premier programme. Le programme a pour objectif le développement de la capacité et de l'appétit des intermédiaires financiers dans ces domaines ainsi que le soutien aux investisseurs. Le projet est constitué de trois composantes : (i) une ligne de crédit interbancaire, (ii) un programme d'assistance technique et (iii) un dispositif d'incitation financière.

Ce programme est financé par l'Agence Française de Développement (AFD)

## **7) Marché Global du Carbone (Global Carbon Market)**

Le projet vise le renforcement des capacités des décideurs dans les pays partenaires pour l'utilisation des mécanismes de marchés carbone et d'autres instruments économiques du domaine de la finance climat pour la réalisation des NDCs dans les pays cibles. C'est un projet de coopération Tuniso-Allemande, le bailleur de fonds est le Ministère Fédéral allemand de l'Environnement, de la Protection de la Nature et de la Sécurité nucléaire (BMU)

## **8) Scaling-up the adoption of electric mobility in Tunisia**

Le bailleur de fonds de ce projet est le Fond pour l'Environnement Mondial (FEM). Le projet vise à accroître et catalyser l'adoption de la mobilité électrique à travers la Tunisie entraînant des réductions d'émissions de GES, et positionner le pays comme un hub logistique pour la région. Il est mis en œuvre par l'Organisation des Nations Unies pour le Développement Industriel (ONUDI).

## **9) Projets DMS et RMS**

Le projet RMS (Renforcement du Marché Solaire Tunisien) est un projet qui a été mis en place après le projet DMS (Développement du Marché Solaire Tunisien). Le projet RMS vise à renforcer la capacité des installations photovoltaïques de petites et moyennes capacités, et ce, à travers l'amélioration des conditions cadres et des prestations de services pour encourager les investissements dans ce domaine. Les principales données relatives à ce projet sont :

- Mandataire : Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Énergie,
- Mise en œuvre : GIZ,
- Partenaire : ANME,
- Durée : 2017-2022, et
- Autres acteurs : STEG, Institutions publiques, CSPV, Secteur privé (Industriels, agriculteurs, etc.), Institutions financières et Société civile.

## **5.2 Programme d'identification des besoins en formation professionnelle dans le domaine de la maîtrise de l'énergie**

En 2011, le Ministère de la Formation Professionnelle et de l'Emploi (MFPE) a lancé, avec l'aide de la GIZ un appel pour identifier les besoins en formation professionnelle dans le domaine de la maîtrise de l'énergie afin de mieux adapter les programmes en cours de cette période. Les métiers cibles étaient les auditeurs énergétiques, les techniciens, les ingénieurs étude, les architectes, etc.

D'après cette étude, une cinquantaine d'emplois/métiers liés aux ER et EE ont été identifiés. La quantification de ces emplois selon le type de l'énergie et/ou de l'EE sont développés dans les paragraphes suivants. [10]

### **5.2.1 Emplois liés au solaire photovoltaïque**

D'après des études internationales et les expériences dans ce domaine, l'étude estime la création d'environ :

- 20 postes d'emploi par MW<sub>c</sub> lors de la fabrication,
- 30 postes d'emploi par MW<sub>c</sub> lors de la commercialisation et l'installation,
- 60 postes d'emploi par MW<sub>c</sub> lors du processus de commercialisation et d'installation de systèmes photovoltaïques raccordés au réseau électrique de petite taille,
- 200 postes d'emploi par MW<sub>c</sub> lors du processus de commercialisation et d'installation de systèmes photovoltaïques non raccordés au réseau,
- 2 à 5 postes d'emploi par MW<sub>c</sub> pour l'entretien et le SAV des installations photovoltaïques raccordées au réseau électrique en fonction de la taille des systèmes, et
- 30 postes d'emploi par MW<sub>c</sub> pour l'entretien des systèmes photovoltaïques non raccordés au réseau.

### **5.2.2 Emplois liés au solaire thermique**

Pour le solaire thermique, l'étude estime, d'après les statistiques faites à cette époque, la création d'environ :

- 10 postes d'emplois par 1000 m<sup>2</sup> pendant le processus de fabrication et de commercialisation et,
- 10 postes d'emplois par 1000 m<sup>2</sup> pendant le processus d'installation et de SAV.

### **5.2.3 Emplois liés à l'énergie éolienne**

Selon les études réalisées à l'échelle internationale, les emplois générés par la filière éolienne sont estimés à 3.5 emplois par MW et sont répartis comme suit :

- Fabrication (éoliennes et composants) : 23%
- Etudes, recherche et développement : 21%
- Développement de projets : 16%
- Construction et installation : 14%
- Exploitation et maintenance : 8%
- Financement, organisation : 6%
- Formation : 5%
- Vente, marketing, etc. : 4%
- Organismes publics : 2%
- Autres (associations, syndicat etc.) : 1%

### **5.2.4 Emplois liés à la biomasse**

L'un des principaux avantages du secteur de la biomasse est la création de l'emploi dans les zones rurales. En termes d'emplois directs, on estime que les biocarburants génèrent 50 à 100 fois plus d'emplois par quantité d'énergie produite que les combustibles fossiles. Cette proportion est 10 à

20 fois supérieure pour l'électricité issue de la biomasse et de 2 fois supérieure pour le chauffage produit à partir de cette source. Ces emplois concernent essentiellement la production de la biomasse, la logistique associée et l'exploitation des centrales.

### **5.2.5 Emplois liés aux autres filières des ER**

Les potentialités de génération d'emplois au niveau des autres filières des énergies renouvelables, telles que la géothermie et l'énergie hydraulique, sont très limitées, et ce à cause de leurs potentiels techniques réduits en Tunisie. En termes d'emplois directs, l'étude a identifié les métiers suivants :

- Technicien en hydroélectrique ou hydroélectricien,
- Technicien de maintenance en hydroélectricité, et
- Technicien en géothermie ou géothermicien.

### **5.2.6 Emplois liés à l'EE**

Selon cette étude, qui a utilisé les statistiques disponibles en cette période (mars 2011), l'employabilité de l'EE en Tunisie et des indicateurs internationaux dans le domaine estiment à environ 13.5 emplois par 2 MDT d'investissement dans les projets d'efficacité énergétique.

## **5.3 Programme lié au monde de la R&D**

Les programmes qui concernent les institutions universitaires qui effectuent de l'enseignement et de la R&D dans les domaines des ER et de l'EE sont détaillés dans les paragraphes suivants.

## **6 Recensement des infrastructures et des institutions universitaires**

### **6.1 Méthodologie**

Les données relatives aux structures de recherches (LR et UR) actuellement en exercice en Tunisie ont été recueillies auprès de la DGRS (Direction générale de la Recherche Scientifique) au MESRS. [11]

La méthodologie adoptée dans le recensement des structures de recherches qui travaillent sur les ER et EE et les domaines annexes est basée sur une sélection qui respecte au moins les critères suivants :

- L'intitulé de la structure,
- Les travaux du directeur de la structure,
- Les travaux de quelques membres de la structure,
- Notre relation avec les collègues,
- Les rencontres dans les manifestations scientifiques,
- Etc.

Certaines structures de recherche qui ont été incluses dans la présente étude peuvent ne pas avoir commencé des travaux en relation avec les ER et EE, mais, nous les jugeons tout à fait capable de mener au moins quelques études très utiles aux ER et EE. D'autre part, certaines structures de recherche pourraient avoir des travaux en relation avec les ER et EE, comme les structures travaillant dans le domaine de la biologie végétale et ayant effectué un travail sur l'hydrogène vert, n'ont pas été incluses dans les présentes statistiques.

Ainsi, compte tenu de ce qui précède, nous avons identifié :

- Les LR et UR travaillant dans les domaines des ER et EE,
- Les LR et UR travaillant dans les domaines annexes aux ER et EE, et
- Les LR pouvant effectuer des travaux annexes dans les domaines des ER et EE.

## 6.2 Données statistiques de base

En date de la rentrée universitaire 2021-2022, la Tunisie compte treize (13) universités, et une (01) Direction Générale des Études Technologiques (DGET). Aux 13 universités sont affiliées 203 institutions d'enseignement et de recherche, parmi lesquelles 172 sont sous la tutelle du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique (MESRS). A la DGET (aussi sous la tutelle du MESRS), sont affiliés 24 ISET (Instituts Supérieurs d'Études Technologiques). De plus, la Tunisie compte 73 institutions privées d'enseignement supérieur. [12]

A la rentrée 2021-2022, l'effectif des étudiants était de 232 114 dans le secteur public et de 37 817 dans le secteur privé. Parmi cet effectif, seulement 19.6% (45 442) des étudiants (9 357 en sciences physiques et 36 085 dans les domaines d'ingénierie et technique) font des études dans des domaines qui peuvent intéresser les ER & l'EE.

Nous avons énuméré toutes les structures de recherches ; Laboratoires de Recherches (LR) et Unités de Recherches (UR), effectuant des travaux dans le domaine des ER & EE et dans les domaines annexes. Ces derniers constituent les structures qui effectuent des recherches sur les matériaux et nanomatériaux à visée énergétique, les procédés et systèmes énergétiques, et les méthodes et éventuellement les modèles technico-commerciaux des ER et de l'EE.

De plus, les statistiques faites par le MESRS à la même date, montrent que le nombre des enseignants chercheurs, toute catégorie confondue (Assistant, Maître-Assistant, Maître de Conférences et Professeur) est de 12 022, et ce, dans toutes les disciplines, avec 1 966 enseignants dans les ISETs (Assistant technologues, Maître-Technologue, Technologue et Professeur Technologue). Actuellement, les 12 022 enseignants représentent moins de 0.1% d'enseignant / tête d'habitant.

Les enseignants dans les domaines des sciences exactes (y compris les mathématiques, l'architecture), de l'ingénierie et le domaine technique sont au nombre de 5 144 avec 1 996 du collège A et 3 148 du collège B.

## 6.3 Recensement des Laboratoires de Recherches (LR)

En Tunisie, on compte à la mi-septembre 2022, quatre cent quatre-vingt-neuf (489) LR dans toutes les disciplines, sous la tutelle des différents ministères. Parmi les 489 LR, nous avons identifié 33 LR effectuant des recherches dans le domaine des ER & EE, 59 LR effectuant des travaux qui intéressent le domaine des ER & de l'EE comme les matériaux et dérivés, et 34 autres LR travaillant dans des domaines qui pourraient intéresser les ER et EE. Les listes détaillées de ces LR sont données aux annexes 1, 2 et 3. Le diagramme donné à la figure 3 illustre les pourcentages de ces LR par rapport à leur total de 126 LR, à savoir les 33 LR qui travaillent directement dans les domaines des ER et EE (26%), des 59 LR qui travaillent dans les domaines annexes (47%) et des 34 LR pouvant travailler dans les domaines annexes (27%).

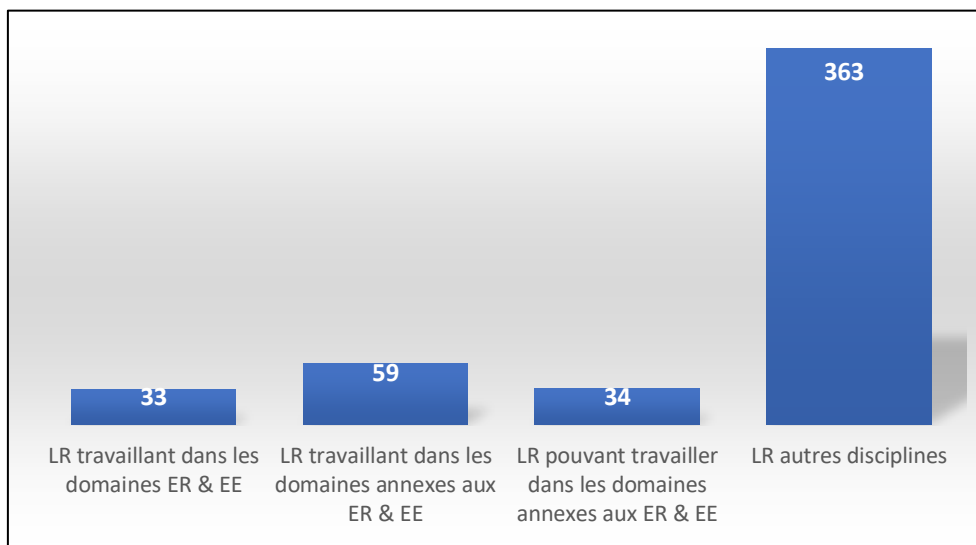


Figure 2 : Proportions des LR travaillant dans les domaines et les domaines annexes des ER et EE par rapport aux LR travaillant dans toutes les autres disciplines.

Sur la figure 2, on donne les nombres des LR qui travaillent dans les domaines des ER et EE, des domaines annexes et des LR qui peuvent éventuellement travailler dans ces domaines. Les autres LR qui effectuent des recherches dans les différentes disciplines sont au nombre de 363.

Les 33 LR effectuant des travaux de recherches dans les domaines des ER & de l'EE, identifiés dans cette étude, sont répartis sur le territoire tunisien comme le montre le diagramme donné à la figure 4. Tandis que les 59 LR effectuant des travaux de recherches dans les domaines annexes comme les matériaux, les systèmes, les études, etc., ainsi que les 34 LR pouvant travailler dans les domaines annexes aux ER et EE, sont représentés respectivement dans les figures 5 et 6.

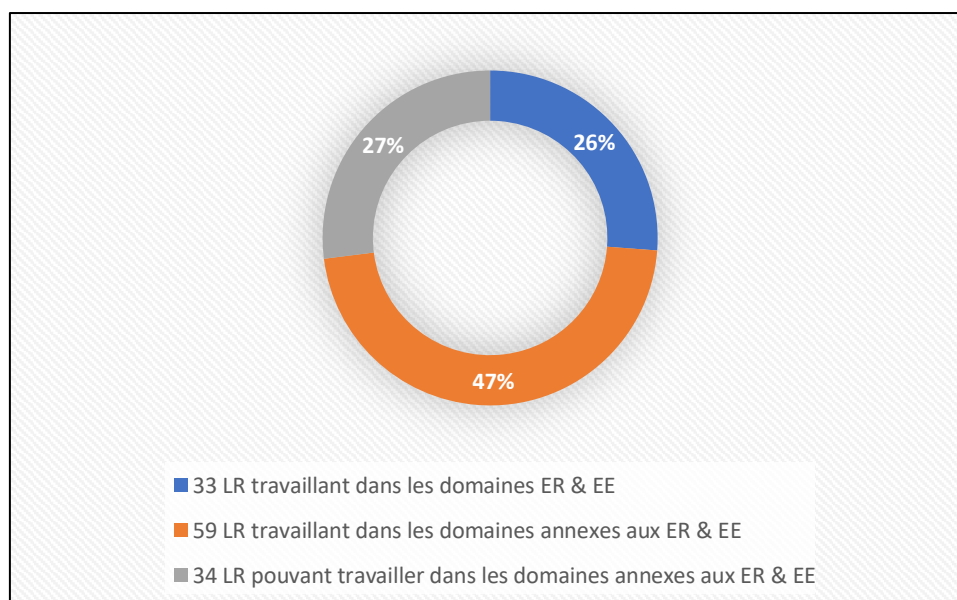


Figure 3 : Pourcentages (calculé par rapport au total des 126 LR) des LR travaillant sur les ER & l'EE (33), des LR travaillant dans les domaines annexes (59) et des LR pouvant travailler sur des sujets en relation avec les ER et EE (34).

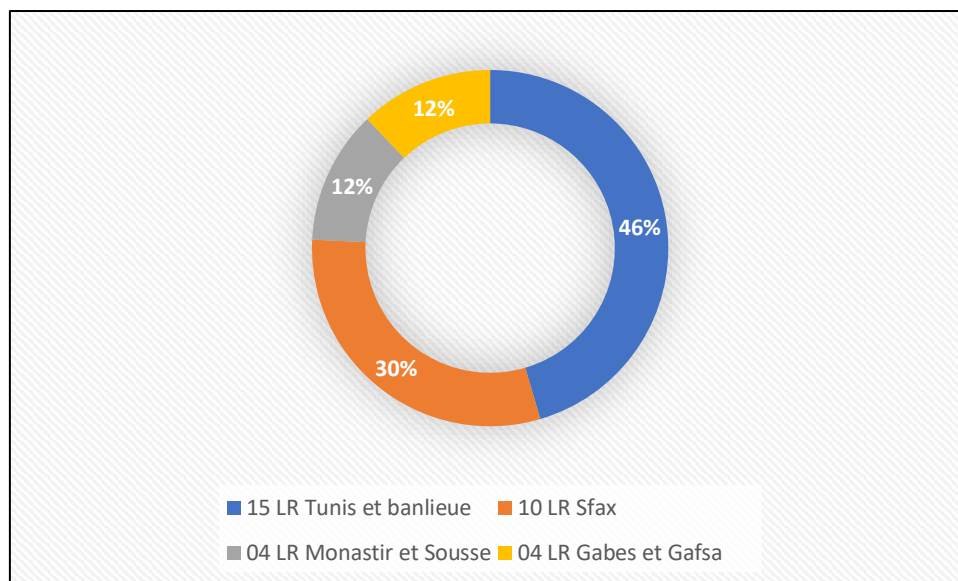


Figure 4 : Répartition géographique des 33 LR travaillant dans les domaines des ER & de l'EE. A noter que Bizerte a été considérée comme banlieue pour Tunis.

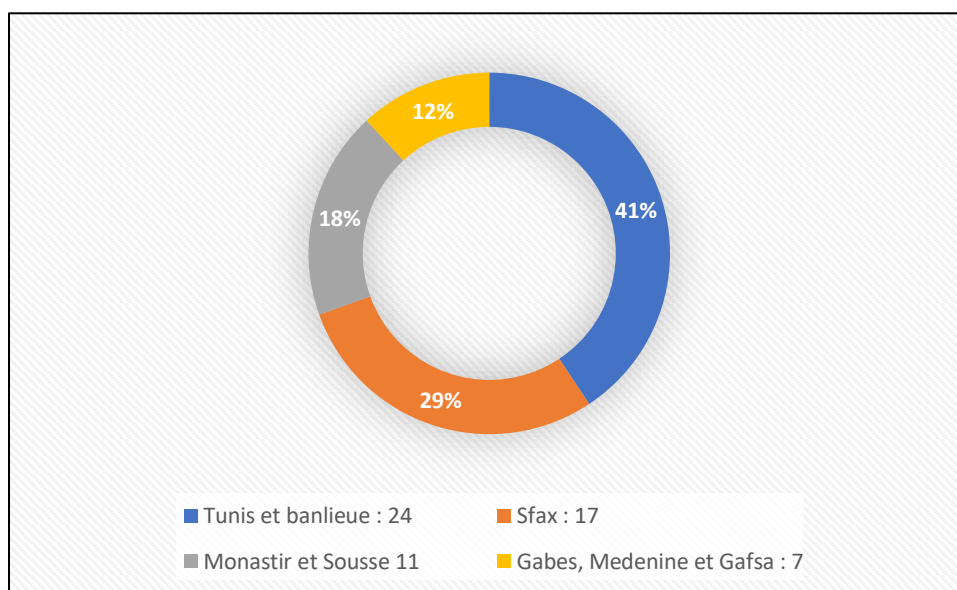


Figure 5 : Répartition géographique des 59 LR travaillant dans les domaines annexes des ER & EE.

Une représentation cumulée des trois statistiques ; c.à.d. : l'ensemble des LR travaillant dans le domaine des ER & EE combiné à l'ensemble des LR travaillant dans les domaines annexes et les LR pouvant travailler dans les domaines annexes des ER et EE est représentée à la figure 7.

Force est de constater qu'à l'exception de deux (02) LR à Gafsa, toutes ces structures se trouvent sur les zones côtières ; Tunis, Bizerte, Sousse, Monastir, Sfax et Gabes. La majorité des LR se trouvent concentrée dans les institutions les plus anciennes qui ont initié des projets de recherches dès leur démarrage.

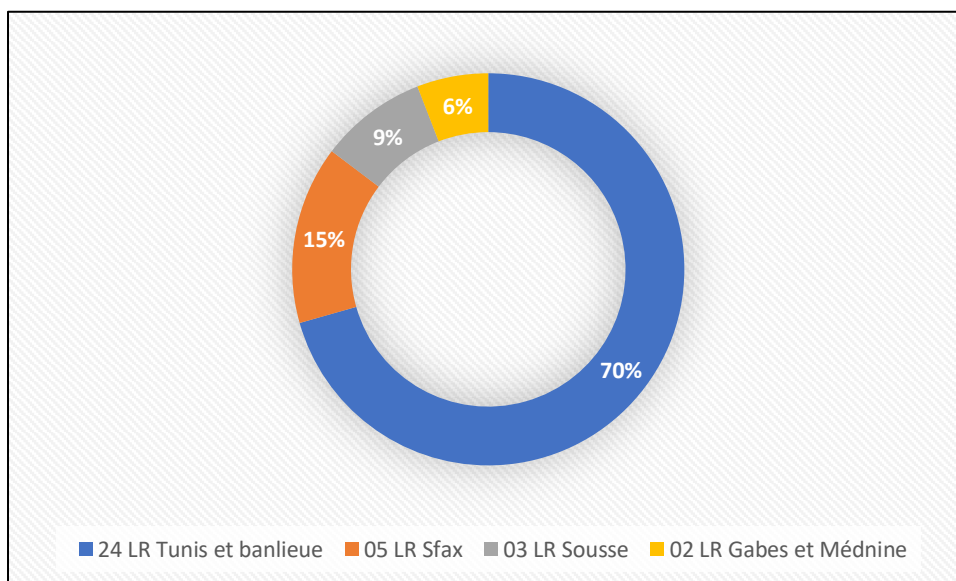


Figure 6 : Répartition géographique des 34 LR pouvant travailler dans les domaines annexes des ER & EE.

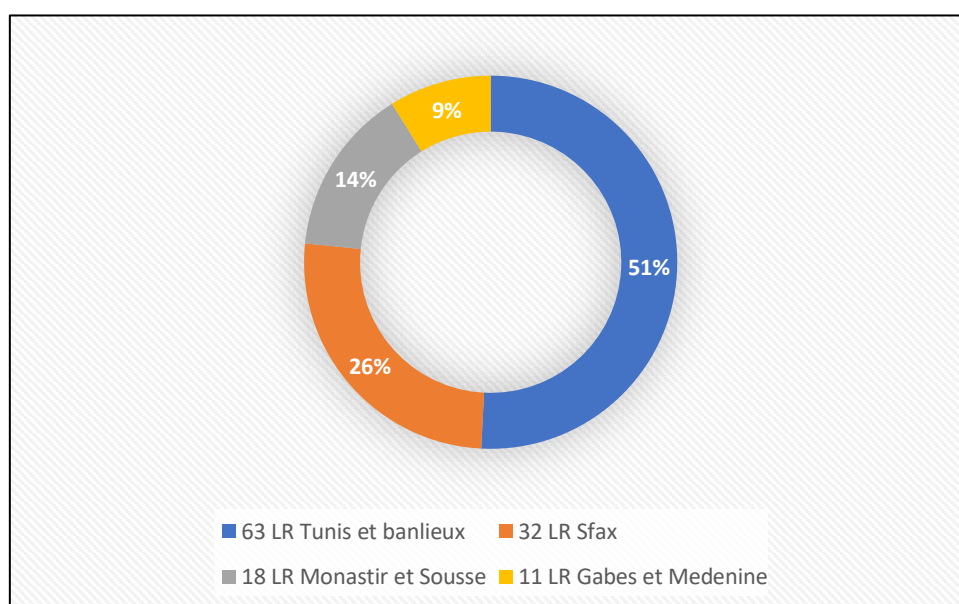


Figure 7 : Répartition géographique cumulée des (33+59+34 = 126) LR travaillant dans le domaine des ER & EE et dans les domaines annexes.

#### 6.4 Recensement des Unités de Recherches (UR)

En septembre 2022, le nombre total des unités de recherches est 104 UR, toute spécialité confondue. Parmi ces dernières, nous avons identifié 05 unités qui travaillent dans les domaines des ER & EE et 08 UR dans les domaines annexes. Les listes correspondantes sont données aux annexes 4 et 5. On donne à la figure 8 les chiffres relatifs à ces UR selon leurs domaines de compétences.

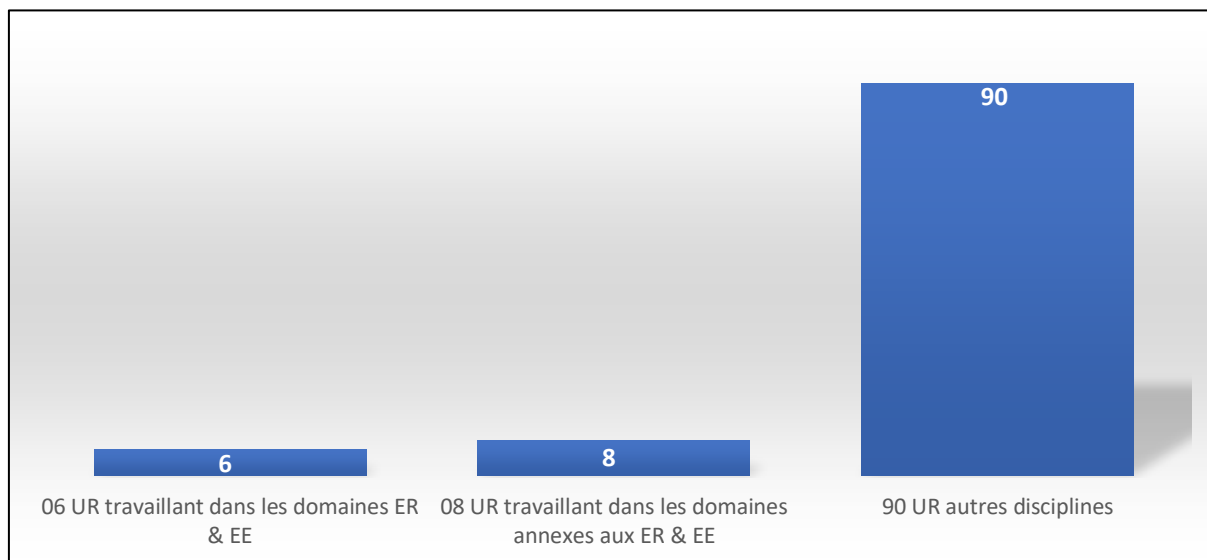


Figure 8 : Proportions des UR ayant des recherches dans les domaines des ER et EE et les domaines annexes par rapport aux UR dans toutes les autres disciplines.

## 6.5 Recensement des unités spécialisées

Les unités spécialisées est une nouvelle idée qui a été créée pour améliorer la gestion et la valorisation des équipements scientifiques par les structures de recherches. Elles participent aussi à l'amélioration de la synergie recherche-industrie. Nous avons identifié une seule unité créée au l'ENIT ([www.microgrid-qehna.com](http://www.microgrid-qehna.com)). Cette unité (MICROGRID PLATFORM – USCR, ENIT) offre un soutien à la formation et à la recherche fondamentale et appliquée dans le domaine des systèmes à énergies renouvelables et les systèmes à basses électronique de puissance. 01 Unité de Services Communs pour la Formation et la Recherche.

## 6.6 Recensement des institutions d'enseignement des ER et EE et domaines annexes

### 6.6.1 Institutions d'enseignement supérieur et de recherche scientifique

Dans le domaine de la R&D, les étudiants constituent le catalyseur des travaux. Ces étudiants peuvent effectuer des travaux dans le cadre d'un PFE (Projet de Fin d'Études), d'un master de recherche ou professionnel et/ou dans le cadre d'une thèse de doctorat. Généralement, les étudiants qui font de la R&D dans le domaine des ER et EE viennent d'un parcours lié à cette discipline ou aux domaines annexes.

Pour recenser ces données, nous avons utilisé les tableaux donnés par la Direction Générale de la Rénovation Universitaire [13], et publiés le 24 septembre 2021, ce qui correspond à l'année universitaire 2021-2022. A noter qu'un total de 3605 spécialités (diplômes) sont enseignées dans les universités tunisiennes réparties en 2814 spécialités dans les institutions publiques et 791 spécialités dans les institutions privées. Parmi ces spécialités, 126 concernent les ER & EE et les domaines annexes.

Dans ce qui suit, nous donnons les résultats du recensement de toutes les institutions nationales publiques et privées qui délivrent des diplômes en relation avec le domaine des ER et de l'EE. A cet effet, nous avons recensé les diplômes suivants :

- Diplôme d'ingénieurs,
- Diplôme de mastère de recherche,
- Diplôme de mastère professionnel, et
- Diplôme de licence.

Les détails de ce recensement sont donnés aux tableaux ci-après. Ainsi, nous avons identifié :

- 32 diplômes d'ingénieurs formés dans 10 écoles d'ingénieurs publiques et 15 écoles privées,
- 27 mastères de recherche formés dans 17 institutions publiques,
- 28 mastères professionnels formés dans 18 institutions publiques et 05 institutions privées,
- 39 licences formées dans 22 institutions publiques et 01 institution privée.

Dans les tableaux suivants, les cases relatives aux institutions privées ont été coloriées en bleu claire.

*Tableau 8 : Tableau des institutions tunisiennes délivrant un diplôme d'ingénieur dans les domaines des ER et de l'EE et/ou dans les domaines annexes.*

<b>Ingéniorat</b>		
N°	Diplôme	Institution
1.	Génie Électrique	ENIT
2.	Génie Électrique-Automatique	ENSIT
3.	Génie des systèmes infotroniques : Systèmes des énergies renouvelables	ENI Carthage
4.	Systèmes Énergétiques et Technologies Propres (SETP)	ENSTAB
5.	Systèmes Industriels et Compétitivité (SIC)	ENSTAB
6.	Électronique Avancée et Nanotechnologie (EAN)	ENSTAB
7.	Filière Instrumentations et Maintenance Industrielle (IMI)	INSAT
8.	Génie informatique industrielle : Supervision des systèmes d'énergie	ENET Com Sfax
9.	Génie Électrique	ENIM
10.	Génie Énergétique : Fluides thermiques	ENIM
11.	Génie Énergétique : Energies renouvelables	ENIM
12.	Génie Énergétique : Energie et environnement	ENIM
13.	Génie Énergétique : Efficacité énergétique	ENIM
14.	Génie Énergétique : Conversion électrique des énergies renouvelables	ENIS
15.	Génie énergétique et technologie de l'environnement	ENI Gafsa
16.	Génie Électrique-automatique	ENIG
17.	Economie de l'énergie et développement durable	Ecole supérieure Privée de Technologie et du Management de Tunis (SUPTECH)
18.	Génie électrique	Ecole Supérieure Privée d'Ingénieurs et d'Etudes Technologiques de Tunis (UAS)
19.	Génie électrique	Ecole Supérieur Privée d'Ingénieurs de Tunis (ESPRIT)

20.	Renewable Energy Engineering	Institut Supérieur Privé Méditerranéen de Technologie
21.	Génie énergétique	Institut Supérieur Privé Polytechnique - Université Libre de Tunis (ULT-ISP)
22.	Génie énergétique : Systèmes thermiques	Ecole Centrale Supérieure Privée Polytechnique de Tunis (UC-Polytech)
23.	Génie énergétique : Energie et environnement	Ecole Centrale Supérieure Privée Polytechnique de Tunis (UC-Polytech)
24.	Génie électrique	Ecole Supérieure Privée d'Ingénieurs et de Technologie Appliquée Sousse (ESPITA)
25.	Génie Électrique-automatique	Polytec Sousse
26.	Génie électrique	Ecole Internationale Supérieure Privée Polytechnique de Sousse
27.	Génie Électrique	École Supérieure Privée d'Ingénierie et de Technologie appliquée/Sousse
28.	Génie industriel : Climatisation et refroidissement	Ecole Supérieure Privée d'Ingénieurs de Monastir (ESPRIM)
29.	Génie électrique	Ecole Supérieure Polytechnique Privée de Monastir (Polytech Monastir)
30.	Génie électrique	Institut Supérieur Polytechnique Privé des sciences Avancées du sud – Sfax (UPSAS)
31.	Ingénieur en Énergétique	Polytechnique des sciences avancées Sfax
32.	Génie Électrique	École Supérieure Privée des Sciences Appliquées et de Technologie de Gabès

Tableau 9 : Tableau des institutions tunisiennes délivrant un diplôme de mastère de recherche dans les domaines des ER et de l'EE et/ou dans les domaines annexes.

<b>Mastère de Recherche</b>		
N°	Diplôme	Institution
1.	Modélisation en hydraulique et environnement	ENIT
2.	Physique des fluides et des transferts	FST
3.	Nanophysique et nanotechnologies	FST
4.	Physique de la matière molle	FST
5.	Physique de la matière condensée	FST
6.	Génie électrique : Conversion et traitement de l'énergie électrique	ENSIT
7.	Physique des matériaux	ENSIT
8.	Physique des matériaux et applications	FSB
9.	Énergétique et procédés	ISSTE
10.	Microsystèmes et électronique embarquée : Mobilité durable et énergies propres	ISSAT Sousse
11.	Physique des matériaux des énergies	Ecole Supérieure des Sciences et de la Technologie de Hammam

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

		Sousse
12.	Physique des matériaux	Ecole Supérieure des Sciences et de la Technologie de Hammam Sousse
13.	Renewable Energy and Energy Efficiency for Middle East and North Africa (REMENA)	ENIM
14.	Génie Énergétique : Management de l'Énergie	ENIM
15.	Physique des nanostructures et applications	FSM
16.	Génie électrique	ISSAT de Kairouan
17.	Physique des milieux condensés : Physique des matériaux	FSS
18.	Physique des milieux condensés : Physique des nanostructures	FSS
19.	Systèmes électriques : Energies renouvelables	ENIS
20.	Génie mécanique : Energétique	ENIS
21.	Physique des Matériaux Innovants et Gestion de l'Energie	FS Gafsa
22.	Énergétique	FS Gafsa
23.	Génie mécanique et énergétique	ISSAT Gafsa
24.	Énergétique : Energie durable et entrepreneuriat	ENIG
25.	Génie électrique : Systèmes intelligents et énergies renouvelables	ENIG
26.	Physique des matériaux et des nanomatériaux	FS Gabes
27.	Génie des procédés : Energie et environnement	ISSAT Gabes

Tableau 10 : Tableau des institutions tunisiennes délivrant un diplôme de mastère professionnel dans les domaines des ER et de l'EE et/ou dans les domaines annexes.

<b>Mastère Professionnel</b>		
N°	Diplôme	Institution
1.	International Master Program on Renewable Energy Systems for Africa: TEchnology And Management (IMPRESA-TEAM)	ENIT
2.	Énergies Renouvelables, Technologies et Applications ERTA	FST
3.	Wind Energy SciencEs and Technologies (WSET)	ENI Carthage
4.	Energétique	ISSTE
5.	Energie solaire	ISSTE
6.	Intégration des systèmes électroniques dédiés aux énergies renouvelables	FSB
7.	Génie Climatique et Maitrise de l'Energie	FSB
8.	Efficacité énergétique des bâtiments	Ecole Supérieure des Sciences et de la Technologie de Hammam Sousse
9.	Génie énergétique	ISSAT de Sousse
10.	Instrumentation avancée et application : Instrumentation pour l'énergie renouvelable	FSM
11.	Energétique	FSS
12.	Génie électrique	FSS
13.	Physique des matériaux	FSS
14.	Economie de l'Énergie et Développement Durable (2E2D)	Institut Supérieur d'Administration des Affaires de Sfax
15.	Energétique/Génie énergétique	Institut Supérieur de Biotechnologie de Sfax
16.	Système Électrique et Energie Renouvelable	ISSAT de Kasserine

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

17.	Ingénierie des Systèmes Énergétiques et Gestion de l'Energie	FS Gafsa
18.	Management et gestion de l'énergie	FS Gafsa
19.	Génie Électrique	FS Gabes
20.	Génie électrique	Institut Supérieur des Systèmes Industriels de Gabes
21.	Mastère professionnelle en Génie des procédés : Energies nouvelles et renouvelables	ISET Gabes
22.	Mastère professionnelle en Génie électrique	ISET Gabes
23.	Mastère professionnelle en génie mécanique : Energies nouvelles et renouvelables	ISET Tozeur
24.	Ingénierie Energétique et Energies Renouvelables	Université Libre de Tunis (ULT)
25.	Energétique et énergies renouvelables	Institut Supérieur Privé Polytechnique - Université Libre de Tunis (ULT-ISP)
26.	Energétique/Génie électrique	Ecole Supérieure Privée d'Ingénieurs, des Sciences et de Technologies de Sousse (UPS)
27.	Economie de l'énergie et développement durable	Ecole polytechnique internationale supérieure privée de Sfax (EPISPS)
28.	Co-construit en management de la qualité, sécurité, environnement et énergie	École Supérieure Privée des Sciences Appliquées et de Technologie de Gabès

Tableau 11 : Tableau des institutions tunisiennes délivrant un diplôme de licence dans les domaines des ER et de l'EE et/ou dans les domaines annexes.

Licence		
N°	Diplôme	Institution
1.	Physique LPh	FST
2.	Physique et Energie LPhE	FST
3.	Électronique, Électrotechnique et Automatique LEEA	FST
4.	Génie Energétique	ISSTE
5.	Co-Construire en Génie Energétique	ISSTE
6.	Master LMD de Recherche EEA, Parcours : WESET : Wind Energy SciencEs and Technologies	ENI-Carthage
7.	Génie Électrique : Sécurité des systèmes électriques	ISET Rades
8.	Génie Électrique : Maintenance des systèmes électriques	ISET Rades
9.	Génie mécanique : Energétique	ISET Nabeul
10.	Physique et énergie	FSB
11.	Physique des matériaux : Matériaux composites et avancés	FSB
12.	Électronique, Électrotechnique et Automatique	FSM
13.	Physique et énergie	FSM
14.	Électronique, Électrotechnique et Automatisation	FSM
15.	Physique et énergie	Ecole Supérieure des Sciences et de la Technologie de Hammam Sousse
16.	Électronique, électrotechnique et automatique : Energies	Ecole Supérieure des

	renouvelables	Sciences et de la Technologie de Hammam Sousse
17.	Génie énergétique	ISSAT de Sousse
18.	Physique	ISSAT de Mahdia
19.	Physique des Matériaux	ISSAT de Mahdia
20.	Génie Électrique	ISET Ksar Helal
21.	Électronique, Électrotechnique et Automatique	ISSAT de Kasserine
22.	Génie électrique	ISSAT de Kairouan
23.	Physique et énergie	FSS
24.	Électronique, électrotechnique et automatique	FSS
25.	Physique des matériaux	FSS
26.	Génie électrique	ISET Sidi Bouzid
27.	Génie Électrique	ISET Kasserine
28.	Génie mécanique : Energétique	ISET Tataouine
29.	Thermique et énergies renouvelables	ISET Tataouine
30.	Formation à distance : Licence en électronique, électrotechnique et automatique	ISSAT Gafsa
31.	Électronique, électrotechnique et automatique	ISSAT Gafsa
32.	Génie énergétique	FS Gafsa
33.	Physique et énergie	FS Gafsa
34.	Physique	FS Gabes
35.	Physique des Matériaux	FS Gabes
36.	Génie énergétique	ISSAT Gabes
37.	Génie des matériaux	ISSAT Gabes
38.	Electronique, électrotechnique et automatique : Energies électriques renouvelables	Institut Supérieur des Systèmes Industriels de Gabes
39.	Génie énergétique	Institut Supérieur Privé Polytechnique - Université Libre de Tunis (ULT-ISP)

## 7 Recensement des projets R&D dans les domaines des ER et de l'EE

Avant de recenser les projets nationaux et internationaux de R&D achevés ou en cours se rapportant aux ER et à l'EE, il est nécessaire de définir les cadres dans lesquels ces projets sont exécutés. Nous donnons ci-après un aperçu sur les différents types de projets R&D nationaux et internationaux et les mécanismes de leur financement.

### 7.1 Projets internationaux de R&D

#### 7.1.1 Fonctionnement

Ces projets de coopération bilatérale ou multilatérale engagent respectivement deux ou plusieurs partenaires en vue de résoudre une problématique de recherche fondamentale, généralement soulevée avant la chaîne de valorisation ou à ses débuts (Figure 9).

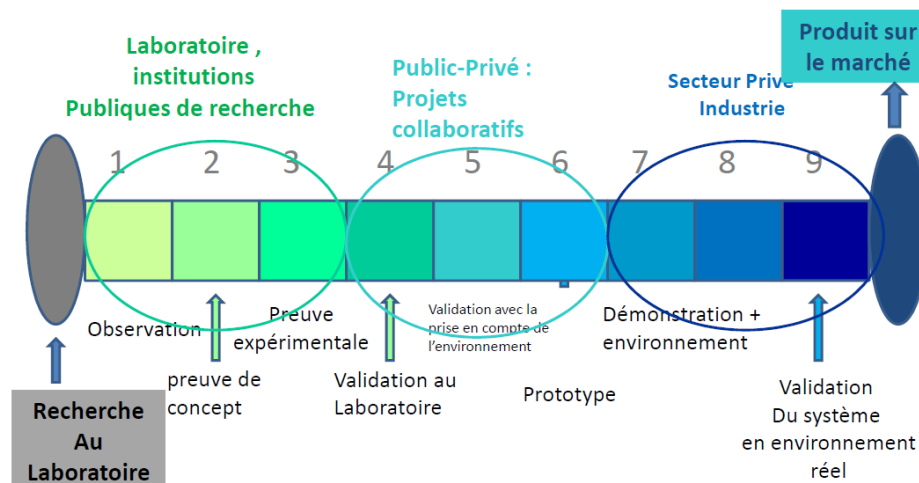


Figure 9 : Chaîne de valorisation d'un projet de R&D.

### 7.1.2 Programmes FPX, H2020, Horizon Europe et autres

Horizon 2020 est l'instrument financier mettant en œuvre l'Union de l'innovation, une initiative phare d'Europe 2020 visant à garantir la compétitivité mondiale de l'Europe. Horizon 2020 vise à atteindre cet objectif en soutenant l'excellence scientifique, le leadership industriel et en s'attaquant aux défis sociétaux. Horizon Europe remplace H2020 depuis janvier 2021. C'est le principal programme de financement de l'UE pour la recherche et l'innovation avec un budget de 95.5 milliards d'euros pour la période 2021-2027. Il s'attaque au **changement climatique**, contribue à la réalisation des objectifs de développement durable des Nations unies et stimule la compétitivité et la croissance de l'UE.

Ces deux grands mécanismes de financement s'appuient sur la politique de l'UE. Ils sont généralement pilotés par des européens. Cependant une faveur a été octroyée à notre pays permettant au coordinateur du projet d'être Tunisien.

Dans cette catégorie de FPX (X = 5, 6, 7), H2020, Horizon Europe, etc., nous avons identifié 20 projets européens.

Les projets recensés sont donnés au tableau suivant.

Tableau 12 : Liste des projets européens.

#### Projets européens

Ces projets ont été sélectionnés à partir du site [www.cordis.europa.eu](http://www.cordis.europa.eu) parmi 141 documents comprenant les termes « Tunisia » et « energy »

N°	Cadre Type de projets	Thématique	Titre du projet (Acronyme)	Objectifs	Institution(s) tunisienne(s)
1.	Européen (FP5)	Energy	Large scale integration of PV and wind ENITpower in Mediterranean countries (MED2010)	Les objectifs MED2010 sont d'analyser les moyens d'intégrer à grande échelle l'énergie solaire et éolienne pour la production d'électricité dans les pays méditerranéens (rive européenne et rive sud)	STEG (2001 – 2002)
2.	Européen	Energy	Optimal Engineering	Reverse osmosis desalination process	CRTEn

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

	(FP 6)		Design for Dependable Water and Power Generation in Remote Areas Using Renewable Energies and Intelligent Automation. OPENGAIN	using various RE sources.	(2009 -2012)
3.	Européen FP6-INCO	Energy	MEDiterranean food and agro industry applications of Solar COoling technologies. (MEDISCO)	MEDISCO vise à développer, tester et optimiser des concepts de refroidissement solaire thermique pour l'industrie alimentaire et agro-alimentaire dans la région méditerranéenne	SMVDA Domaine NEFERIS (Production de vins, Grombalia) (2006 – 2010). Bénéficiaire final du projet, ANME (chef de fil institutionnel)
4.	Européen FP6-Policies	Energy	Action plan for high-priority renewable energy initiatives in Southern and Eastern Mediterranean area. (REMAP)	Le projet REMAP visait à évaluer les considérations techniques et financières et à identifier les priorités de chaque pays impliqué pour développer un plan d'action officiel pour une collaboration entre l'éolien et l'hélio-thermodynamique.	STEG (2007 – 2010)
5.	Européen FP6-INCO	Energy - environment	Mechanical power generation based on solar Thermodynamic Engines. (POWERSOL)	Le projet POWERSOL a été lancé pour concevoir une technologie de génération mécanique de l'électricité, à faible coût et respectueuse de l'environnement, destinée aux communautés rurales ou de petite taille. Le système thermomécanique solaire POWERSOL convient entre autres à la production d'électricité et au dessalement de l'eau de mer.	Alternative Energy Systems (Sousse) (2007 - 2009)
6.	Européen FP6-SUSTDEV	Energy	Promotion of a new generation of solar thermal systems in the MPC. (SOLATERM)	Le projet SOLATERM a été conçu pour adapter les technologies aux besoins du sud de la méditerranée en matière d'eau chaude et froide et de chauffage des locaux. Il a également cherché à favoriser le transfert de savoir-faire technologique vers les PMP et à développer les activités de R&D dans ces pays par des voies politiques.	ANME (2006 – 2009)
7.	Européen FP6-INCO	Energy Environment	New Energy Efficient approach to the operation of Membrane Bioreactors for Decentralized Wastewater Treatment. (PURATREAT)	Le projet Puratreat a étudié une nouvelle méthode de fonctionnement des bioréacteurs à membrane. Il a comparé trois grandes technologies de membranes à fibres creuses, en vue de réduire la consommation d'énergie et les coûts de maintenance.	ONAS (2006 – 2009)
8.	Européen FP6-INCO	Energy	New Low-Emissivity the Long-Lasting Paints for Cost-	Le projet Termisol a mis au point des peintures sélectives à haute performance photothermique pour le	CITET, SES, Compagnie Africaine des

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

			Effective Solar Collectors. TERMISOL	revêtement des collecteurs solaires.	peinture, S.A (2006 – 2010)
9.	Européen FP6-INCO	Energy	Cost-effective renewable energy for rural and peri urban areas in the Mediterranean region. MEDRES	Le projet Medres a étudié des solutions d'énergie renouvelables à faible coût, à l'intention des villages et des zones rurales de la Méditerranée du Sud et de l'Est.	STEG (2007 – 2009)
10.	Européen FP6-INCO	Energy	Integration of Solar technologies into Buildings in Mediterranean Communities. SOLAR BUILD	Le projet Solar Build a étudié les technologies les plus prometteuses qui pourraient être adoptées dans cette région.	ANME (2007 – 2008)
11.	Européen FP7-KBBE	Energy	Towards COast-to-COast NETWORKS of marine protected areas (from the shore to the high and deep sea), coupled with sea-based wind energy potential. COCONET	Il s'agit d'évaluer l'adéquation des côtes de la mer Noire et de la Méditerranée pour leur exploitation éolienne au large, tout en évaluant également les changements futurs probables de la vitesse du vent.	INAT (2012 – 2016)
12.	Européen (FP7)	Energy	Empowering Tunisian Renewable Energy Research Activities. ETRERA	Fuel cell and hydrogen technologies	CRTEEn (2010 -2013)
13.	Européen FP7- INCO	Energy	Convergence between EU and MAGHREB MPC innovation systems in the field of Renewable Energy and Energy Efficiency (RE&EE) – A test-bed for fostering Euro-Mediterranean Innovation Space (EMIS). MAGHRENOV	Le projet MAGHRENOV, a réuni plusieurs intervenants des pays européens et maghrébins pour établir une zone d'innovation euro-méditerranéenne.	ANME (2013 -2016)
14.	Européen (FP7)	Energy	Empowering Trans-Mediterranean Renewable Energy Research Alliance for Europe 2020 ETRERA - 2020	Transfert de savoir et renforcement des compétences du CRTEEn. Création d'un Méta-cluster	CRTEEn (2013 - 2016)
15.	Européen (FP7)	Energy	ERANETMED (EURO-Mediterranean Cooperation through ERANET joint activities and beyond. ERANET MED	L'aspect innovant du projet consiste à expérimenter un grand nombre d'installations PV sur une douzaine de sites Méditerranéens ( ≈1 MWc) en tenant compte de la diversité du climat et des exigences sociales.	ENIT, STEG, ANME (2016 - 2018)
16.	Européen H2020	Secure, clean, and efficient	Microbial Desalination for Low	Ce projet relève le défi en développant et en exploitant le premier	ENIG (2016 – 2020)

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

		energy.	Energy Drinking Water (MIDES)	démonstrateur industriel au monde d'une technologie révolutionnaire reposant sur les cellules microbiennes de dessalement (CMD).	
17.	Européen H2020	Secure, clean, and efficient energy	Renewable Energies for Africa: Effective Valorization of Agri-Food Wastes. (REFLECT AFRICA).	Le projet REFLECT AFRICA entend développer des solutions énergétiques durables innovantes, fiables et adaptées, basées sur la valorisation des déchets de la biomasse issus de l'agriculture et de l'industrie alimentaire par gazéification de celle-ci.	VIARAYA (producteur d'huile d'olives extra), Institut de l'Olivier (2021 – 2026)
18.	Européen H2020	Secure, clean, and efficient energy	CoSt redUction and enhanced PERFORMANCE of PV systems. SUPER PV	SUPER PV est un projet initié en 2018 par 26 partenaires. Ensemble, ils visent une réduction significative de 26 % à 37 % du LCOE (Levelized Cost of Energy) pour le PV fabriqué en Europe en adoptant une approche hybride combinant innovations technologiques et méthodes de gestion des données.	ANME (2018-2022)
19.	Instrument Européen de Voisinage et Partenariat (IEVP) Coopération Transfrontalière Italie-Tunisie	Energy	Le Développement Durable dans la Production Énergétique dans le Territoire. DE.DU.ENER.T.	L'objectif du projet est de renforcer la plateforme de coopération existant entre la Tunisie et l'Italie pour le développement d'une stratégie commune visant la diffusion des énergies renouvelables, grâce à l'application de technologies hautement efficaces (station hybride PV-éolien).	CRTEn (2013 – 2016)
20.	Europe-Africa Research and Innovation call on Renewable Energy (LEAP-RE)	Energy	Si-based devices for renewable energy: From end-of-life recycling to revival of photovoltaic modules. SIREVIVAL	SIREVIVAL aspire à des Supercondensateurs (SC) robustes et évolutifs construits sur des principes d'ingénierie bien compris en exploitant les avancées de la chimie des matériaux à base de carbone, des matériaux pseudocapacitifs (oxydes ou nitrures de métaux de transition), des électrolytes à l'état solide (gel ou céramique similaire), et des matériaux à base de Si microtechniques obtenus à partir de modules PV en fin de vie.	CRTEn/ENSIT/Belgique/France/Algérie

### 7.1.3 Autres projets de coopérations bilatérales et multilatérales

Nous avons identifié 60 projets de coopérations bilatérale et multilatérale donnés dans le tableau suivant.

Tableau 13 : Liste des projets de coopérations bilatérale--- et multilatérale.

Projets de coopérations bilatérales et multilatérales					
N°	Cadre et Type de projets	Thématique	Sous thématique	Titre du projet	Institution(s) tunisienne(s)

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

1.	Maroc PRD	ER	Matériaux pour l'énergie	Matériaux photo-actifs innovants pour l'électronique organique flexible dans les domaines de la détection et (ou) de la production d'énergie.	FSM
2.	Maroc PRD	ER	Biotechnologie Environnementale	Procédé innovant pour le traitement des rejets de tannerie combinant des procédés biologiques et/ou physico-chimiques.	CBS
3.	Maroc PRD	ER	Matériaux pour le PV	Terres rares dopées verres et vitrocéramiques à base de silica titania pour améliorer le rendement des cellules solaires photovoltaïque.	ENIS
4.	Maroc PRD	ER	Biotechnologie Environnementale	Activité inhibitrice contre la corrosion de l'acier dans un Environnement agressif en milieu neutre des extraits de certaines plantes Tunisiennes et Marocaines : optimisation et modélisation.	FSS
5.	Maroc PRD	ER & EE.	Génie de l'Environnement	Amélioration de l'efficacité énergétique et de la qualité de l'énergie du résidentiel intégrant le renouvelable, le stockage et le véhicule électrique.	ENIT (2020-2022)
6.	Maroc PRD	ER & EE.	Génie de l'Environnement	Établissement d'une plateforme de gestion des déchets entre Maroc-Tunisie et développement d'un procédé efficace pour la production de bioénergie	ENI Gafsa
7.	Maroc PRD	ER & EE.	Nanotechnologie	Nanomatériaux Multifonctionnels pour l'Énergie et l'Environnement (NanoFor2E).	FST
8.	Tuniso-Marocian	Photovoltaïque	Cellules solaires	Combinaison des procédés PECVD et HWCVD pour améliorer le rendement d'une cellule photovoltaïque à base de silicium	FSG (2011-2013)
9.	Tuniso-Marocian	ER	Photocatalyse	La mise au point de nouveau photocatalyseurs supportés et l'étude de la dégradation de plusieurs polluants nouveaux	FSG (2013-2014)
10.	Tuniso-Marocian	ER	Application des ER	Développement d'un procédé d'extraction fonctionnant à l'énergie solaire et utilisation des technologies propres et innovantes	ENIG (2012-2013)
11.	Tunisie – Egypte	ER & EE.	Gestion intelligente de l'énergie	Smart PV micro-grid system with advanced energy management control	ENIT/ANME (2014-2016)
12.	Tunisie – Egypte	ER & EE.	Gestion intelligente de l'énergie	Design and control of high performances multilevel converter for grid connected PV systems	ENIT (2012-2013)
13.	Tunisie-France (CMCU)	ER & EE.	Gestion intelligente de l'énergie	Optimisation, Gestion de l'énergie et sûreté de fonctionnement d'un Micro-réseau d'énergie électrique intégrant des énergies renouvelables	ENIT (2012-2015)

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

14.	Tunisie-France (CMCU)	Energie	Etude et réalisation d'un système énergétique hybride	Amélioration de la qualité de l'énergie électrique par l'association d'un système de pompage/turbinage et d'un système éolien	ENIT (2012-2014)
15.	Tunisie-France	Energie	Onduleurs pour PV connecté au réseau	Design and control of high performances multilevel converters for grid connected PV systems	ENIT (2012-2014)
16.	Tunisie-France	Energie	Production et gestion de l'énergie à partir de sources renouvelables	Mix énergétique pour l'optimisation de la production, le stockage et la consommation dans le secteur résidentiel, MixER	ENIT/ANME/STEG/CETIME (2015-2018)
17.	Tunisie-France	Energie	Production et gestion de l'énergie à partir de sources renouvelables	Synthèse d'algorithmes et d'architectures matérielles de dispositifs reconfigurables dédiés au pilotage des systèmes électriques	ENIT (2005-2006)
18.	Tunisie-Espagne	Energie	Gestion électrique	Contrôle de systèmes éoliens à vitesse variable	ENIT (2004)
19.	Tunisie-Espagne	Energie	Etudes des défauts des systèmes raccordés au réseau	Monitoring and synchronization of wind turbines under grid fault	ENIT (2007)
20.	Tunisie-Espagne	Energie	Gestion électrique	Contrôle et gestion d'un micro-réseau basé sur l'énergie éolienne et des charges locales	ENIT (2007-2009)
21.	Tunisie-Espagne	Energie	Gestion électrique en présence de défauts	Stratégies de contrôle des turbines éoliennes en présence de creux de tension	ENIT (2005-2006)
22.	Tunisie-Espagne	Energie	Système hybride pour site isolé	Design and control for high-availability of renewable hybrid system for stand alone telecommunication centres	ENIT (2010 – 2011)
23.	Tunisie-Espagne	Energie	PV pour Télécom	Systèmes photovoltaïques pour les infrastructures de télécommunications en site isolé : architectures, contrôle et supervision en vue de l'optimisation de la disponibilité de l'énergie électrique	ENIT (2012 – 2015)
24.	Tunisie-Espagne	Energie	Micro-réseau	Control y gestión de una micro red basada en energia eolica con cargas locales	ENIT (2012 – 2015)
25.	Afrique du Sud	ER & EE.	Thermique	Novel ultra-high temperature ceramics (UHTCs) based selective solar absorber nano-coatings	CRTEn (2015)
26.	Afrique du Sud	ER & EE.	Génie de l'Environnement	Enhancement of anaerobic digestion of waste activated sludge by advanced oxidation processes.	CBS
27.	Afrique du Sud	ER & EE.	Eolien	Generator Test Platform for Assessing the Impact of Wind Integration and power quality issues.	ENIT
28.	Afrique du Sud	ER & EE.	Eolien	Design, Modelling and diagnostic of wind turbines for sustainable energy efficiency.	ENIS
29.	Allemagne	Énergie / Informatique /	Génie électrique, électronique, informatique	Cost effective & high robustness narrow-band power line communication system for Energy	ESCT

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

		Télécom		efficiency applications.	
30.	Allemagne TNUGER 2+2	Energy	Photovoltaïque	Tunisian-Germain Exchange for Scalable Fabrication of High Efficient and Stable Perovskite Solar Cells with Carbon Charge Transport Layers	CRTE n (2021)
31.	Allemagne TNUGER 2+2	Energy	Eolien	Wind turbine power system for grid stabilization with integrated energy storage	ENIM (2021)
32.	Turquie	ER & EE.	Génie de l'Environnement	Development of solar drying technologies for the valorization of sludge.	CRTE n
33.	Turquie	Energy	Génie matériaux	Advanced Heterojunction Si solar cells with SiC and metal oxides thin films (SIMOX)	CRTE n
34.	Turquie	Energie	Valorisation énergétique	Development of solar drying technologies for the valorization of sludge	RTE n (2018)
35.	Italie	Energy	Nanotechnologie	Organic Ligand Modified Lead-Free Perovskite Nanocrystals for Luminescent Solar Concentrators (RADIANT)	FSS
36.	Italie/France/P ologne/Tunisie /Algérie/Maro c	Energy	EE	Boosting Environmental Protection and Energy Efficient buildings in Mediterranean Region	(2016-2019)
37.	Corée du Sud	Energy	Photovoltaïque	PEROVskite and Silicon Tandem solar cells with improved performance and air stability (PEROSIT).	CRTE n
38.	Inde	Renewable Energies Sources	Système hybride	Hierarchical Control of Hybrid Power Systems.	ENIM
39.	Inde	Renewable Energies Sources	Eolien	Design, Modeling and diagnostic of wind turbines for sustainable energy efficiency.	ENIS
40.	Inde	Renewable Energies	Génie électrique, électronique, informatique	Development of multi-stage fluid bed biomass gasification system.	ENIM
41.	Tuniso- Portugais	Photovoltaïq ue	Cellules solaires	Preparation and characterization of tandem solar cell containing nano-cristalline and silicon carbud layers	FSG
42.	Tuniso- Algérien	ER & EE	Systèmes solaires	Serre hydroponique intelligente utilisant multi-sources des énergies renouvelables	CRTE n (2020)
43.	Tuniso- Algérien	Photovoltaïq ue	Cellules solaires	Optimisation des matériaux nitrurés comme couche de minimisation de la contrainte dans des cellules solaires à multiples boites quantiques InAs/GaAs	FSM (2018)
44.	Tuniso- Algérien	Photovoltaïq ue	Cellules solaires	Elaboration et caractérisation de couches minces d'oxyde de zinc pour des applications photovoltaïques	FSM (2018)

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

45.	Tuniso- Algérien	Photovoltaïque	Cellules solaires	Caractérisation électrique et modélisation des cellules solaires en silicium couches minces	FSG
46.	Tuniso- Algérien	ER	Electrification et pompage	Systèmes aux énergies renouvelables pour l'électrification et le pompage	ENIG
47.	PHC MAGHREB	ER, production, stockage et gestion	Photovoltaïque et hydrogène	Matériaux pour l'énergie photovoltaïque et production d'hydrogène.	FSS
48.	PHC MAGHREB	ER, production, stockage et gestion	Froid et chaleur pour résidentiel	Étude d'un système de production d'énergie froid et chaleur et intégration dans un édifice résidentiel ou industriel.	ENIS
49.	PHC MAGHREB	ER, production, stockage et gestion	Photovoltaïque	Élaboration et caractérisations des cellules solaires Si-Ge Cœur-Coquille sur substrat Silicium en vue de l'optimisation de leur rendement.	FSM
50.	PHC MAGHREB	ER, production, stockage et gestion	Génie matériaux	Nouveaux matériaux en vue d'applications dans le domaine de l'énergie.	FST
51.	PHC MAGHREB	ER, production, stockage et gestion	Génie matériaux	Caractérisations d'une nouvelle génération de matériaux avancés Ni-Fe après une hyperdéformation pour l'hypertexturation {100}.	FSS
52.	PHC Maghreb	Énergie	Matériaux pour thermique	Nanofluides non-Newtoniens dans les concentrateurs solaires	CRTEn (2020 – 2022)
53.	PHC MAGHREB	EE : Eclairage	Méthode d'éclairage	Mastering Efficient Lighting in North Africa (MELINA)	IPEIM (2020)
54.	ERANETMED	Énergie	Système hybride	MENA Hybrid Solar System.	CRTEn
55.	ERANETMED	Énergie	Solar system and climate	In Vivo Solar Technologies OM: Experimental Design in Harsh climate and acceptance contexts	ENIT
56.	ERANETMED	Énergie	Energie solaire	MENA Hybrid Solar System	CRTEn (2015)
57.	ERANETMED	Énergie	CSP-biomasse	Development and demonstration of a hybrid CSP-biomass gasification boiler system.	ENIT
58.	ERANETMED	Énergie	Photovoltaïque	New Indium Free Flexible Electrode for Organic Photovoltaic Cells.	FST
59.	ERANETMED	Énergie	Hydrogène et Photovoltaïque	Hydrogen production through photovoltaic Energy	FSS
60.	PHC Utique	Énergie	Gestion de systèmes hybrides	Gestion des flux énergétiques dans un système multi-sources éolien/photovoltaïque.	ENIT (2019-2021)
61.	PHC Utique	Énergie ENI-	Génie électrique, électronique,	Sureté de fonctionnement et optimisation de la gestion d'énergie	ENI-Carthage (2017-2019)

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

		Carthage (2017-2019)	informatique	avec le minimum de stockage dans un micro-réseau autonome à base d'énergie renouvelable.	
62.	PHC Utique	Énergie	Génie de l'Environnement	Valorisation énergétique et Environnementale des Déchets de Pneus Usagés en vue d'une Application Industrielle	ISSTE (2017-2019)
63.	PHC Utique	Énergie	Matériaux pour l'énergie	Vers de nouveaux composites à matrice polymère époxyde pour la production et le stockage de l'énergie : corrélation entre les propriétés structurales, électriques et optiques, et la nature, forme et taille des charges.	FSS (2017-2019)
64.	PHC Utique	Énergie	Matériaux pour l'énergie	Vers l'orientation de la synthèse des pérovskites pour des applications dans les SOFCS.	ISSBAT (2016-2018)
65.	PHC Utique	Énergie	Génie électrique, électronique, informatique	Plateforme urbaine pour les véhicules électriques connectés.	ISGT (2016-2018)
66.	PHC Utique	Énergie	Génie de l'Environnement	Valorisation énergétique de la Chaleur Fatale issue des gaz d'échappement d'un MCI couplé à un moteur Stirling.	ENIM (2022-2024)
67.	PHC Utique	Énergie	Matériaux pour l'énergie	Optimisation des propriétés piézoélectriques des nanocomposites flexibles pour la récupération d'énergie (OPPNFEN)	FSM (2022-2024)
68.	PHC Utique	Énergie	Matériaux pour l'énergie	Propriétés optiques et électroniques de nanostructures pérovskites halogénées.	FSB (2022-2024)
69.	PHC Utique	Énergie	Matériaux pour l'environnement	Décoration de nanotubes de dioxyde de titane par des nanoparticules de platine pour des procédés de traitement de l'air intérieur : application à l'air intérieur des hôpitaux et des industries agroalimentaires.	CRTEn (2021-2023)
70.	PHC Utique	Énergie	Génie électrique	Impact des nouveaux composants émergents sur la sûreté de fonctionnement des véhicules électriques et hybrides.	ENI Sousse (2021-2023)
71.	PHC Utique	Énergie	Matériaux pour photovoltaïque	Propriétés multifonctionnelles d'oxydes semi-conducteurs supportés sur silicium poreux ou graphène : applications aux cellules photovoltaïques et aux capteurs de gaz.	CRTEn (2020-2022)
72.	PHC Utique	Énergie	Matériaux pour EE	Isolation thermique et sonore par un non-tissé écologique	ISET Ksar Helal (2020-2022)
73.	Tunisie-Norvège	Energy	Solar for maritime	Solar fueled electric maritime mobility (UN-DESA Energy Grand on "Powering the Future We Want" China Energy Fund Committee)	ENIT (2017-2019)

## 7.2 Projets nationaux de R&D

### 7.2.1 PRF (Projets de Recherche Fédérés)

La mise en place des Programmes de Recherche Fédérés (PRF) a permis de franchir une étape substantielle sur la voie de l'organisation des activités du système national de R&D et ce, à travers la **mobilisation des compétences** et la **création de synergies entre les structures de recherche et leurs partenaires, publics ou privés, concernés par le développement du secteur de la recherche scientifique et de la technologie**. Ces programmes sont financés dans le cadre de conventions pluriannuelles qui définissent la structure porteuse du projet et les structures associées, les objectifs et les résultats attendus, les moyens humains et matériels à mobiliser ainsi que les procédures de suivi-évaluation. Les PRF traitent de thématiques nationales prioritaires définies en concertation avec les différents opérateurs du secteur concerné.

Les PRF achevés dans le domaine de l'énergie sont initiés et financés par le MESRS et ont été coordonnés et gérés par l'ANME. Les PRF actuels sont gérés par l'ANPR. Ces PRF sont listés au tableau suivant.

Tableau 14 : Liste des PRF.

Projets de Recherche Fédérés (PRF)		
N°	Intitulé du projet (2002– 2019)	Intervenants : Etablissements de recherche / Partenaires socio-économiques
1.	Climatisation individuelle au gaz naturel	ENIG, CRTEn, ENIM STEG, CSFE de Kairouan
2.	Analyse de la technologie actuelle en vue de développer une industrie locale	FS Sfax, ESSTT, ENIS, INSAT, ENIT STEG, INM
3.	Développement d'un modèle de dispatching intégrant les fermes éoliennes	ESSTT, ENIS, INSAT, ENIT STEG, INM
4.	Froid solaire	ENIM, ENIS, ENIG, CRTEn, ENIT SES
5.	Chauffage solaire de l'eau	ENIG, CRTEn, ESSTT, ENIT CSFE de Kairouan, AES
6.	Maîtrise des techniques du dessalement solaire	ENIM, FST, CRTEn, ENIS, ENIT SONEDE, SES
7.	Hydrogène : stockage et conversion	ENIM, ESSTT, INRAP STEG, Air Liquide
8.	Conception et développement d'une pile à combustibles de type PEMFC	CRTEn, FST, FS Bizerte, CNRSM Borj Cedria STEG, Air Liquide
9.	Conception et réalisation d'un séchoir solaire de produits agro-alimentaires	CRTEn, FST, ENIM, ENIS Sté AGRIFOOD
10.	Systèmes éoliens : analyse de la technologie actuelle en vue de développer une industrie éolienne locale	ENIT, CEA et LinkLab (2002-2006)

## 7.2.2 Projets de Valorisation des Résultats de Recherche (VRR)

Le Programme VRR a été mis en place par le MESRS depuis 1992. Les projets VRR sont financés par le MESRS à la suite d'un Appel à Propositions « Ouvert ». Les bénéficiaires sont les structures de recherche publiques (Centres de recherche, Laboratoires de recherche, Unités de recherche) avec possibilité de partenariat avec des entreprises économiques. La Durée de réalisation d'un projet VRR est de 2 à 3 ans. C'est un programme qui vise la mise sur le marché des résultats obtenus par les laboratoires de recherche. C'est un moyen de renforcement du partenariat entre les structures de recherche et le tissu socio- économique tels que les centres techniques, les entreprises et les groupements professionnels. Les VRR sont gérés par le MESRS. Les VRR en relation avec les ER et l'EE sont donnés au tableau suivant.

Tableau 15 : Liste des VRR.

Projets de Valorisation des Résultats de la Recherche (VRR)			
N°	Thématique du projet	Titre du projet	Institution(s)
1.	ER	Production of 2 kW de modules PV à base de silicium monocristallin pour l'électrification rurale.	INRST (1992-1993).
2.	EE	Transformation d'un Bâtiment Public en un Bâtiment Smart à Energie Positive.	CRTEn, ISTIC, ANME, Advanced Solar Energy Technology (ATS) (2020 – 2023)
3.	EE	Transformation d'un Bâtiment Public en un Bâtiment Smart à Energie Positive. SMARTBAT	ANME (2020)
4.	Matériaux pour l'énergie	Projet du Silicium Tunisien (Sable, Silice, Silicium) Projet 3S	CRTEn (2022)
5.	ER	Amélioration du taux d'intégration des sources à énergies renouvelables dans la production d'énergie décentralisée.	FST
6.	ER	Mise en place d'un prototype de pyrolyse en vue de la valorisation énergétique de déchets de carcasses de la Tannerie Mégisserie du Maghreb	CRTEn (2021)
7.	EE	Conversion thermochimique des coproduits d'agrumes et de sardine en biocarburants riches en molécules actives	CRTEn (2018)
8.	EE	Transformation d'un Bâtiment Public en un Bâtiment Smart à Energie Positive	CRTEn (2020)
9.	ER	Optimisation des paramètres électriques au niveau d'un micro-réseau intelligent intégrant les énergies renouvelables et le stockage	ENIT (2012-2014)
10.	ER	Réalisation d'un prototype de concentrateur solaire parabolique	ENIM (2017-2019)

## 7.2.3 Projet PromESsE

Le projet PromESsE (Projet de modernisation de l'Enseignement Supérieur en soutien à l'Employabilité des jeunes diplômés (PromESsE/TN)) est un mécanisme à deux initiatives ; l'une systémique (interdisciplinaire) appliquée à l'échelle macro, l'autre incitative appliquée à l'échelle micro sous forme de mesures. Ces dernières sont appuyées par des fonds de compétitifs d'innovation

dans le cadre du Programme d'Appui à la Qualité (PAQ). Le programme PAQ est lui-même formé de cinq (05) sous programmes :

- 1) Volet 1 : PAQ pour une meilleure connexion au marché du travail,
- 2) Volet 2 : PAQ pour une université innovante et entrepreneuriale,
- 3) Volet 3 : PAQ pour l'amélioration des services aux étudiants,
- 4) Volet 4 : PAQ pour soutenir la Gouvernance et la Capacité de Gestion, et
- 5) Volet 5 : PAQ en appui à l'Assurance Qualité et l'Accréditation.

Le volet 3 (PAQ pour l'amélioration des services aux étudiants) qui concerne cette étude est formé de trois sous-mécanismes :

- PAQ-PAES (PAQ-Pré-amorçage et Essaimage Scientifique) : concerne l'encouragement à la création de Spin-off.
- PAQ-COLLABORA (PAR&I :Tk) : concerne les projets collaboratifs au sein des Technopôles.
- PAQ-MOBIDOC : concerne la mobilité des doctorants et des post-docs dans le milieu professionnel.

Dans le cadre de projets PAQ-PAES et PAQ-COLLABORA dans le domaine des ER & EE, nous avons identifié trois projets, donnés au tableau suivant.

*Tableau 16 : Liste des projets Jeunes Chercheurs pour les trois années 2018-2020.*

<b>Projets PAQ-PAES et PAQ-COLLABORA (PAR&amp;I : Tk)</b>					
N°	Cadre Type de projets	Thématique	Sous/thématique	Titre du projet	Institution(s) tunisienne(s)
1.	PAQ-PAES	Energie	Fabrication de couches minces pérovskites	Innovative SPRAY coating technologies bridge the gap between industrial and academic research applications	CRTEEn (2020)
2.	PAQ-COLLABORA	Energie	Nouvelles technologies de l'énergie	Plateforme pour l'investigation de nouvelles technologies de l'énergie et leur intégration dans un réseau électrique de distribution	ENIT (2018-2021)
3.	PAQ-COLLABORA	Energie	Nouvelles technologies de l'énergie	Plateforme pour l'investigation de nouvelles technologies de l'énergie et leur intégration dans un réseau électrique de distribution	ENIT (2018-2021)

#### 7.2.4 Projets Jeunes Chercheurs

*Tableau 17 : Liste des projets Jeunes Chercheurs pour les trois années 2018-2020*

<b>Projets Nationaux (Jeunes chercheurs)</b>					
N°	Cadre Type de projets	Thématique	Sous/thématique	Titre du projet	Institution(s) tunisienne(s)
1.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Engineering des systèmes	Exploitation des systèmes solaires à éjecto-compression dans les entrepôts frigorifiques.	CRTEEn (2018 – 2019)

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

2.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Valorisation énergétique des déchets	Conversion thermochimiques des coproduits d'agrumes et de sardine en biocarburants riches en molécules actives.	CRTEEn (2018-2019)
3.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque	Nouveaux procédés pour le management optique dans les cellules solaires au silicium.	CRTEEn (2018 – 2019)
4.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Valorisation des déchets	Mise en place d'un prototype de pyrolyse en vue de la valorisation énergétique de déchets de carcasses de la Tannerie Mégisserie du Maghreb.	CRTEEn (2020)
5.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Systèmes solaires	Exploitation des Systèmes Solaire à Éjection de Vapeur dans les Entrepôts Frigorifiques	CRTEEn (2018)
6.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque	Nouveaux procédés pour le management optique dans les cellules solaires en silicium	CRTEEn (2018)
7.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Stockage	Réalisation des électrodes hybrides à hautes performances pour un supercondensateur	CRTEEn (2020)
8.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Stockage	Fabrication d'électrodes à base d'oxydes métalliques/Graphène pour des supercondensateurs de haute performance	CRTEEn (2020)
9.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Efficacité énergétique	Système connecté pour assurer l'efficacité énergétique et le respect de l'environnement digitalisant les normes ISO50001 et ISO14001	ENISo (2020)
10.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque	Conception et contrôle avancé d'un système de génération photovoltaïque à haute densité de puissance	ENIT (2020)
11.	Encouragement jeunes chercheurs (20PEJC 06-09)	Énergie	Photovoltaïque	Chargeur de voiture électrique : du prototype à l'intégration dans un micro-réseau intelligent (VE-TOP)	Institut supérieur des sciences appliquées et technologies de mateur (2020)
12.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque	Conception et contrôle avancé d'un système de génération photovoltaïque à haute densité de puissance	ENIT (2021-2022)
13.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Site isolé	Micro-réseau DC intelligent visant le secteur résidentiel isolé	ENIT (2018-2019)
14.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Défauts sur un micro-réseau	Etude et analyse de l'impact des défauts sur un micro-réseau à courant alternatif en de l'amélioration de sa stabilité	ENIT (2018-2019)

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

15.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Stockage	Caractérisation de micro-supercapaciteurs à électrolyte solide pour l'énergie embarquée	FSG (2019)
16.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque	Réalisation d'une cellule solaire à faible coût à base d'une hétérostructure ZnO/p-Si	FSG (2019)
17.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Efficacité énergétique	Elaboration et caractérisation d'un composite polymère recyclé – fibres naturelles pour l'isolation thermique des bâtiments	ISSAT Gabes (2019)
18.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photocatalyse	Etude de l'effet des radiations gamma sur les nanoparticules de TiO <sub>2</sub> sous atmosphère contrôlée pour l'application photocatalyse	CNSTN (2019)
19.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque	Etude et réalisation de cellules photovoltaïques hybrides à base de nanoparticules et de polymères	Ecole de l'aviation Borj-El Amri (2019)
20.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Pile à combustible	Pile à combustible à membrane échangeuse de protons. Préparation d'électrolytes nanocomposites. Assemblage membrane et test de pile	CRTEn (2019)
21.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque	Elaboration et étude de matériaux innovants pour la fabrication de cellules solaire à base d'éléments abondants et non toxiques	IPEI El Manar (2019)
22.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Biochar	Production du biochar à partir des déchets organiques pour le traitement des eaux usées et l'amendement des sols	CRTEn (2019)
23.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque	Conversion de la lumière solaire et production d'hydrogène par des nouvelles pérovskites hybrides organique-inorganique photovoltaïques et photo-électro-catalytiques	ENIG (2019)
24.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Véhicule électrique	Contribution à la présentation architecturale et prise en compte d'exigences multiphysiques dans la conception préliminaire de systèmes complexes sous-définis : application dans le cas	ENIS (2019)

**Élaboration d'une étude sur le potentiel de la recherche et développement dans le secteur de l'énergie :  
Énergie Renouvelable & Efficacité Énergétique (ER & EE)**

				d'un véhicule électrique hybride	
25.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Photovoltaïque (surveillance)	Etude et développement d'un système de supervision des installations solaires photovoltaïques	ENIT (2019)
26.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Solaire pour la biologie végétale	Conception, réalisation et étude du fonctionnement d'une installation combinée pour le séchage des plantes aromatiques et l'extraction de molécules bioactives opérant à l'énergie solaire	FSS (2019)
27.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Eolien	Conception et diagnostic des éoliennes pour une meilleure efficacité énergétique durable	ENIG (2019)
28.	Encouragement jeunes chercheurs	Énergie	Solaire	Application de l'énergie solaire thermique dans les secteurs domestique, touristique et industriel	ISSAT Kairouan (2019)
29.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	Stockage	Développement et caractérisation des électrodes négatives hybrides de haute performance pour un super condensateur	CRTEn (2021)
30.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	Photovoltaïque	Synthèse et étude des propriétés physiques de matériaux hybrides organiques-inorganiques pour des applications photovoltaïques	FSS (2021)
31.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	Ressources énergétiques	Modélisation de contexte géodynamique de l'Atlas méridional tunisien : Valorisation des ressources minérales et énergétiques	FSG (2021)
32.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	Stockage	Conception de batteries à électrolyte solide : Application pour le stockage de l'énergie et les véhicules électriques	CRTEn (2021)
33.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	Onduleur	Conception des onduleurs solaires à base de la structure parallèle « Dual Converter »	ENIT (2021)
34.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	Séchage	Simulation, réalisation et optimisation d'un capteur solaire à air pour le séchage	ENIG (2021)
35.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	Hydraulique	Actionneurs linéaires à aimants à efficacité énergétique élevée :	ENIS (2021)

				Application à la conversion de l'énergie des vagues	
36.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	Voiture électrique	Contrôle du système de puissance du véhicule électrique solaire en vue de l'optimisation de ses performances	ISSAT Gabes (2021)
37.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	EE	Optimisation de la consommation du gaz naturel pour le système de chauffe de DCP	ENIG (2021)
38.	Encouragement jeunes chercheurs	Energie	EE	Measurement and optimization of vehicles' and traffic pollution	Institut Supérieur du Transport et de la Logistique de Sousse (2021)

### 7.2.5 Programme National de la Recherche et de l'Innovation (PNRI)

Le Programme National de la Recherche et de l'Innovation PNRI est un programme ayant pour finalité le financement des projets de recherche, de développement, d'innovation, **d'amélioration de la qualité** des produits des entreprises industrielles, de **développement de leurs capacités concurrentielles et de modernisation des mécanismes de production**, à travers la consolidation de la coopération et du partenariat entre les entreprises industrielles, les structures de recherche et les centres techniques. **Les PNRI sont gérés par le MIME.** La liste des programmes PNRI est donnée au tableau suivant.

Tableau 18 : Liste de programmes PNRI.

Programmes PNRI					
N°	Cadre Type de projets	Thématique	Sous/thématique	Titre du projet	Institution(s) tunisienne(s)
1.	PNRI	Energie	Onduleurs photovoltaïques	Étude, conception et réalisation d'un banc d'essais pour onduleurs photovoltaïques connectés au réseau	ENIT/CETIME (2015-2018)
2.	PNRI	Énergie	Séchage du bois	Séchage et traitement du bois à l'énergie solaire	ENIM (2012-2014)
3.	PNRI	Énergie	Séchage agro-alimentaire	Conception et réalisation d'un séchoir solaire de produit agro-alimentaires	ENIM (2012-2014)

### 7.2.6 Projets de partenariat

Tableau 19 : Projets de partenariat.

Projets de partenariat					
N°	Cadre Type de projets	Thématique	Sous/thématique	Titre du projet	Institution(s)
1.	Partenariat	Photovoltaïque	Fabrication et Formation	Mallette pédagogique pour la fabrication des cellules et des panneaux photovoltaïques et son utilisation pour l'éclairage et le pompage	INRST (LAS) (Ex. CRTEEn-LPV) / ALECSO (2000-2001)
2.	Partenariat	Système connecté	Onduleur	Etude, conception et réalisation d'un banc d'essais pour onduleurs photovoltaïques connectés au réseau	ENIT/CETIME/SA CEM (2016-2017)
3.	Partenariat	Formation sur les micro-réseau	Micro-réseau	Design and development of a small scale photovoltaic micro grid training innovative platform for under and post graduate student	ENIT/ MITSUBISHI - Japon (2016-2017)
4.	Partenariat	Gestion d'énergie	Micro-réseau	Optimisation des paramètres électriques au niveau d'un micro réseau intelligent intégrant les énergies renouvelables et le stockage	ENIT/STEG-TELNET--CEA-List- U2S (2012-2015)
5.	Partenariat	Génie électrique	Photovoltaïque	Etude des systèmes électriques mettant en œuvre l'énergie photovoltaïque	ENIT/Société VOLTA-PV (2012-2014)
6.	Partenariat	Génie électrique	Eolien	Etude des systèmes électriques mettant en œuvre l'énergie photovoltaïque et/ou éolienne	EPS - Société Energie Propre Services (2011-2014)
7.	Partenariat	Gestion d'énergie pour site isolé	Télécom.	Etude des systèmes électriques : intégration des Energies Renouvelables dans un site de Télécommunications	ENIT/TUNISIANA (Ooreedo) (2010-2013)
8.	Partenariat	Stockage de l'énergie renouvelable	Stockage	Nouvelle génération de systèmes de stockage de l'énergie renouvelable	ENIT/SACEM Smart/GIZ(BMZ) (2018)
9.	PAQ-COLLABORA	Onduleur PV	E-monitoring	Système de e-monitoring intelligent de générateurs d'énergie photovoltaïque à forte commercialisabilité	ENIT (2019-2022)
10.	PAQ-COLLABORA	Energie	Nouvelles technologies de l'énergie	Plateforme pour l'investigation de nouvelles technologies de l'énergie et leur intégration dans un réseau électrique de distribution	ENIT (2018-2021)
11.	Partenariat	PV injecté au réseau	Perturbation du réseau STEG par les systèmes PV	Impact of roof top PV system integration on Tunisian electrical distribution network, IRon, USAID	ENIT/ IRon, USAID (2018-2021)

### 7.2.7 Autres projets

Nous avons identifié d'autres projets en relation avec les domaines des ER et EE et qui ne sont pas catégorisés. La liste desdits projets est donnée au tableau suivant.

Tableau 20 : Autres projets hors cadres cités.

Autres projets non catégorisés					
N°	Cadre Type de projets	Thématique	Sous/thématique	Titre du projet	Institution(s) tunisienne(s)
1.	Collaboratif	Énergie	Séchage solaire	Unité mobile de séchage des produits agricoles alimentés à l'énergie solaire	ANME/APIA/GI Z (2017)

### 7.2.8 Prime accordée au titre des Investissements dans les activités de Recherche et Développement (PIRD).

La PIRD est une subvention qui offre aux entreprises publiques et privées ainsi qu'aux associations scientifiques l'accès à la **veille technologique et à l'innovation**. Elle appuie les projets de recherche dans toutes leurs phases de l'étude jusqu'à la réalisation. Ce mécanisme couvre toutes les activités économiques à savoir le secteur industriel, l'agriculture et les services. La PIRD s'inscrit dans le cadre de la stratégie de l'État visant à hisser le **niveau technologique du tissu économique** et renforce la panoplie des moyens et incitations dédiés à cet effet. Les projets PIRD intéressent le secteur industriel, **ils interviennent en aval des projets** de Valorisation, c'est-à-dire dans la phase d'essais et de démonstration et de validation dans un environnement réel. **Les PIRD sont gérés par le Ministère du commerce (MC).**

## 8 Etude bibliométrique

Si on veut quantifier les différents articles publiés par les différentes universités et centres de recherche tunisiens faisant de la R&D dans les domaines liés aux ER et à l'EE, on doit adopter une stratégie claire et simple et œuvrer par des **mots clés bien réfléchis**, sans quoi nous aurons un enchevêtrement assez complexe lorsqu'on augmente le nombre de mots clés ou lorsqu'on utilise des mots clés composés.

Nous avons expérimenté les deux moteurs de recherche les plus connus qui sont SCOPUS et le Web Of Science (WOS). Les résultats obtenus sont présentés ci-dessous. [14]

### 8.1 Recherche avec Scopus

Nous allons procéder par mots clés simples, figurant essentiellement dans les abstracts des articles affichés sur le moteur de recherche **SCOPUS**. En fait, l'utilisation de plusieurs mots clés risque d'écranter certaines institutions. Prenons des exemples concrets.

#### Exemple 1: Domaine des ER

**On va utiliser deux mots clés composés pour une recherche bibliographique autour des systèmes PV.**

- T1 : *Photovoltaic System; Fault Detection; Solar Energy Conversion*
- T2 : *Photovoltaic System; Grid; Inverter*

A prime abord, il semble que la différence entre les deux mots clés composés T1 et T2 réside dans l'intérêt de l'utilisation du système PV. En effet, l'utilisation de T1 pour les **10 dernières années (2012-2021)**, permet de relever **20 publications** réparties sur 7 universités (Figure 10), alors que l'utilisation de T2 ne relève qu'une **seule publication** signée par l'Université de Sfax.

*Dans le cas présent, dans les deux mots clés composés l'intérêt général est porté sur les systèmes PV, on peut donc utiliser uniquement un seul mot clé « photovoltaic system », et affiner à partir de là la recherche.*

#### Exemple 2 : domaines de l'EE (refroidissement solaire et conditionnement des bâtiments)

- T1: Adsorption; Refrigeration; Cooling Systems
- T2: Absorption Refrigeration; Solar Cooling; Cooling Systems

L'utilisation de T1 donne 29 publications pour les 10 dernières années, réparties comme l'indique la figure 11(A). L'utilisation de T2 donne 33 publications réparties comme l'indique la figure 11(B).

Nous remarquons que le fait d'utiliser '*adsorption*' au lieu d'*absorption* exclut l'université de Tunis El Manar (UTM) de la liste des institutions qui travaillent sur les systèmes de refroidissement, alors que nous savons pertinemment que l'UTM publie dans ces domaines. Dans ce cas, il est préférable d'utiliser un mot clé commun à T1 et T2 qui est « *cooling systems* », et d'affiner la recherche si besoin est.

Dans ce qui suit nous allons choisir des mots clés simples appartenant au lexique des mots utilisés dans les domaines des ER et de l'EE, qu'on peut détecter dans l'abstract de l'article.

- *AD=(Tunisia ou Tunisie)*
- *AND AB=( solar OR photovoltaic OR wind OR thermal OR CSP OR bioenergy OR photocatalysis OR green hydrogen OR energy storage OR cooling systems OR smart grid OR inverter OR geothermal OR biofuel OR energy efficiency)*

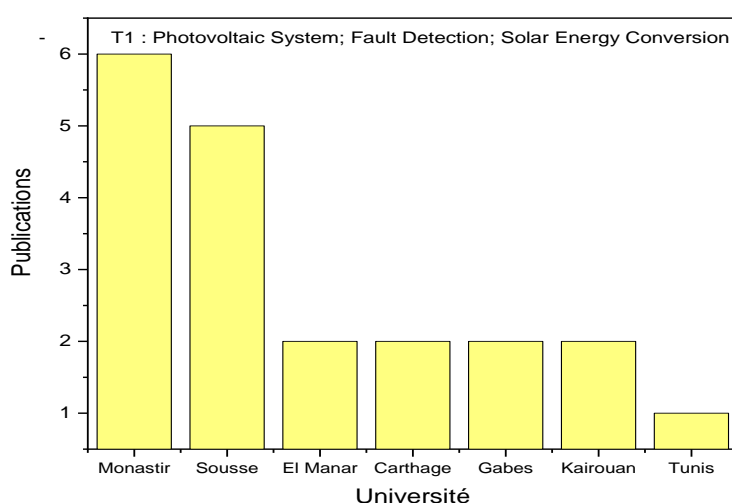


Figure 10 : Répartition des publications par université pour la sous-thématique T1 pour la période 2012 – 2021 (d'après SCOPUS).

Le nombre total d'articles publiés entre 2012 et 2021, ayant un rapport direct ou indirect avec les ER et l'EE, suivant les mots clés cités ci-dessus est égal à 6384, d'après SCOPUS. La figure 12 montre l'évolution du nombre de publications/an durant les années 2012 -2021, et ce d'après le moteur de recherche SCOPUS.

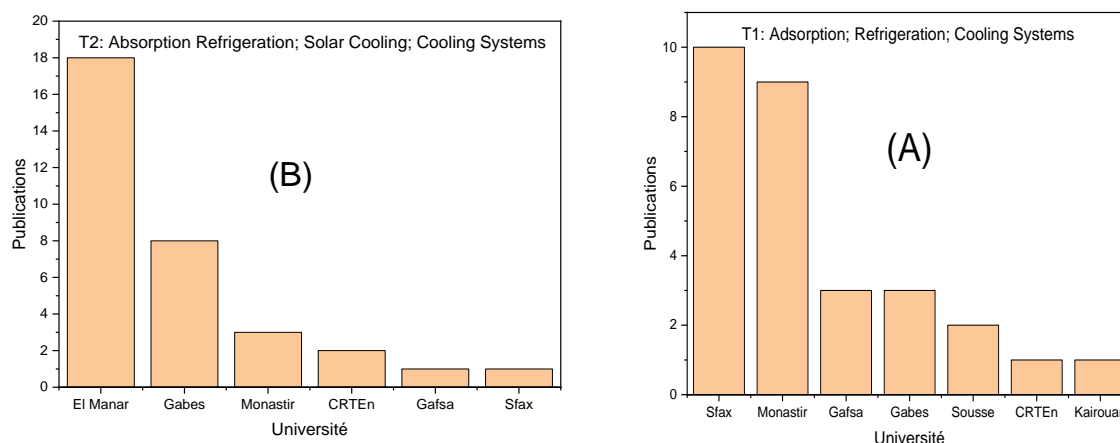


Figure 11 : Variation du nombre de publications par université dans deux domaines relatifs au refroidissement (Cooling) où il est question d'absorption et d'adsorption, pour la période 2012 – 2021 (d'après SCOPUS).

On peut remarquer que le nombre de documents a triplé entre 2012 et 2021. En fait ces documents ne correspondent pas tous à des articles, seuls **71%** correspondent à des publications, les autres (**~25%**) correspondent en majorité à des papiers publiés dans des proceedings de **conférences** (Figure 13).

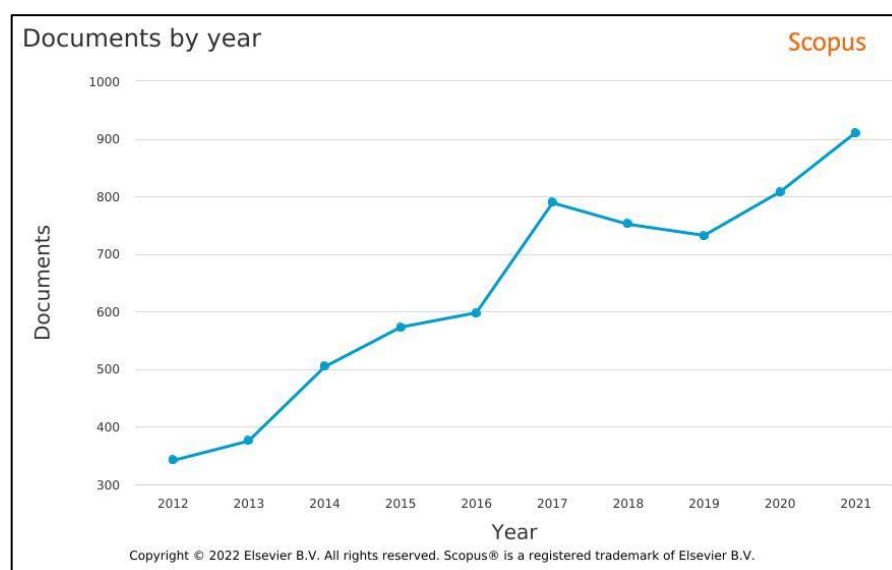


Figure 12 : Publications tunisiennes par année se rapportant aux ER et à l'EE durant les 10 dernières années (2012 -2021), toutes disciplines confondues (source : SCOPUS).

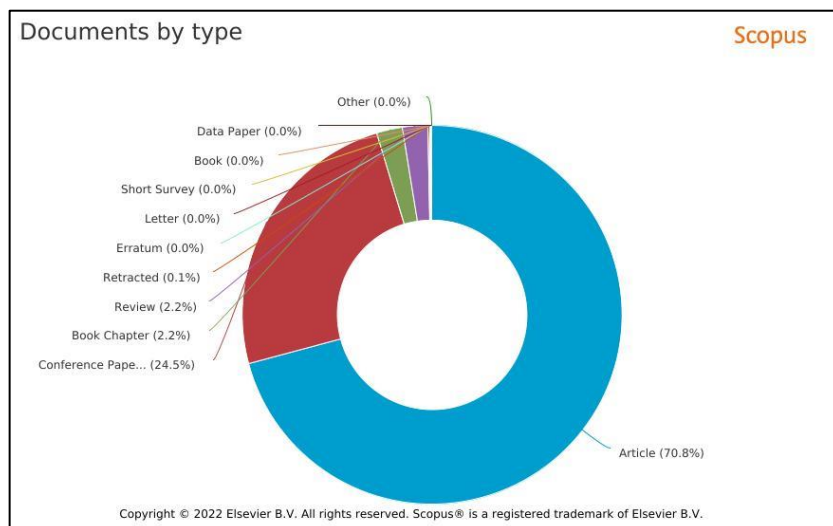


Figure 13 : Répartition par type d'articles des 6384 documents publiés par la Tunisie entre 2012 et 2021 dans les domaines des ER et e l'EE. (Source : SCOPUS)

## 8.2 Recherche avec WOS

Les mêmes mots clés sont utilisés dans le moteur de recherche WOS. La figure 14 donne le nombre de publications par année sur la période 2012 – 2021, d'après WOS. On remarque que le nombre total de documents (ER et EE) est égal à 6530, un chiffre presque égal à celui obtenu par SCOPUS (6384).

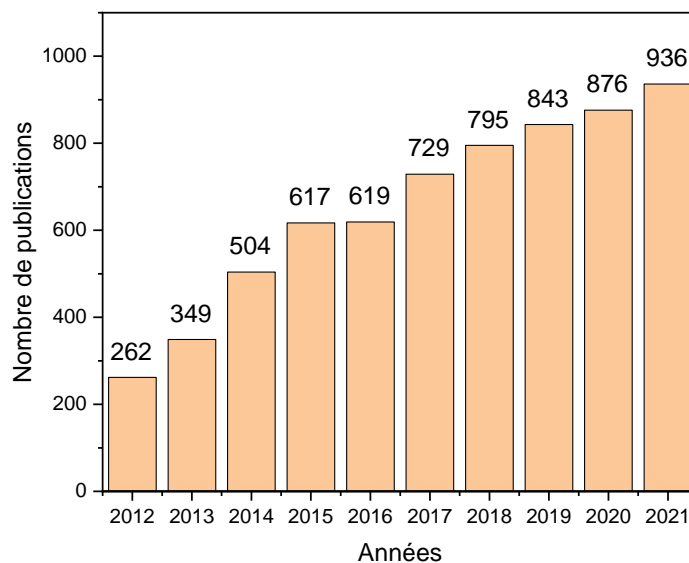


Figure 14 : Publications tunisiennes par année se rapportant aux ER et à l'EE durant les 10 dernières années (2012 -2021), toutes disciplines liées aux ER et EE confondues (source : Web of Science - WOS).

Nous remarquons que la production scientifique dans les domaines des ER et de l'EE a plus que triplé, passant de près de 300 articles/an à plus de 900 articles/an entre 2012 et 2021. Plus de 75% des documents WOS correspondent à des articles scientifiques, les papiers de proceedings correspondent à près de 23% (Figure 15).

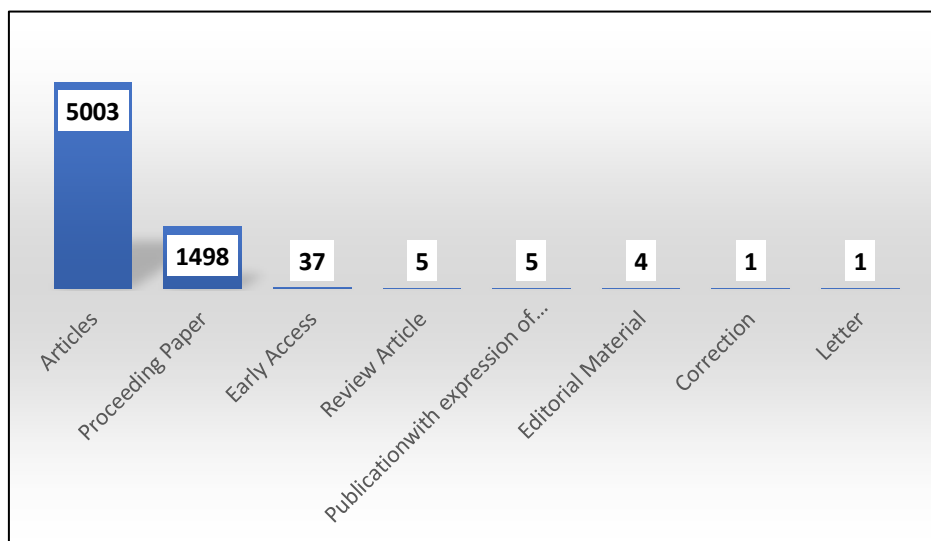


Figure 15 : Nombre de documents par types signés par des institutions tunisiennes durant les années 2012 – 2021 dans les domaines se rapportant aux ER et à l'EE (source : WOS).

Les sous-domaines s'intéressant aux ER et à l'EE sont nombreux comme le montre la figure 16. On peut remarquer que les domaines principaux liés aux ER et à l'EE sont l'engineering, les sciences des matériaux, l'énergétique, la physique, l'environnement et la chimie.

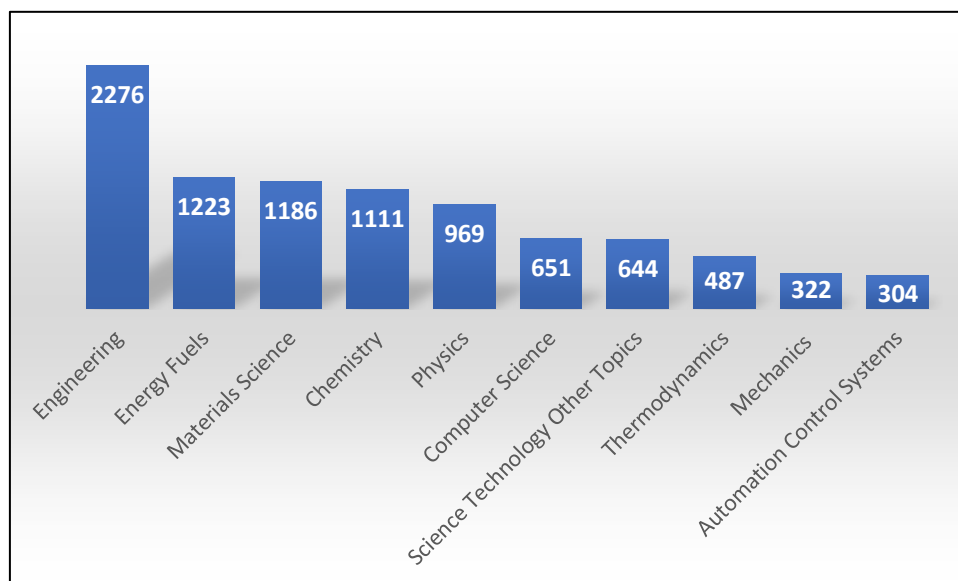


Figure 16 : Répartition des publications (2012 – 2021) suivant les domaines (source : WOS).

La figure 17 montre le nombre de documents par affiliation. *Force est de constater que les affiliations ne sont pas homogènes. Sur cette figure, il est aberrant de voir apparaître l'ENIS et la FSS alors que les deux institutions appartiennent à l'Université de Sfax, qui elle aussi apparait sur le diagramme. L'erreur provient du fait que certains auteurs omettent de mentionner correctement leur entière affiliation ; ils indiquent l'université et omettent l'institution et vice-versa ou le moteur de recherche prend en compte l'université et l'institution.*

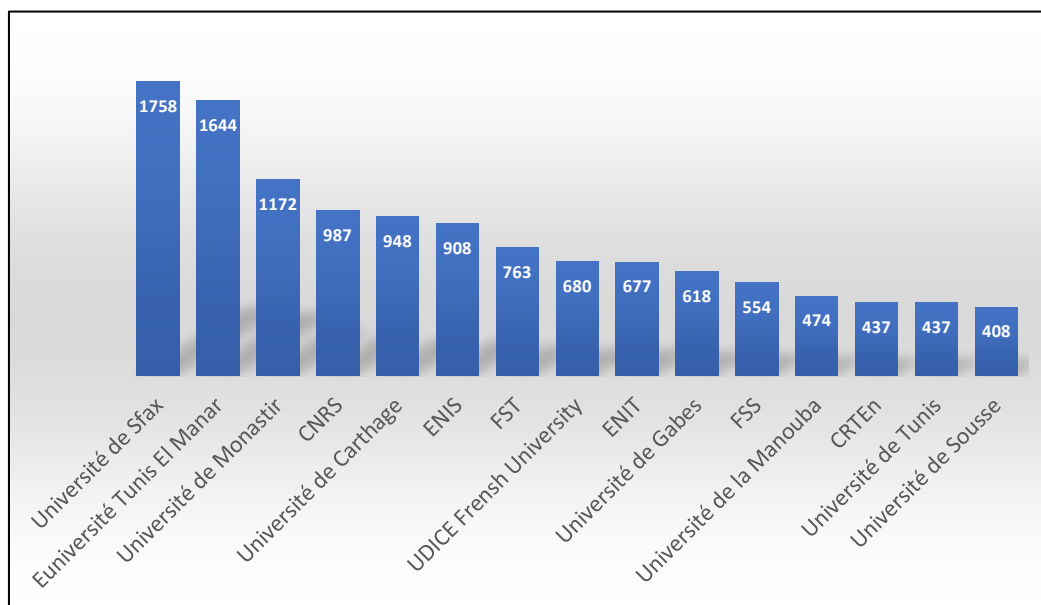


Figure 17 : Documents scientifiques par affiliation, produits durant la période 2012 – 2021 (WOS).

La figure 18 montre le nombre d'articles citant la provenance des fonds de la R&D dans les domaines des ER et de l'EE durant la décennie 2012 - 2021, tels que rapportés dans les documents. A noter que le MESRS est cité en français et en anglais, et il est (d'après cette figure) le principal bailleur de fonds de la R&D en Tunisie dans les domaines des ER et de l'EE.

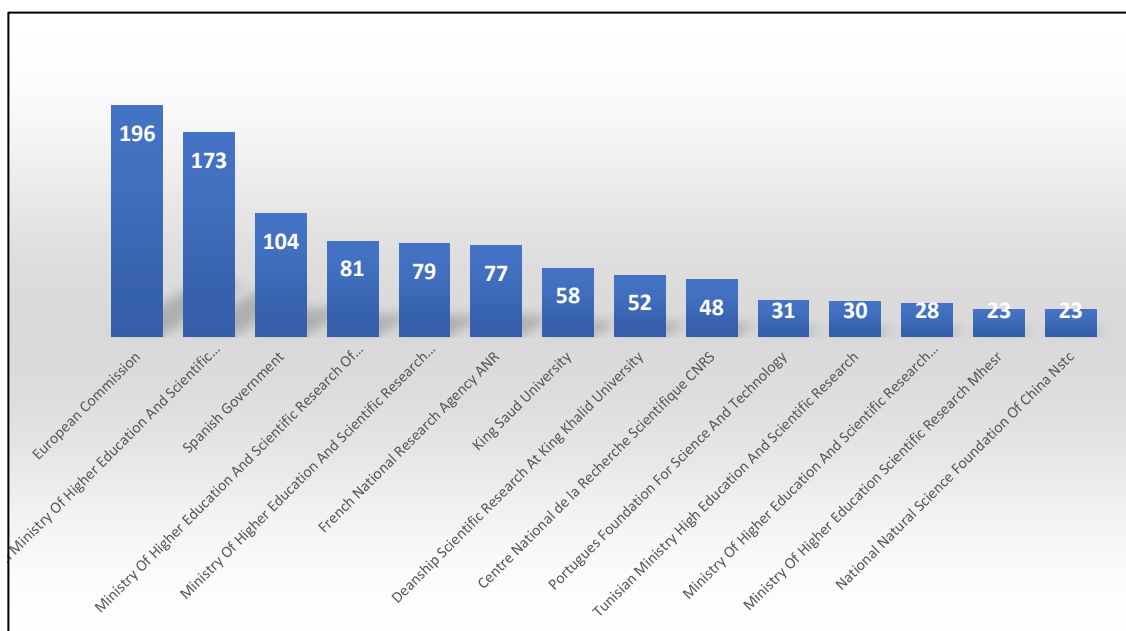


Figure 18 : Institutions ayant financièrement contribué aux travaux de R&D (ER et EE) durant la période 2012 – 2021.

### 8.3 Citations

Au fil des années, le nombre de citations augmente de façon exponentielle comparé au nombre de publications. Ceci montre que le nombre d'auteurs se référant aux articles signés par les institutions tunisiennes attirent plus de lecteurs au fil des années. Ceci est une preuve que les articles de recherche touchant les ER et l'EE sont originaux et d'un bon niveau scientifique, durant cette décennie.

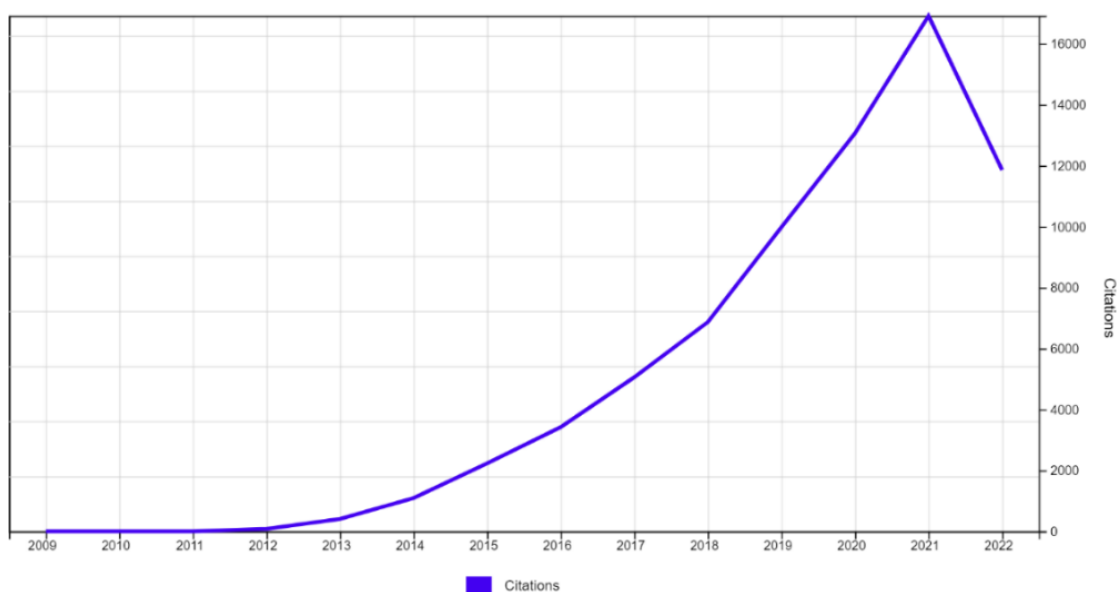


Figure 19 : Evolution du nombre de citations /an dans les domaines des ER et l'EE durant la période 2012 – 2021 (WOS).

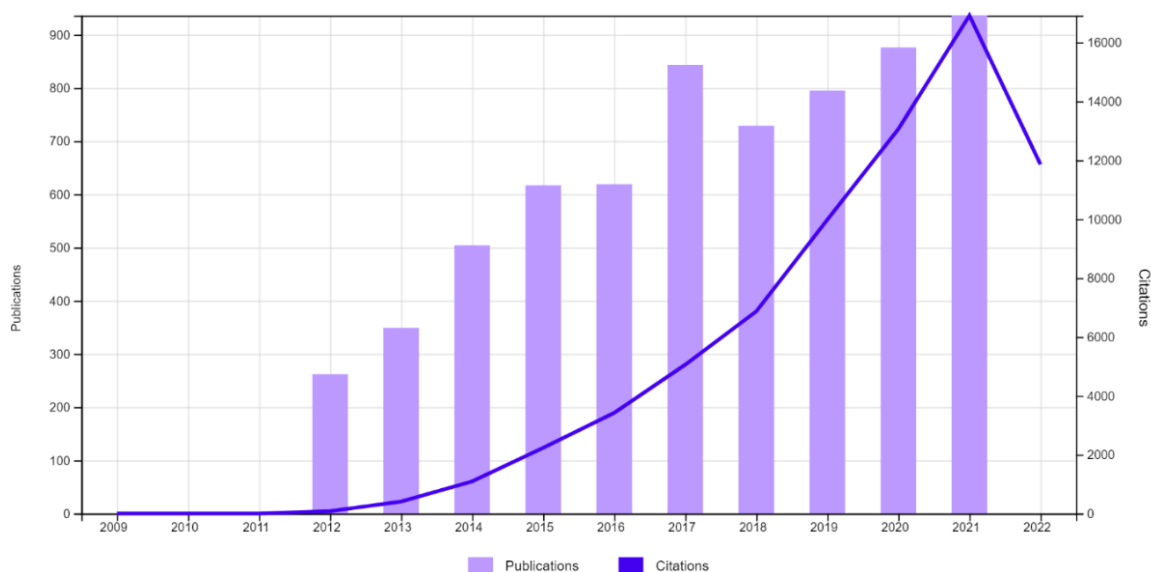


Figure 20 : Evolution du nombre de citations et de publications / an dans les domaines des ER et l'EE entre 2012 et 2021 (WOS).

#### 8.4 Les ouvrages (CPU)

Les ouvrages publiés au Centre des Publications Universitaires (CPU) dans le domaine des ER & EE sont listés au tableau suivant.

Tableau 21 : Liste des ouvrages en relation avec les ER et l'EE publiés au CPU.

N°	Intitulé de l'ouvrage	ISBN	Année	Auteur
1.	L'énergie solaire et son utilisation sous forme thermique et photovoltaïque : Une étude sur les énergies renouvelables	9973-37-124-0	2003	Ahmed KHEDIM
2.	Physique et Technologies des Cellules Solaires	978-9973-37-667-1	2011	Mongi BOUAICHA
3.	La maîtrise de l'énergie : Dans l'industrie, le tertiaire et le résidentiel. Pour consolider l'effort national contre le déficit énergétique et la flambée du prix du pétrole	978-9973-37-441-7	2008	Romdhane BEN SLAMA
4.	Production – Transport et Distribution d'Énergie : Cours et exercices	978-9973-37-619-0	2010	Souad CHEBBI – BEN SABER
5.	Production du froid	978-9973-37-612-1	2010	Ezzedine MEHDI et Lakhdar KAIRAOUANI
6.	Le contrôle par correcteur résonnant des convertisseurs de puissance triphasés AC/DC et DC/AC	978-9938-46-051-3	2021	Marwa BEN SAID-ROMDHANE Sondes SKANDER-MUSTAPHA

				Ilhem SLMA- BELKHDJA
--	--	--	--	-------------------------

## 8.5 Les brevets (INNORPI)

En Tunisie,

- 03 brevets pour le CRTEn : NT2013/22930, NT2014/24133 et NT2017/25793,
- 03 brevets pour l'ENIT : TN2015/0486 (ENIT/VOLTA-PV), TN2018/0175 (ENIT/SACEM SMART), 2019 et TN2019/0181 (ENIT),
- 01 brevets pour l'ENIM : TN2017000337 A1 20190116.

## 9 Mécanismes d'incitation

L'activité de R&D permet le passage de l'idée ou du concept à un produit fabricable dans des conditions économiques acceptables. En Tunisie, si elle existe, elle est majoritairement réalisée dans le monde universitaire (en France, elle est plutôt menée par le secteur privé). Cette activité est souvent menée par un groupe de chercheurs à l'intérieur de l'institution universitaire. Seulement, il faut tenir compte de l'environnement financier, technique, culturel et des stratégies de l'institution, ce qui conduit à des pratiques différentes d'une institution à une autre. Certaines entreprises sont engagées dans la recherche, le développement et l'innovation, au travers de l'expérience de responsables de bureaux d'études de secteurs variés.

L'activité de R&D est nécessaire à la transformation de la vision stratégique et commerciale de l'entreprise en produits fabricables ou en concepts dans des conditions économiques, financières, légales et réglementaires compatibles avec un profit. Contrairement aux structures de recherche publiques pour lesquelles la R&D concerne l'essentiel du personnel productif, les départements de R&D industriels sont numériquement minoritaires dans l'entreprise. Ils doivent pourtant s'intégrer aux systèmes, normes, pratiques de gestion ou d'achat qui sont en vigueur dans l'organisation. Dans ces conditions, les pratiques observées y sont bien différentes de celles généralement en place dans les organismes publics de recherche, tant au niveau de l'organisation, des ressources humaines, de la gestion des projets, ou de la construction d'un référentiel de connaissance.

Il faut aussi remarquer que l'incitation à la R&D opérée dans les institutions publiques de recherche diffère de celle exécutée dans les entreprises privées.

***Bien qu'il y ait une certaine différence entre R&D et innovation, nous ne ferons pas de distinction entre les incitations de R&D et celles de l'innovation.***

### 9.1 Incitations à la R&D dans les ER et l'EE

Les incitations à la R&D sont communes à tous les domaines, et sont tout à fait claires pour les entreprises publiques et privées bien qu'on donne aujourd'hui une importance vitale à certains domaines plus qu'à d'autres, comme l'énergie, la santé et l'eau. Ces incitations ne sont, malheureusement, pas claires dans le secteur public de la recherche (quasi absence d'une stratégie claire). Les incitations énumérées dans ce qui suit sont valables pour la R&D dans tous les domaines, à fortiori dans le domaine stratégique de l'énergie.

Si la recherche fondamentale est effectuée par les laboratoires publics, appartenant aux centres de recherche, aux universités et aux écoles d'ingénieurs, la recherche industrielle et les démonstrations de

recherche sont principalement effectuées par les établissements publics opérant sous le MIME (ou sous le ministère de l'agriculture), dont STEG, SONEDE, STEG-ER, CETIME, CTMCCV, PACKTEC, CNCC, etc., et par les entreprises elles mêmes. L'expérimentation pré-industrielle et les démonstrations technologiques sont effectuées par les entreprises industrielles, *rarement en partenariat avec les laboratoires publics* (PPP) et les établissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC).

**En Tunisie, on parle plus de R&D dans les institutions de recherche plutôt que dans les entreprises industrielles, où on évoque plutôt l'innovation.** Le concept d'innovation est en relation directe avec celui d'entreprise. Pratiquement tous les projets d'entreprises reposent à l'origine sur une innovation. Au-delà de l'exploitation de leur première innovation et pour éviter le déclin et la disparition, *les entreprises se renouvellent par des innovations.*

Ci-après les principales incitations à la R&D et l'innovation dans le domaine des ER et de l'EE (applicables à d'autres domaines) au profit des entreprises publics et privées.

## 9.2 Incitations financières

En application de la loi n°2016-71 du 30 Septembre 2016 portant loi de l'investissement et du décret gouvernemental n° 2017-389 du 9 Mars 2017 relatif aux *incitations financières* au profit des investissements réalisés dans le cadre de la loi de l'investissement, les investissements réalisés dans le secteur des ER bénéficient des primes ci-après :

- Prime de l'augmentation de la valeur ajoutée et de la compétitivité : 15% du coût d'investissement approuvé avec un plafond de 1 Million de Dinars.
- Prime de développement régional dont le montant dépend de la zone :
  - pour le premier groupe des zones de développement régional : 15% du coût d'investissement approuvé avec plafond de 1.5 Million de Dinars.
  - pour le deuxième groupe des zones de développement régional : 30% du coût d'investissement approuvé avec plafond de 3 Million de Dinars.
- La prime de développement de la capacité d'employabilité : La prise en charge par l'Etat de la contribution patronale au régime légal de la sécurité sociale au titre des salaires versés aux employés de nationalité Tunisienne recrutés pour la 1<sup>ère</sup> fois et d'une manière permanente pour les trois premières années à partir de la date d'entrée en activité effective.

Cette durée est portée à 5 ans si le projet est implanté dans une zone du 1<sup>er</sup> groupe des zones de développement régional, et à 10 ans si le projet est implanté dans une zone du 2<sup>ème</sup> groupe des zones de développement régional.

Par ailleurs, et dans le cadre des interventions du FTE qui visent essentiellement l'autoproduction, les investissements dans le secteur des ER bénéficient d'autres incitations financières :

- **Primes au titre des investissements immatériels :**

Ces primes couvrent :

- Etudes de faisabilité : 70% du coût de l'étude avec plafond de 30 mille Dinars par établissement énergétique.
  - Opérations d'assistance et d'accompagnement : 70% du coût des opérations avec plafond de 70 mille Dinars par établissement énergétique.
  - tout autre investissement immatériel : 70% du coût des investissements avec plafond de 70 mille Dinars.
- **Primes au titre des investissements matériels :**

Ces primes concernent :

- Projets ne bénéficiant pas d'une dotation ou une participation en capital du FTE : 20% du coût des investissements avec plafond de 200 mille Dinars (la prime est fixée autrement pour certaines activités spécifiques : installations raccordées au réseau BT, installations non raccordées, biogaz).
- Projets bénéficiant d'une dotation ou une participation en capital du FTE : 10% du coût des investissements avec plafond de 200 mille Dinars.
- Il est à noter qu'en application de la loi de l'investissement, les primes peuvent être cumulées sans que leur total ne dépasse en aucun cas le tiers du coût d'investissement et ce compte non tenu de la prime de développement et de la capacité d'employabilité.

▪ **Prime d'Investissement en Recherche-Développement (PIRD)**

La prime accordée au titre des investissements dans les activités de Recherche-Développement est régie par le décret n°2010-656 du 5 avril 2010, fixant le montant et les modalités d'octroi de cette prime. La PIRD est une subvention qui offre aux entreprises publiques et privées ainsi qu'aux associations scientifiques l'accès à la veille technologique et à l'innovation. C'est un outil d'appui aux projets de recherche dans toutes leurs phases de l'étude jusqu'à la réalisation. Le mécanisme de la PIRD vise à :

- Rehausser et renforcer le niveau technologique des entreprises,
- Soutenir l'effort de R&D notamment dans toutes ses composantes (Recherche appliquée, Développement expérimental : prototypes, installations pilotes, ...),
- Concevoir de nouveaux produits,
- Améliorer les produits existants,
- Etablir de nouveaux procédés,
- Mettre au point la formulation,
- Réaliser des essais en laboratoire,
- Développer de nouvelles technologies.
- Les actions PIRD sont :
  - ✓ les études nécessaires au développement de nouveaux produits ou de nouveaux procédés de production,
  - ✓ la réalisation des expériences et des essais techniques de prototypes ainsi que les expérimentations sur terrain, et
  - ✓ l'acquisition d'équipements scientifiques de laboratoire nécessaires à la conduite de projets de recherche-développement.

### 9.3 Autres incitations

#### 9.3.1 *Programme d'appui à la compétitivité des entreprises et à la facilitation de l'accès au marché - PCAM*

Le PCAM s'articule autour de deux composantes ; un appui aux entreprises et un appui à l'infrastructure qualité.

##### 9.3.1.1 *Appui aux entreprises*

Un programme d'assistance technique, de formation et de sensibilisation destiné aux entreprises industrielles et aux prestataires de services liés à l'industrie. Il s'articule autour de prestations de coaching portant sur les fonctions stratégiques de l'entreprise : Qualité, R&D, marketing, production, système d'information, veille stratégique... les actions soutenues par le PCAM

s'appuient sur une expertise nationale et internationale, à la fois pointue et spécifique, qui intervient durant tout le processus de réalisation : diagnostic et plan d'action préalablement définis, mise en œuvre, suivi et évaluation.

#### *9.3.1.2 Appui à l'Infrastructure qualité*

Un appui technique et fourniture de matériel aux institutions en charge de la qualité : centres techniques, laboratoires d'analyses, d'essais et de métrologie. Il se traduit concrètement par la fourniture d'équipement et d'expertise permettant aux organismes et institutions ciblés d'être en phase avec les standards internationaux et les besoins des entreprises exportatrices, en matière de politique et de contrôle qualité.

### **9.3.2 Projet d'Appui au Système de Recherche et d'Innovation - PASRI**

#### *9.3.2.1 Objectif global du PASRI*

Le projet d'Appui au Système de Recherche et de l'Innovation (PASRI), projet financé par l'Union européenne, à hauteur de 12 millions d'euros et durant quatre ans (2011-2014), a l'ambition d'apporter des solutions aux principaux problèmes identifiés au niveau des différents acteurs de la chaîne de l'innovation partant de l'entreprise qui est en relation directe avec le marché de la consommation et de l'emploi et arrivant à l'unité de recherche qui accumule la connaissance scientifique et technique, en passant par tout l'éventail d'intervenants institutionnels administratifs, financiers, techniques et universitaires supposés appuyer la transformation de la connaissance technique en produit, ou service tangible.

Le PASRI se propose d'améliorer la contribution de la recherche et de l'innovation au développement socioéconomique et à la création d'emplois en Tunisie, en renforçant le lien entre la recherche et la production.

#### *9.3.2.2 Axes d'intervention du PASRI*

- **Volet gouvernance**

Renforcer les mécanismes de gouvernance de la relation entre les acteurs institutionnels, les structures de recherche et les entreprises.

- **Volet interfaçage**

Dynamiser le milieu de la recherche, le milieu entre les acteurs et développer des relations de projets, destinées à satisfaire les priorités et les demandes technologiques des entreprises.

- **Volet réseautage**

Développer les activités de "réseautage".

#### *9.3.2.3 Partenaires/Bénéficiaires du PASRI*

- Entreprises industrielles et de services,
- Laboratoires de recherche,
- Chercheurs,
- Agence Nationale de Promotion de la Recherche scientifique - ANPR
- Agence de Promotion de l'Industrie et de l'Innovation - APII
- Institutions financières : SICAR, etc.
- Centres techniques sectoriels,

- Écoles Doctorales,
- Institut national de la normalisation et de la propriété industrielle - INNORPI
- Technopôles,
- Centres d'affaires, et
- Pépinières.

## 10 Synthèse du CHAPITRE I

### 10.1 Détails de la synthèse

Nous donnons dans ce paragraphe la synthèse de l'étude faite dans le livrable 1/3. Cette étude a permis de dégager les conclusions suivantes :

#### 1) *Concernant la situation énergétique de la Tunisie :*

Malgré une situation assez délicate, la Tunisie pourrait, dans sa TE, développer de grandes ambitions, et disposer d'une réelle stratégie, visant à créer de la valeur ajoutée dans l'industrie et les services, réduire le déficit énergétique jusqu'à sa neutralisation, réduire la facture énergétique au plus bas pour les consommateurs et essayer de la neutraliser, tendre vers un prix très bas pour les opérateurs économiques, aller très vite dans le raccordement avec les pays limitrophes dans le bassin méditerranéen et/ou africains pour leur fournir de l'électricité à des prix compétitifs.

#### 2) *Concernant la méthodologie adoptée dans cette étude :*

Le premier livrable (ce document), traite de l'état des lieux en matière de R&D en ER et EE en Tunisie. Comme le deuxième livrable s'intéresse aux scénarios qui aideraient à booster la synergie entre le monde académique et celui socio-économique, nous avons étendu cette étude à un recensement qui englobe tous les acteurs opérant dans les secteurs intéressés par les ER et EE. Ainsi, ce document scrute un inventaire minutieux de tous les acteurs et toutes les actions dans ce domaine et concerne :

- Un recensement des acteurs dans le domaine des ER et de l'EE public et privé,
- Un recensement des programmes nationaux tout en se positionnant par rapport aux programmes internationaux,
- Un recensement des infrastructures universitaires, des institutions d'enseignement supérieur et des structures de recherches,
- Un recensement des projets de recherche nationaux et internationaux,
- Une étude bibliométrique sur la R&D dans le domaine des ER et EE s, et
- Un recensement des mécanismes d'incitation.

#### 3) *Concernant les programmes de mise en œuvre de la TE :*

Bien que l'expérience de la Tunisie dans le domaine des ER et de l'EE ait commencé depuis les années 1980 avec le solaire photovoltaïque et thermique et l'économie d'énergie, ce domaine ne fut considéré prioritaire par l'état Tunisien qu'à partir de 2008, lorsque le prix du baril de pétrole a dépassé les 140 \$, annonçant le début d'une crise économique majeure à cause du déficit énergétique qui s'est fait sentir à partir de l'année 2000. Ainsi, plusieurs programmes nationaux ont vu le jour, on cite en particulier :

1. Programme national pour l'économie de l'énergie 2005-2007,
2. Programme national pour l'économie de l'énergie 2008-2011,
3. Le plan solaire tunisien (PST), devenu Plan National de Production d'Electricité à partir des ER à l'horizon de 2025,
4. Programme national de la politique d'EE,
5. Le plan de Transition Énergétique (TE), et
6. Ensembles des programmes d'appui à la TE et les programmes de coopération en cours. Huit (08) programmes d'appui à la Transition Énergétique et neuf (09) programmes de coopération sont encore en cours.

#### **4) Concernant les structures de mise en œuvre :**

Plus de mille (1100) institutions/structures ont été recensées. Ci-après les détails :

- 14 structures ministérielles.
- 07 structures travaillent avec le ministère chargé du secteur de l'énergie avec une étroite collaboration avec les autres ministères et les hautes structures de l'état et qui sont :
  - ANME,
  - Autorité Spécialisée : Autorité spécialisée est chargée de l'examen des problématiques relatives aux projets d'énergies renouvelables,
  - CIPIE : Commission Interdépartementale de la Production Indépendante d'Electricité,
  - CTER : Commission Technique de production privée d'électricité à partir des Energies Renouvelables,
  - CSPIE : Commission Supérieure de la Production Indépendante d'Electricité,
  - IPP : Producteurs d'Electricité Indépendants («Independent Power Producer»), et
  - STEG : Société Tunisienne d'Electricité et de Gaz.
- 21 autres structures publiques d'appui.
- 08 organismes professionnels d'appui.
- 06 laboratoires de tests.
- 15 Organismes et banques impliqués dans la coopération internationale.
- Un grand nombre de structures impliquées dans les études, l'assistance, l'exécution, les équipements, les consommables et la formation réparties comme suit :
  - 310 dans le domaine des études et de l'assistance,
  - 42 centres de formation,
  - 02 usines de fabrication des panneaux PV (03 autres ont fermé leurs portes, qui est un indicateur à analyser), et
  - 622 intervenants dans le domaine de l'exécution, les équipements et les consommables.

#### **5) Concernant l'enseignement et la recherche :**

Sur un total de 3605 spécialités (diplômes) enseignées dans les universités tunisiennes durant l'année universitaire 2021-2022, réparties en 2814 spécialités dans les institutions publiques et 791 spécialités dans les institutions privées, nous avons recensé 126 qui concernent les ER & EE et les domaines annexes.

Les détails sont comme suit :

- 32 diplômes d'ingénieurs formés dans 10 écoles d'ingénieurs publiques et 15 écoles privées,
- 27 mastères de recherche formés dans 17 institutions publiques,
- 28 mastères professionnels formés dans 18 institutions publiques et 05 institutions privées,
- 39 licences formées dans 22 institutions publiques et 01 institution privée.

Pour les structures de recherches, nous avons identifié :

- 139 structures de recherche (126 LR (25.7%) et 13 UR (12.5%)) sur un total de 489 LR et 104 UR.
- 01 Unité de Services Communs pour la Recherche (MICROGRID PLATFORM – USCR, ENIT).

Par ailleurs, le monde académique a participé ou participe encore à 157 Programmes/projets répartis comme suit :

- 20 Programmes/Projets internationaux de types FPX (X = 1. 2 ..,7), H2020, Horizon Europe et autres.
- 73 projets de coopérations internationales bilatérales et multilatérales.
- 10 PRF (nationaux).
- 10 VRR (nationaux).
- 03 PAQ (COLLABORA et PAES).
- 38 Projets jeune chercheur (nationaux).
- 11 Projets de partenariats (07 nationaux et 04 internationaux).

De plus, le monde académique est impliqué dans d'autres projets de types :

- 03 PNRI (nationaux).
- 01 projet non catégorisé (international).

#### **6) Concernant la bibliométrie :**

Le nombre total d'articles publiés entre 2012 et 2021, ayant un rapport direct ou indirect avec les ER et l'EE, est égal à 6384, d'après SCOPUS et 6530 d'après WOS. Nous avons remarqué que la production scientifique dans les domaines des ER et de l'EE a plus que triplé, passant de près de 300 articles/an à plus de 900 articles/an entre 2012 et 2021. Plus de 75% des documents (selon WOS) correspondent à des articles scientifiques, les papiers de proceedings correspondent à peu près de 23%.

Les sous-domaines s'intéressant aux ER et à l'EE sont nombreux, on cite en particulier l'engineering, les sciences des matériaux, l'énergétique, la physique, l'environnement et la chimie.

De plus, au fil des années, le nombre de citations a augmenté de façon exponentielle comparé au nombre de publications, preuve que le nombre d'auteurs se référant aux articles signés par les institutions tunisiennes attirent de plus en plus de lecteurs. Ceci prouve l'originalité et le bon niveau des travaux touchant les ER et l'EE.

D'autre part, nous avons recensé 07 brevets INNORPI et 06 ouvrages CPU en relation avec les ER & EE.

#### **7) Concernant l'Incitation :**

Si les incitations à la R&D dans les ER et l'EE sont claires pour les entreprises publiques et privées, elles sont ambiguës si ce n'est inexistantes dans le monde académique. Ces incitations sont communes à tous les domaines, bien qu'on donne aujourd'hui plus d'importance à l'énergie, la santé et l'eau. Ces incitations ne sont, malheureusement, pas claires dans le secteur public de la recherche (quasi absence d'une stratégie claire). Les incitations énumérées sont valables pour la R&D dans tous les domaines, à fortiori dans le domaine stratégique de l'énergie.

Si la recherche fondamentale est effectuée par les laboratoires publics, appartenant aux centres de recherche, aux universités et aux écoles d'ingénieurs, la recherche industrielle et les démonstrations de recherche sont principalement effectuées par les établissements publics opérant sous le MIME (ou sous le ministère de l'agriculture), dont STEG, SONEDE, STEG-ER, CETIME, CTMCCV, PACKTEC, CNCC, etc., et par les entreprises elles-mêmes. L'expérimentation pré-industrielle et les démonstrations

technologiques sont effectuées par les entreprises industrielles, rarement en partenariat avec les laboratoires publics (PPP) et les établissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC).

En Tunisie, on parle plus de R&D dans les institutions de recherche plutôt que dans les entreprises industrielles, où on évoque plutôt l'innovation. Le concept d'innovation est en relation directe avec celui d'entreprise. Pratiquement tous les projets d'entreprises reposent à l'origine sur une innovation. Au-delà de l'exploitation de leur première innovation et pour éviter le déclin et la disparition, les entreprises se renouvellent par des innovations.

Les principales incitations à la R&D et l'innovation dans le domaine des ER et de l'EE (applicables à d'autres domaines) au profit des entreprises publics et privées sont :

- Incitations à la R&D dans les ER et l'EE,
- Incitations financières,
- Autres incitations,
- Programme d'appui à la compétitivité des entreprises et à la facilitation de l'accès au marché – PCAM, et
- Projet d'Appui au Système de Recherche et d'Innovation – PASRI.

## 10.2 Indicateurs clés de cette synthèse

Ce recensement a permis de dégager les indicateurs clés suivants :

Dans le domaine socio-économique, on a recensé :

- Presque 1100 (1112) structures/entreprises de mise en œuvre des projets en relation avec les ER et EE.
- 22 grands programmes de mise en œuvre de la TE.

Dans le domaine académique, on a recensé :

- 139 structures de recherche (126 LR (25.7%) et 13 UR (12.5%)) sur un total de 489 LR et 104 UR.
- 01 Unité de Services Communs pour la Recherche (MICROGRID PLATFORM – USCR, ENIT).
- 169 projets de recherche, dont 98 internationaux et 71 nationaux dans le domaine des ER et EE.
- 67 institutions universitaires et technologiques publiques sur un total de 172 et 21 institutions privées sur un total de 73, délivrent 126 diplômes dans les domaines des ER et EE et domaines annexes.
- 6400 à 6600 articles indexés SCOPUS / WOS durant les dix dernières années (2012-2021) dans les domaines des ER et EE. Les 6400-6600 articles indexés représentent presque le 1/10<sup>ème</sup> du nombre total des articles publiés par la Tunisie dans tous les domaines durant l'année 2018 par exemple. De plus, le nombre de publications dans ces domaines augmente d'une manière très rapide.
- Une tendance croissante du nombre de citations cumulant 1000 citations en 2021 dans les domaines des ER et EE.
- 07 brevets INNORPI et 06 ouvrages CPU.



## 11 Références

---

- [1] D'après Jackson RB, et al. (2022). "Global fossil carbon emissions rebound near pre-COVID-19 levels". Environmental Research Letters. 17 (3): 031001. arXiv: 2111.02222.
- [2] Projets d'énergies renouvelables en Tunisie, Guide détaillé, ANME, GIZ, 2019.
- [3] TDRs de l'appel à consultation, ANME n° 7/2022.
- [4] REEME : Registre des Entreprises et des Experts de la Maîtrise de l'Énergie, [www.reeme.tn](http://www.reeme.tn).
- [5] Annuaire : Energies Renouvelables en Tunisie, Cartographie des acteurs, 2013.
- [6] ANME : Agence Nationale de Maîtrise de l'Énergie.
- [7] PST : Plan Solaire Tunisien.
- [8] MIME : Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Énergie.
- [9] STEG : Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz.
- [10] Identification des besoins en formation dans le domaine de la maîtrise de l'énergie, Rapport final, mars 2011, Ministère de l'Emploi et de la Formation Professionnelle, GIZ.
- [11] Direction Générale de la Recherche Scientifique, Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
- [12] Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique.
- [13] <http://www.uni-renov.rnu.tn>
- [14] SCOPUS, WOS.

## CHAPITRE II

# Scénarios de rapprochement du monde académique et du monde socio-économique

### 12 Préambule

En Tunisie, la R&D est le produit de la recherche universitaire et à un degré moindre celui des entreprises socio-économiques. Quelle que soit sa maturité technologique et son capital financier, l'entreprise a besoin de la R&D pour innover et continuer à vivre. L'innovation ne se réalise que si l'entreprise utilise toutes les voies possibles pour sa croissance, et bien sûr, si elle investit pour réaliser les innovations. Dans un monde dominé par les nouvelles technologies, fruit de la R&D, l'entreprise ne peut pérenniser son champ d'action qu'en adoptant une stratégie claire envers la R&D et l'innovation qui en découle.

Aujourd'hui, les entreprises, plus que jamais, ont la nécessité d'innover pour assurer leur croissance et garder leur présence sur le marché. Les pressions multiples (coûts de production, complexité croissante de la concurrence avec la globalisation, évolution rapide et complexe des marchés, accélération des progrès technologiques, etc.) poussent à placer l'innovation au cœur de la stratégie des entreprises, comme une clef de leur compétitivité.

La R&D peut innover si la génération d'idées nouvelles est une véritable culture favorisée par le management et si elle est structurée par des projets ouverts sur le monde extérieur à l'entreprise, en d'autres termes si :

- 1) Il existe un processus clair de sélectivité des nouvelles idées à retenir prenant en compte les enjeux, les risques, les moyens et le planning du développement et de la qualification requise,
- 2) Toute l'entreprise est alignée sur la stratégie d'innovation (les opérationnels mais aussi les stratégies, les commerciaux) avec une compréhension partagée des objectifs à moyens et longs termes,
- 3) Les outils partagés permettent à toute l'organisation d'être alignée sur les processus et les projets.

La R&D ne peut donner tous ses fruits, et se concrétiser en innovation, que s'il existe une synergie entre les différents acteurs (chercheurs, ingénieurs, entreprises, décideurs, etc.).

Les projets de R&D incluent des coopérations et des partenariats dans le monde académique (Universités, Écoles, centres de R&D, etc.), mais aussi avec le monde socio-économique (industries, entreprises, etc.) pour rechercher et développer des compétences croisées.

*L'établissement de synergies (en R&D) inter-institutions publiques de recherche d'une part, et entreprises publiques et/ou privées, d'autre part, a toujours été un sujet à débat dans notre pays. Plusieurs programmes ont été avancés pour que la R&D soit une plateforme commune entre tous les acteurs opérant dans le domaine des ER et l'EE (exemple : PRF, VRR) entre autres domaines stratégiques.*

### 13 Objectifs et méthodologie

Par rapport au Livrable 1, qui constitue un recensement assez complet de tous les acteurs académiques et socio-économiques tunisiens dans le domaine des ER et EE, le but de ce livrable (Livrable 2) est d'utiliser les indicateurs clés obtenus dans le Livrable 1 pour faire progresser les

stratégies et les coopérations des acteurs publics et privés en relation avec la R&D dans les domaines des ER et de l'EE. Nous rappelons dans ce qui suit les objectifs de ce livrable. [1-2]

- 1) Objectif 1 : Définir les ressources à mettre à la disposition des institutions impliquées dans le développement des ER & EE et les mécanismes d'incitation nécessaires pour développer des synergies avec les structures de recherche opérant dans les secteurs des ER & EE, et ce dans le cadre de la stratégie nationale en matière de transition énergétique,
- 2) Objectif 2 : Mise en évidence des sujets de R&D (s'ils existent) en cours, s'accomplissant en synergie avec les activités des laboratoires et des unités de recherche opérant sous la tutelle du MESRS,
- 3) Objectif 3 : A la lumière des objectifs 1 et 2, définir des scénarios réalistes et évolutifs de rapprochement entre le secteur de la recherche et les différents secteurs économiques intéressés par les ER & l'EE, et
- 4) Objectif 4 : Définir et proposer des mécanismes réalistes et évolutifs, ainsi que les moyens nécessaires à l'intégration et au rapprochement du secteur tunisien de la R&D (institutions universitaires + institutions nationales impliquées dans les ER & EE) dans les programmes internationaux de pointe.

Ce livrable fait état d'une certaine vision sur la collaboration (en R&D) interuniversitaire et la synergie université-entreprise existant dans notre pays. Malgré certains progrès observés dans la synergie entre institutions de recherche et entreprises ces dernières années, on est encore loin de l'état où chaque entité comprendrait bien les besoins et obligations de l'autre, et où les différentes parties travailleraient ensemble avec des objectifs identifiés, connus et communs. L'objectif ultime est d'aider les structures concernées par la R&D dans le domaine des ER et de l'EE à émettre des propositions précises et concrètes, dont la mise en œuvre serait de nature à développer et améliorer sur le fond la coopération dans la recherche publique et la collaboration avec les entreprises publiques et privées pour lesquelles seules la R&D et l'innovation peuvent les rendre pérennes. Ce constat émane bien entendu d'une certaine vision des experts, qui est à la fois discutable et améliorable.

Ce livrable est structuré de la manière suivante :

Après un rappel des indicateurs clés obtenus dans le Livrable 1, et pour atteindre les deux premiers objectifs (Objectifs 1 et 2 cités en haut), nous présentons une étude bibliométrique sur les différentes synergies académiques de types Université-Université et Université-Centres de recherches. Cette étude permet d'identifier les thématiques sur lesquelles des structures de recherche peuvent collaborer. Ensuite, nous analysons et interprétons ces synergies en donnant des recommandations et en suggérant les ressources nécessaires à mobiliser. Dans ce contexte, nous avons recommandé d'inclure la culture de la R&D d'une manière générale et spécifiquement dans le domaine des ER et de l'EE dans le système éducatif dès le primaire. Par la suite, nous avons énuméré les projets existants (VRR, PRF, PAQ-PAES, PAQ-COLLABORA, etc.) en les analysant et en soumettant des recommandations pour chaque projet.

Les recommandations faites pour ces projets, aideraient à atteindre, en partie, le troisième objectif (Objectif 3) relatif au rapprochement entre les mondes académique et socio-économique.

Toujours, dans le contexte du troisième objectif, nous donnons par la suite les mécanismes et les ressources à mobiliser au niveau des entreprises pour convertir les résultats de la R&D en innovation. Dans cette optique, nous nous sommes intéressés aux mécanismes déjà installés (PNRI, PIRD, Cluster ER & EE), pour lesquels nous avons suggéré des recommandations pour les rendre plus efficaces.

Pour le dernier objectif, nous avons proposé des recommandations pour mieux intégrer le secteur tunisien de la R&D dans les programmes internationaux de pointe.

## 14 Indicateurs clés obtenus dans le livrable 1

Le recensement effectué dans le Livrable 1 a permis de dégager les indicateurs clés suivants : [2]

### Dans le domaine socio-économique, on a recensé :

- Près de 1100 (1112) structures/entreprises de mise en œuvre des projets en relation avec les ER et l'EE.
- 22 grands programmes de mise en œuvre de la TE.

### Dans le domaine académique, on a recensé :

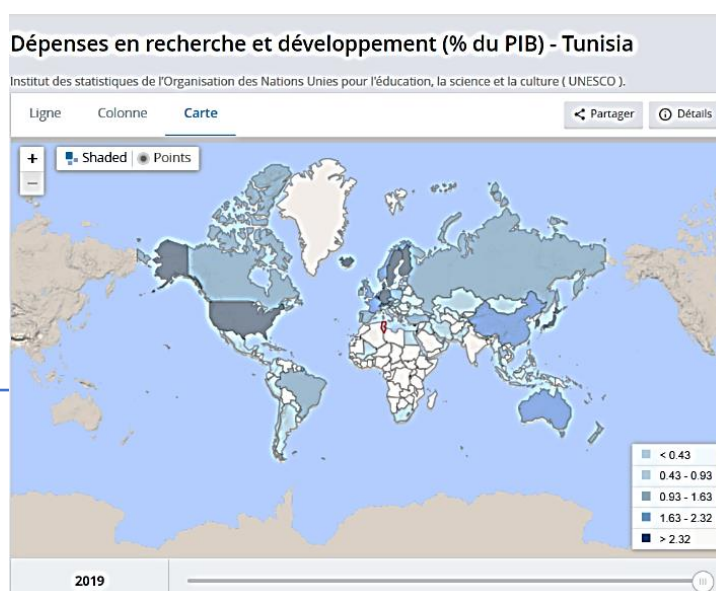
- 139 structures de recherche (126 LR (25.7%) et 13 UR (12.5%)) sur un total de 489 LR et 104 UR.
- 01 Unité de Services Communs pour la Recherche (MICROGRID PLATFORM – USCR, ENIT).
- 172 projets de recherche, dont 98 internationaux et 74 nationaux dans le domaine des ER et l'EE.
- 67 institutions universitaires et technologiques publiques sur un total de 172 et 21 institutions privées sur un total de 73, délivrent 126 diplômes dans les domaines des ER et de l'EE et domaines annexes.
- 6400 à 6600 articles indexés SCOPUS / WOS durant les dix dernières années (2012-2021) dans les domaines des ER et de l'EE. Ces articles représentent presque le 1/10<sup>ème</sup> du nombre total des articles publiés par la Tunisie dans tous les domaines durant l'année 2018 par exemple. De plus, le nombre de publications dans ces domaines augmente d'une manière très rapide.
- Une tendance croissante du nombre de citations cumulant 1000 citations en 2021 dans le domaine diversifié des ER et de l'EE.
- 07 brevets INNORPI et 06 ouvrages CPU.

## 15 Quelques indicateurs sur la recherche scientifique en Tunisie

On présente dans ce paragraphe quelques indicateurs [3-4] sur la recherche scientifique en Tunisie qui peuvent nous aider à formuler/soumettre des recommandations en préparation aux scénarios de synergie qu'on se propose de faire dans le livrable 3.

### 15.1 Budget alloué dans le monde et en Tunisie

Sur la figure 1, on donne les dépenses mondiales en recherche et développement par rapport au PIB pour l'année 2019. La Tunisie fait partie du quatrième groupe en termes d'investissement en R&D. Le premier groupe est constitué des USA, du Japon, d'Israël et de quelques pays européens. Si on ne tient pas compte des pays marqués en blanc pour lesquels il n'y a pas de données, nous **occupons malheureusement la dernière place**.



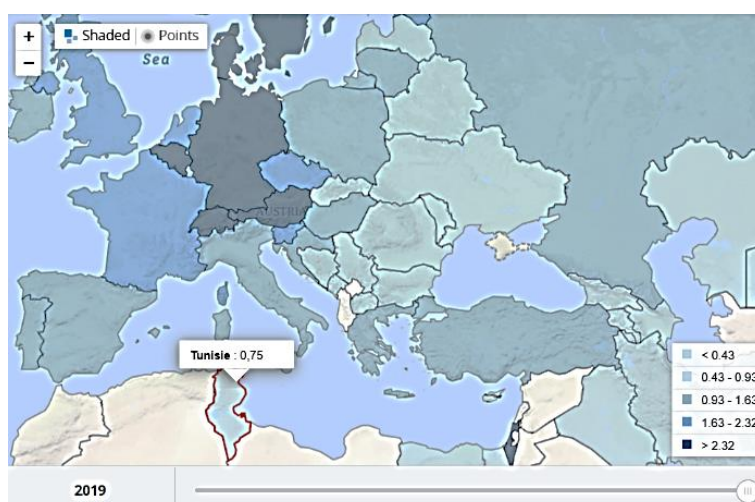


Figure 21 : Carte mondiale des dépenses en R&D pour l'année 2019.

En 2019, le pourcentage des dépenses allouées à la R&D en Tunisie s'élève à 0.75 % du PIB (Fig. 1). Ce taux a connu plusieurs variations au cours de la période 2002-2019, comme le montre la figure 2. A. Il est à noter que la Tunisie a promis d'élever ce taux de 1.5% à près de 2% du PIB pendant la période 2000-2010.

Les équipements scientifiques octroyés pour la recherche sont acquis en Euro et/ou en Dollars US, de ce fait, nous avons inséré sur la même figure 2 la variation de la parité Dinar / Euro depuis plus de 20 ans. A titre indicatif, les financements de la recherche des années 2004 et 2019 sont proches de 0.75 % du PIB, alors qu'en 2004 un Euro vaut 1.6 Dinars, actuellement (2022), un Euro vaut 3.36 Dinars. Par conséquent, le financement de la recherche en 2022 vaut le tiers (1/3) de celui en 2004 (ou 0.25 % du PIB Tunisien de 2004).

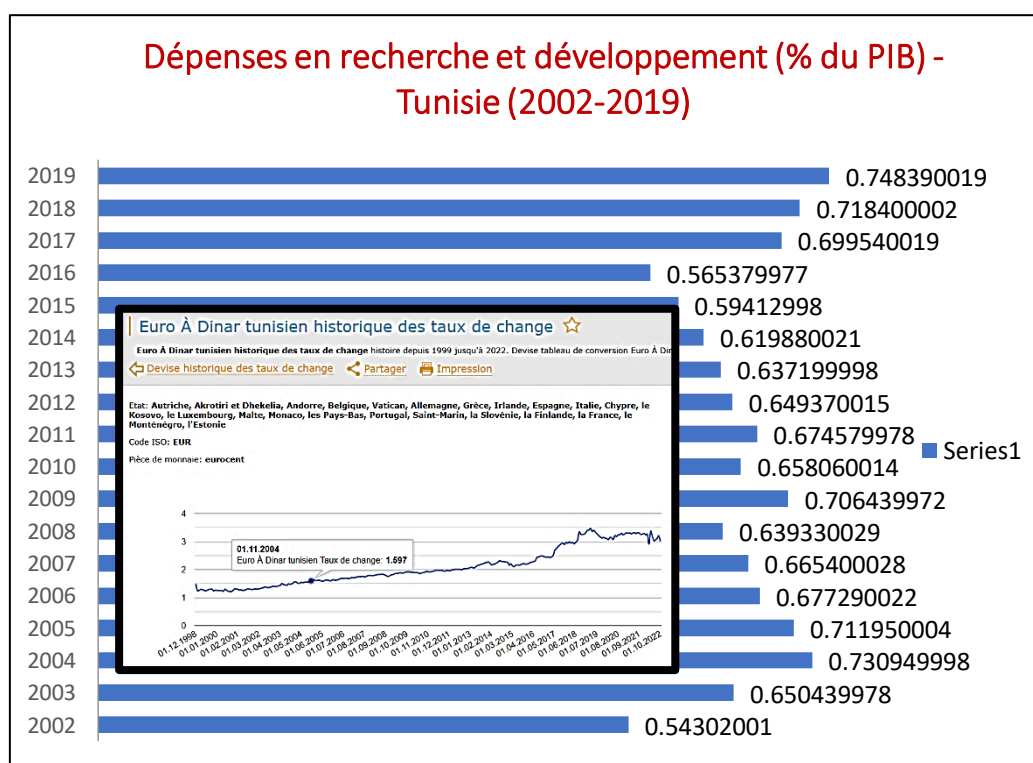


Figure 22 : Pourcentage des dépenses en R&D par rapport au PIB durant la période 2002-2019. La figure insérée représente la variation de la parité Euro/Dinar depuis fin 1998.

## 15.2 Qui finance et qui exécute la R&D en Tunisie et dans les pays les plus industrialisés ?

En Tunisie, le financement de la R&D est pratiquement effectué sur les caisses de l'état. Le secteur privé n'y participe que par un montant trop faible. Cependant, si on fait une comparaison avec les pays les plus industrialisés, nous constatons comme le montre le tableau 1, qu'à l'exception de la Russie et quelques pays, c'est le secteur industriel qui finance le plus la R&D et c'est au sein de ce même secteur que la R&D est exécutée.

Dans cette logique, si c'est le secteur industriel qui finance le plus, et si c'est en son sein que s'exécute le plus les travaux de R&D, on déduit que les besoins émanent bel et bien de ce secteur en premier lieu. Contrairement, en Tunisie, c'est l'état qui finance et qui essaie de faire de la R&D. La situation est telle que le secteur industriel semblerait se passer de la R&D, chose à laquelle il faut remédier d'urgence.

Tableau 22 : Qui finance et exécute la R&D dans les pays les plus industrialisés ?

### Financement de la R&D [ modifier | modifier le code ]

Pays	DIRD 2004 <sup>1</sup> (millions \$ PPA courantes)	Intensité (DIRD en % du PIB)	% financé par l'industrie	% financé par l'État	% exécuté par l'industrie	% exécuté par l'ens. Supérieur	% exécuté par l'État
États-Unis	312535,4 <sup>2,3</sup>	2,68 <sup>2,3</sup>	63,7 <sup>2,4,3</sup>	31 <sup>2,3</sup>	70,1 <sup>2,3</sup>	13,6 <sup>2,3</sup>	12,2 <sup>5,3</sup>
Japon	118026,3	3,13	74,8	18,1 <sup>6</sup>	75,2	13,4	9,5
Chine	93992 <sup>7</sup>	1,23 <sup>7</sup>	65,7 <sup>7,8</sup>	26,6 <sup>7,8</sup>	66,8 <sup>7</sup>	10,2 <sup>7</sup>	23 <sup>7</sup>
Allemagne	59115 <sup>9</sup>	2,49 <sup>9</sup>	67,1 <sup>9</sup>	30,4	70,4 <sup>9</sup>	16,3 <sup>9</sup>	13,2 <sup>9,4</sup>
France	38985 <sup>3</sup>	2,16 <sup>3</sup>	50,8	39	62,9 <sup>3</sup>	19,1 <sup>3</sup>	16,7 <sup>3</sup>
Royaume- Uni	33231,2	1,88 <sup>10</sup>	43,8	31,4	65,7	21,4	9,7
Corée	28288,3 <sup>11</sup>	2,85 <sup>11</sup>	75 <sup>11</sup>	23,1 <sup>11</sup>	76,7 <sup>11</sup>	9,9 <sup>11</sup>	12,1 <sup>11</sup>
Canada	21047,6 <sup>3</sup>	1,99 <sup>3</sup>	47,1 <sup>3</sup>	34,1 <sup>9,3</sup>	52,7 <sup>3</sup>	37,5 <sup>3</sup>	9,5 <sup>3</sup>
Italie	17505,5	1,11 <sup>10</sup>	43	50,8	47,3	33,9	17,5
Fédération de Russie	16669,7	1,15	31,4	60,6	69,1	5,5	25,3
Taïwan	14951	2,56	64,4	33,9	64,4	11,6	23,4
Espagne	11801,9	1,07	48	41	54,4	29,5	16
Suède	10440,9 <sup>12</sup>	3,95 <sup>10</sup>	65	23,5	74,1	22 <sup>13</sup>	3,5 <sup>5</sup>
UE-25	210167,9 <sup>14</sup>	1,81 <sup>10</sup>	53,7 <sup>14</sup>	35 <sup>14</sup>	63,3 <sup>14</sup>	22,1 <sup>14</sup>	13,4 <sup>14</sup>
OCDE	729430,8 <sup>14,3</sup>	2,26 <sup>14,3</sup>	61,9 <sup>14</sup>	30,2 <sup>14</sup>	67,9 <sup>14,3</sup>	17,1 <sup>14,3</sup>	12,5 <sup>14,3</sup>

DIRD : Dépense Intérieure de Recherche et Développement.

OCDE : Organisation de coopération et de Développement Economiques.

## 15.3 Evolution du nombre total de chercheurs en Tunisie

Les figures 3 et 4 montrent respectivement le nombre de chercheurs en Tunisie et dans le monde en 2019 et l'évolution de ce nombre entre 2007 et 2020. Quoique la Tunisie occupe une place

intéressante dans le troisième groupe avec 1745 chercheurs par million d'habitants, elle n'est pas loin de se hisser au sein du deuxième groupe (avec l'Espagne et l'Italie).

Entre les années 2007 et 2020, on constate que le nombre total de chercheurs Tunisiens a diminué entre 2016 et 2020 de près de 340 chercheurs (Figure 5). Plusieurs raisons peuvent être à l'origine de cette diminution, notamment :

- L'arrêt presque total du recrutement depuis quelques années,
- La diminution du nombre d'étudiants, comme le montre la figure 6,
- Le départ en coopération technique (principalement les pays du Golfe) : selon les données de l'ATCT (Agence Tunisienne de Coopération Technique), le nombre d'universitaires partis à la coopération technique est de **84 en 2020**, **69 en 2021** et **162 en 2022**, ce qui représente près de 16% de l'effectif de 2016.

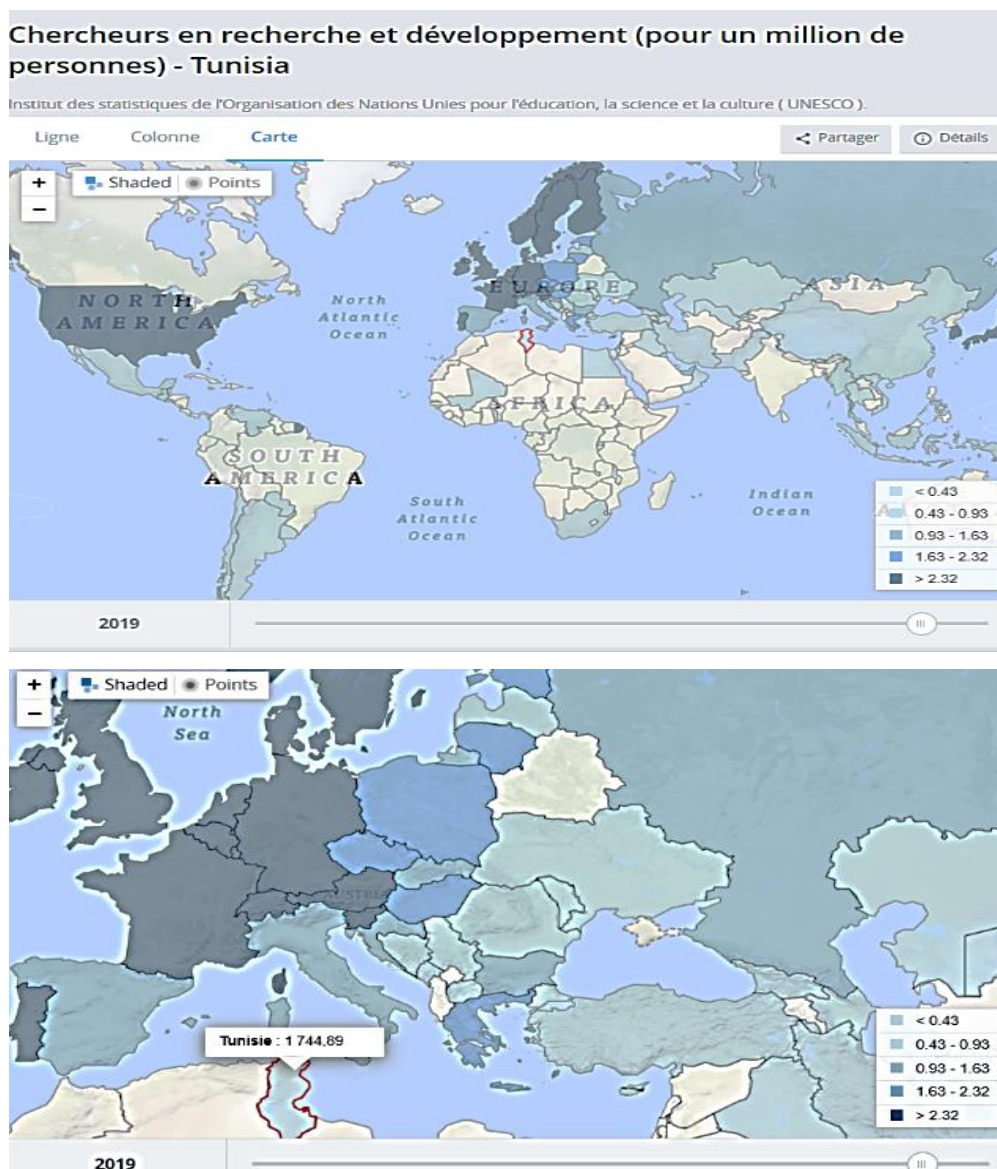


Figure 24 : Nombre de chercheurs par million d'habitants dans le monde (3) et en Tunisie (4) en 2019.

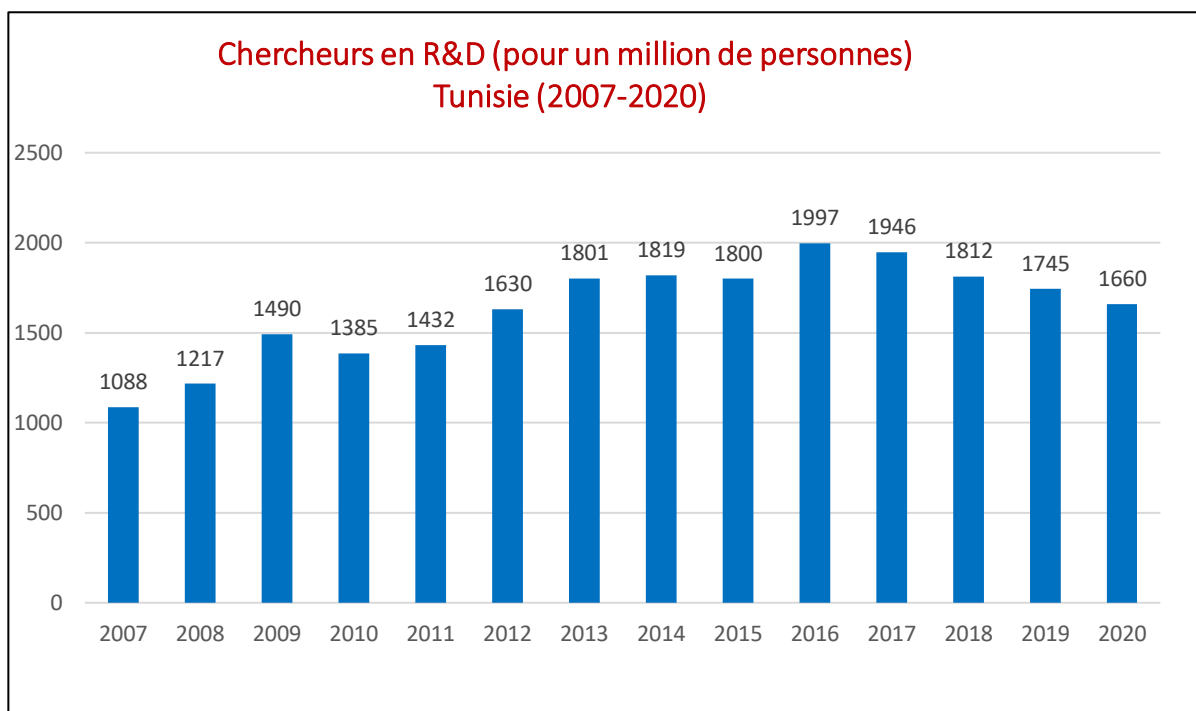


Figure 25 : Variation du nombre de chercheurs par million d'habitants entre 2007 et 2020.

Année	2015/2016	2016/2017	2017/2018	2018/2019	2019/2020	2020/2021
<b>Nombre total des étudiants inscrits (secteurs privé et publique)</b>	294486	282204	272261	267154	269424	270430
<b>Pourcentage des étudiants dans le secteur privé</b>	10,4 %	11,1 %	11,5 %	12,5 %	13,1 %	14,0 %
<b>Nombre d'étudiants pour 100 milles habitants</b>	<b>2622</b>	<b>2467</b>	<b>2351</b>	<b>2279</b>	<b>2301</b>	<b>2310</b>

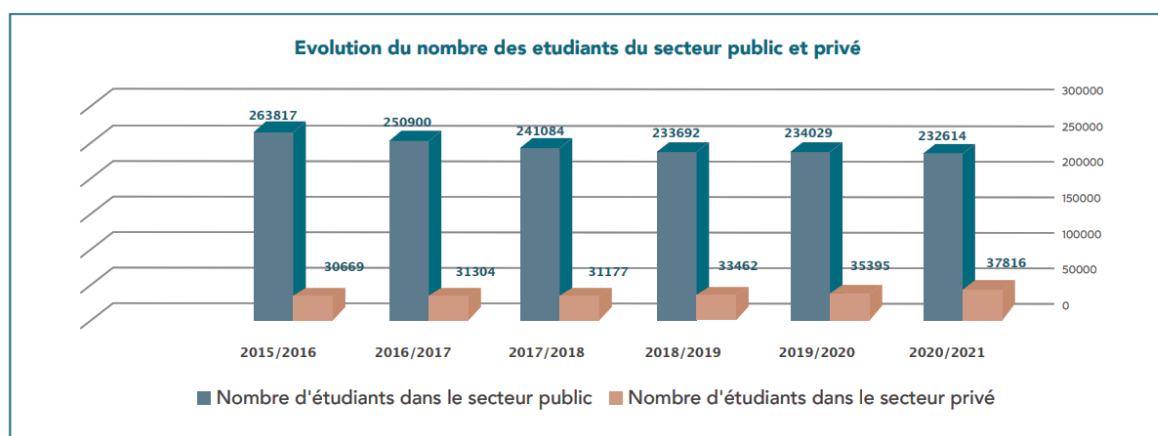


Figure 26 : Evolution du nombre d'étudiants entre 2015 et 2021.

## 15.4 Articles scientifiques et techniques

Malgré l'absence d'implication du secteur industriel dans la R&D et la diminution du nombre de chercheurs constatés ces cinq dernières années, le nombre de publications (toutes disciplines confondues) n'a cessé d'augmenter. Les figures 7 & 8 montrent respectivement la répartition du nombre ABSOLU d'articles scientifiques et techniques publiés par chaque pays autour du bassin méditerranéen et le nombre d'articles publiés par la Tunisie entre 2000 et 2018. La nuance des

couleurs est, dans ce cas, sans grand intérêt, parce qu'il faut plutôt présenter ce nombre par rapport à la population de chaque pays. Pour la Tunisie, ce chiffre se situe à un peu moins de 6000 articles. Cependant, certaines informations laissent croire que ce nombre dépasse les 9000 articles en 2021. Cette augmentation serait probablement due, entre autres, à l'instauration de la prime d'encouragement à la production scientifique.

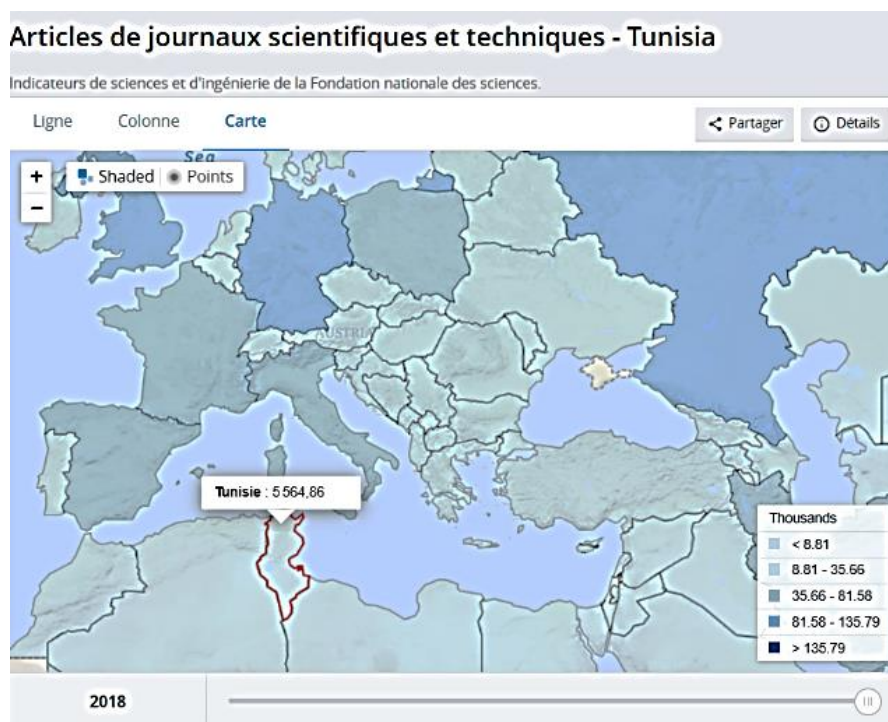


Figure 27 : Carte des articles scientifiques et techniques publiés par les pays du bassin méditerranéen.

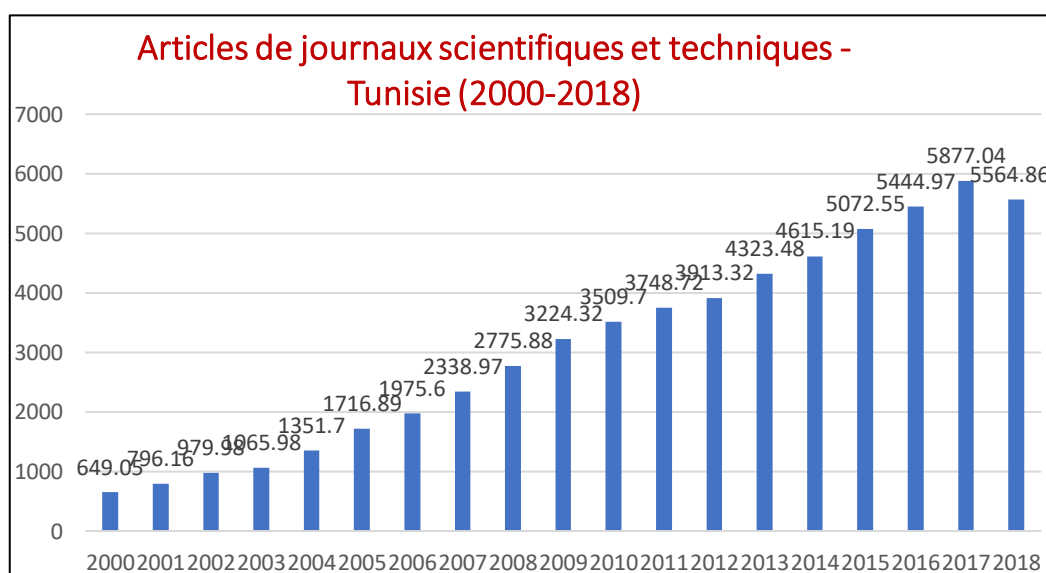


Figure 28 : Articles scientifiques et techniques publiés par la Tunisie entre 2000 et 2018.

## 15.5 Demande de dépôt de brevets WIPO internes

Le nombre de demandes de brevets internationaux WIPO (World Intellectual Property Organization) internes (c.à.d. sans compter les sociétés ou personnes étrangères qui résident en Tunisie) a toujours été très timide, comme d'ailleurs le nombre de demandes de brevets INNORPI, qui se situe autour de 500 brevets par an. Le nombre de brevets WIPO est donné à la figure 9. Depuis 30 ans, nous avons multiplié ce chiffre par 6 ou 7, alors que le nombre d'articles scientifiques et techniques (qui était de quelques dizaines en 1980) a été multiplié par 500. A noter que pour l'INNORPI, on cumule actuellement (Novembre 2022) ; 11048 brevets, 5238 modèles et 117216 marques.

A partir de ces chiffres, il semble évident que la culture des brevets soit pratiquement inexistante dans le monde académique. De plus, les commissions de recrutement et de promotion des enseignants chercheurs donnent peu d'importance aux brevets, ce qui décourage les chercheurs à en produire. Le nombre et la qualité des brevets augmenteraient si le secteur industriel portait plus d'intérêts à la R&D.

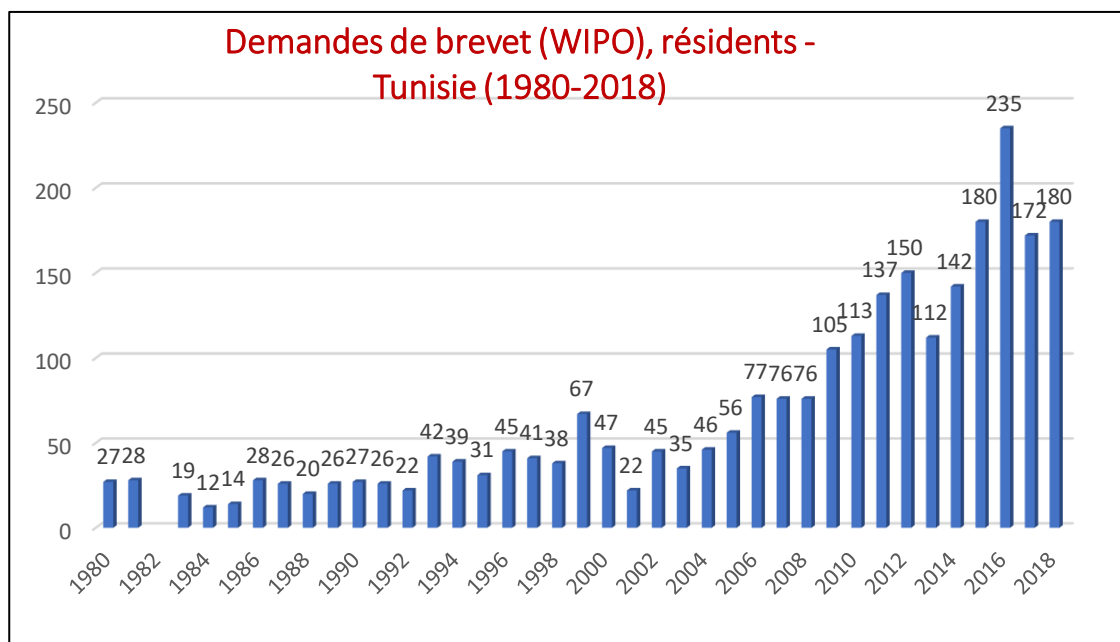
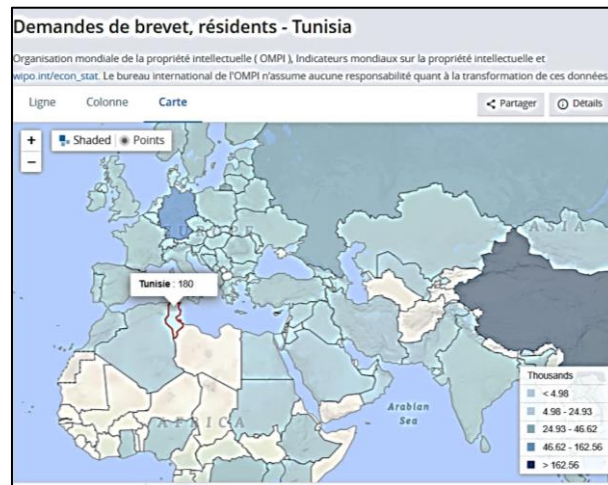


Figure 29 : Nombre de demandes de brevets WIPO entre 1980 et 2018.

## 16 Publications tunisiennes dans le domaine des ER & EE et collaborations universitaires

### 16.1 Introduction

Les synergies entre les institutions universitaires tunisiennes existent depuis longtemps dans presque tous les domaines scientifiques et technologiques. Ces collaborations se font sur plusieurs bases : intérêts personnels, et/ou dans le cadre de projets de recherche (PRF, VRR, projets internationaux, etc.) qui encouragent la complémentarité et la synergie entre laboratoires et unités de recherche. Les règles régissant la gestion de ce genre de projets sont établies par le MESRS pour les projets nationaux, et par les règles internationales pour les projets internationaux. D'une façon générale, ces règles garantissent la complémentarité scientifique entre les différents groupes de recherche, et le partage des connaissances et des moyens. Ces conditions sont des prérequis sin-quoinon pour la réussite du projet à travers une bonne gestion des crédits et l'obtention de résultats crédibles. D'une façon générale, les groupes de recherche sont appelés à fournir des efforts considérables pour partager leurs connaissances et unir leurs moyens matériels et logistiques afin de résoudre une problématique prioritaire et stratégique pour le pays.

D'autre part, la fonction R&D nécessite de mobiliser énormément de capitaux, de temps et de personnel. Cependant, les résultats des programmes de recherche sont souvent aléatoires. La question du financement de ces activités se pose donc logiquement, surtout pour les laboratoires de recherche et les PME qui n'ont pas toujours les capitaux nécessaires. L'innovation est alors un pari trop risqué pour elles. Si des aides venant de l'Etat existent, elles ne sont pas toujours suffisantes.

Il est clair qu'il existe des différences considérables en matière de capacité de transformation de la R&D en innovation en fonction des systèmes nationaux d'innovation dans lesquelles la R&D s'effectue. Un système national d'innovation se définit comme un **« réseau d'institutions du secteur public et du secteur privé dont les activités et les interactions contribuent à initier, importer, modifier et diffuser les nouvelles technologies »**.

Dans ce cadre, et après avoir fait l'état des lieux en matière de synergie et de collaboration entre les universités, en premier lieu, on émettra des recommandations qui boosteront la R&D et l'innovation dans le domaine des ER et de l'EE.

### 16.2 Approche suivie dans l'évaluation de la collaboration entre les structures de recherche

Il nous semble que la meilleure reconnaissance pour un chercheur (ou une structure de recherche) est de voir ses travaux de recherche originaux contribuer à l'avancement des connaissances et publiés dans des articles internationaux, des rapports, des brevets. Cependant, vu la complexité de cette analyse, nous nous limiterons aux publications parus dans les journaux internationaux indexés et impactés et aux Proceedings. Dans ce qui suit, nous allons présenter les interactions (synergies) entre les grandes universités tunisiennes dans tous les domaines de R&D intéressant les ER et l'EE. Nous chercherons des synergies à travers les publications communes s'intéressant au premier et au second degrés aux ER et à l'EE.

D'autre part, on note que la recherche bibliométrique sur les bases de données SCOPUS, WOS et SciVal, (qui sont des bases de données crédibles), présente une certaine limite. En effet, si l'on prend tous les aspects liés aux ER & EE, il faut chercher dans les domaines **D1, D2, D3, D4, D5, D6, et D7** énumérés ci-dessous, où chaque domaine contient des sous-domaines : **[5-7]**

- **D1 : Energy**
  - Energy (miscellaneous)
  - Energy Engineering and Power Technology
  - Fuel Technology
  - General Energy
  - Nuclear Energy and Engineering
  - Renewable Energy, Sustainability and the Environment
  
- **D2 : Engineering**
  - Aerospace Engineering
  - Architecture
  - Automotive Engineering
  - Building and Construction
  - Civil and Structural Engineering
  - Computational Mechanics
  - Control and Systems Engineering
  - Electrical and Electronic Engineering
  - Engineering (miscellaneous)
  - General Engineering
  - Ocean Engineering
  - Safety, Risk, Reliability and Quality
  
- **D3 : Environmental Science**
  - Ecological Modeling
  - Ecology
  - Environmental Engineering
  - Environmental Science (miscellaneous)
  - General Environmental Science
  - Global and Planetary Change
  - Management, Monitoring, Policy and Law
  - Pollution
  - Waste Management and Disposal
  - Water Science and Technology
  
- **D4 : Materials Science**
  - Biomaterials
  - Ceramics and Composites
  - Electronic, Optical and Magnetic Materials
  - General Materials Science
  - Materials Chemistry
  - Materials Science (miscellaneous)
  - Metals and Alloys
  - Polymers and Plastics
  - Surfaces, Coatings and Films
  
- **D5 : Physics and Astronomy**
  - Condensed Matter Physics
  - General Physics and Astronomy
  - Instrumentation
  - Radiation
  - Statistical and Nonlinear Physics

- Surfaces and Interfaces
- **D6 : Mathematics**
  - Applied Mathematics
  - Computational Mathematics
  - Control and Optimization
  - Discrete Mathematics and Combinatorics
  - General Mathematics
  - Geometry and Topology
  - Logic
  - Mathematical Physics
  - Mathematics (miscellaneous)
  - Modeling and Simulation
  - Numerical Analysis
- **D7 : Economics, Econometrics and Finance**
  - Economics and Econometrics
  - Economics, Econometrics and Finance (miscellaneous)
  - Finance
  - General Economics, Econometrics and Finance

On constate que les mêmes sous-domaines peuvent apparaître dans plus qu'un domaine, ceci a pour effet de surestimer le nombre réel des publications, comme on le montre pour le "Centre de Recherches et des Technologies de l'Énergie (CRTEn) de Borj-Cédria" (Figure 10).

Ainsi, entre 2012 et 2021, le CRTEn a publié réellement 882 articles répartis sur plusieurs domaines (Figure 11). Si on somme le nombre de publications dans tous les domaines, on trouve qu'on surestime le nombre d'articles effectivement publiés.

D'autre part, si on prend un seul domaine, on trouve qu'on sous-estime le vrai nombre de publications. Nous avons constaté que le domaine qui pourrait englober le maximum de publications est celui de l'énergie (Domaine D1). Nous avons donc utilisé ce domaine pour énumérer les différentes synergies entre les institutions tunisiennes.

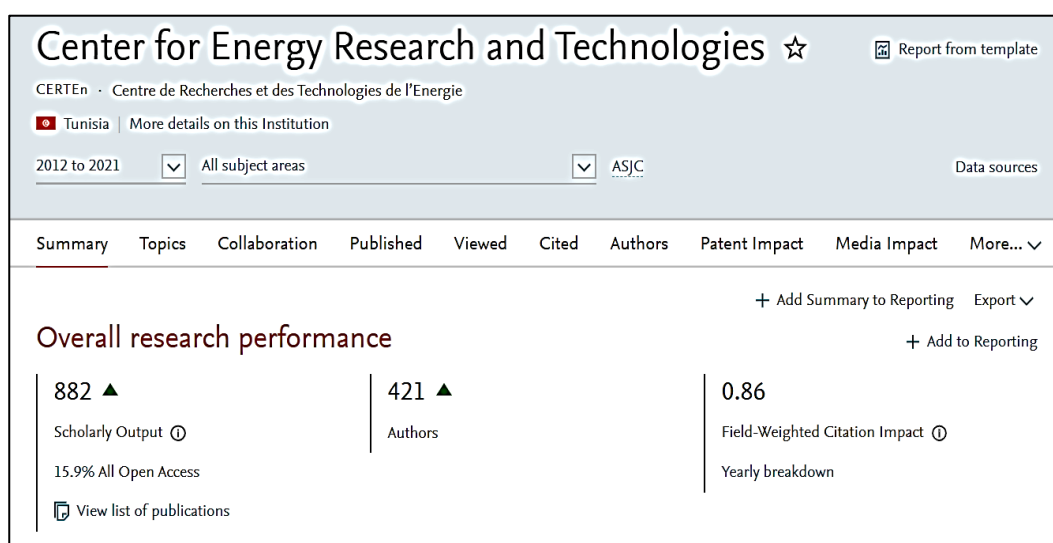


Figure 30 : Articles publiés par le CRTEn entre 2012 et 2021.

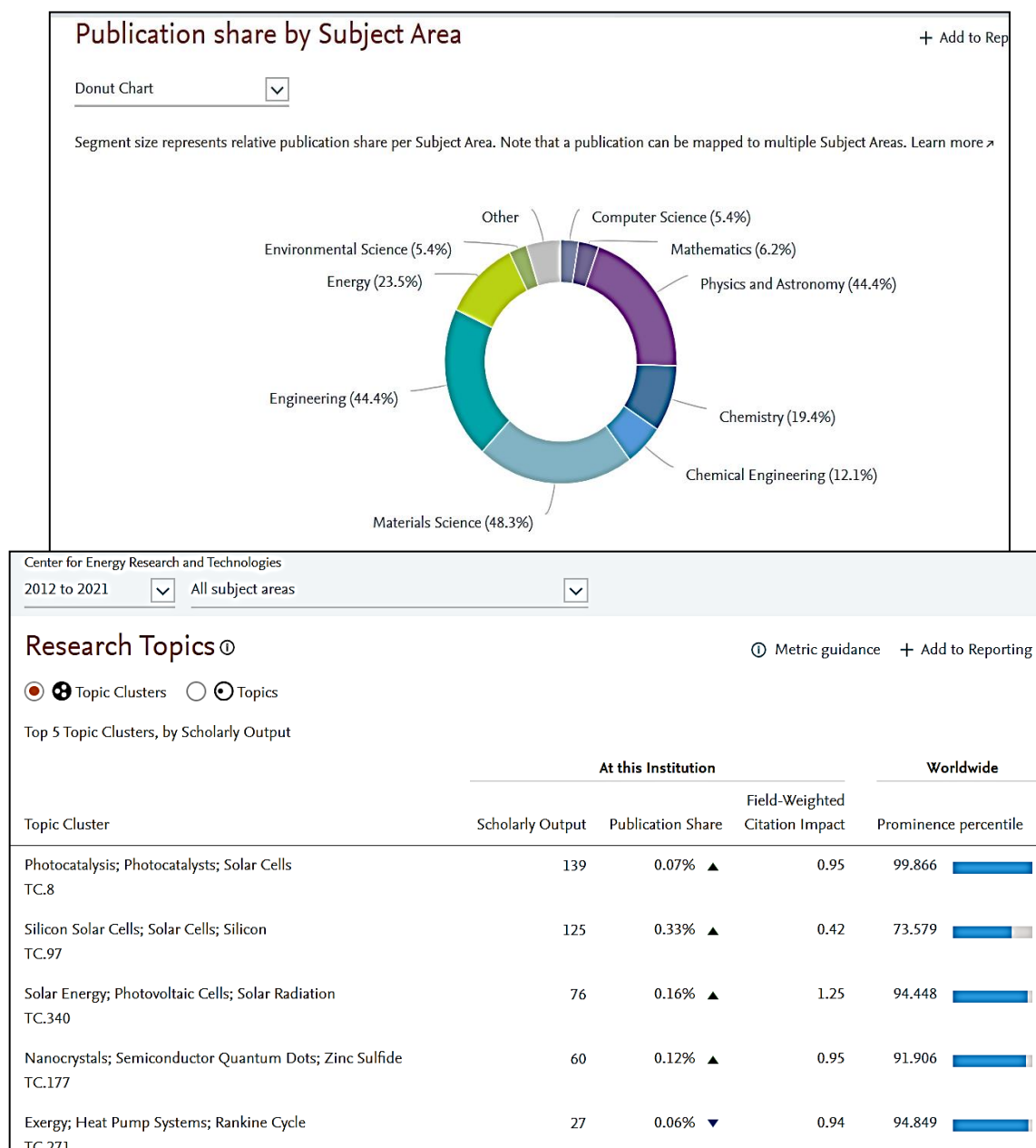


Figure 31 : Domaines d'intérêts des articles publiés par le CRTEn entre 2012 et 2021.

### 16.3 Publications universitaires dans le domaine "Energy"

Les "Topics" du domaine "Energy" couvrent un large spectre de sous-domaines comme le montre le tableau 2. Certains "Topics" qui figurent dans ce tableau (colorés en gris) peuvent ne pas concerner les ER et l'EE. Bien que ces "Topics" concernent un large domaine des ER & EE, on constate qu'ils ne tiennent pas compte d'un certain nombre de publications comme les matériaux en relation avec les ER & EE, les techniques d'optimisation, les aspects mathématiques et économiques. Dans le cas des matériaux, on se contente dans cette analyse aux matériaux utilisés dans les cellules solaires (voir tableau 2).

Tableau 23 : Liste des "Topics" dans le domaine "Energy" avec le nombre d'articles publiés entre 2012 et 2021 correspondants. Cas de l'Université de Tunis El Manar.

"Topic"	Nbre d'articles
Electric Potential; Electric Inverters; DC-DC Converters	334
Electric Power Transmission Networks; Wind Power; Electric Power Distribution	152
Permanent Magnets; Induction Motors; Synchronous Motors	89
Secondary Batteries; Electric Batteries; Lithium Alloys	77
Wind Turbines; Wind Power; Asynchronous Generators	66
Solar Energy; Photovoltaic Cells; Solar Radiation	58
Exergy; Heat Pump Systems; Rankine Cycle	56
Microbial Fuel Cells; Anaerobic Digestion; Bioreactors	54
Electricity; Energy; Economics	45
Phase Change Materials; Heat Storage; Thermal Energy	41
Cellulose; Lignin; Cellulases	31
X Rays; Fluorescence; Shielding	29
Buildings; Air Conditioning; Ventilation	28
Proton Exchange Membrane Fuel Cells (PEMFC); Electrocatalysts; Electrolytic Reduction	27
Biodiesel; Diesel Engines; Engine Cylinders	24
Boiling Liquids; Heat Transfer; Two Phase Flow	18
Radon; Radioisotopes; Radioactivity	16
Algae; Microalgae; Biodiesel	13
Hydrogen Storage; Hydrides; Dehydrogenation	13
Solid Oxide Fuel Cells (SOFC); Yttria Stabilized Zirconia; Perovskite	10
Hybrid Vehicles; Fuel Economy; Electric Vehicles	10
Gasification; Pyrolysis; Coal	8
Biofuels; Biomass; Bioenergy	8
Basin; Reservoir; Shale	7
Accident Prevention; Hazards; Accidents	5
Wastes; Solid Wastes; Municipal Solid Waste	4
Partial Discharges; Insulation; Power Transformers	4
Magnetoplasma; Tokamak Devices; Plasmas	3
Chitosan; Chitin; Chitinase	3
Electric Circuit Breakers; Electric Potential; Vacuum	3
Uranium; Radioactive Wastes; Uranium Compounds	3
Electric Fault Location; Electric Lines; Electric Power Distribution	3
Gas Turbines; Aircraft Engines; Engines	3
Neutrons; Nuclear Reactors; Fuels	2
Roofs; Heat Island; Buildings	2
Combustion; Combustors; Ignition	2
Carbon Capture; Shale; Storage (Materials)	2
Filtration; Pressure Drop; Mechanical Ventilators	2
Thermoacoustics; Cryogenics; Cryogenic Equipment	1
Amines; Carbon Dioxide; Flue Gases	1
Particle Accelerators; Mass Spectrometry; Radiocarbon Dating	1

Hydrates (Gas); Hydration; Methane	1
Lightning; Lightning Protection; Electric Grounding	1
Life Cycle; Sustainable Development; Sustainability	1
Drilling; Drilling Fluids; Well Drilling	1
Reservoirs (Water); Oil Well Flooding; Hydraulic Fracturing	1

Selon les "Topics" présentés au tableau 2, nous donnons dans les trois figures suivantes le nombre d'articles publiés par université et par le CRTEn, le nombre d'auteurs, ainsi que le nombre d'articles par auteur.

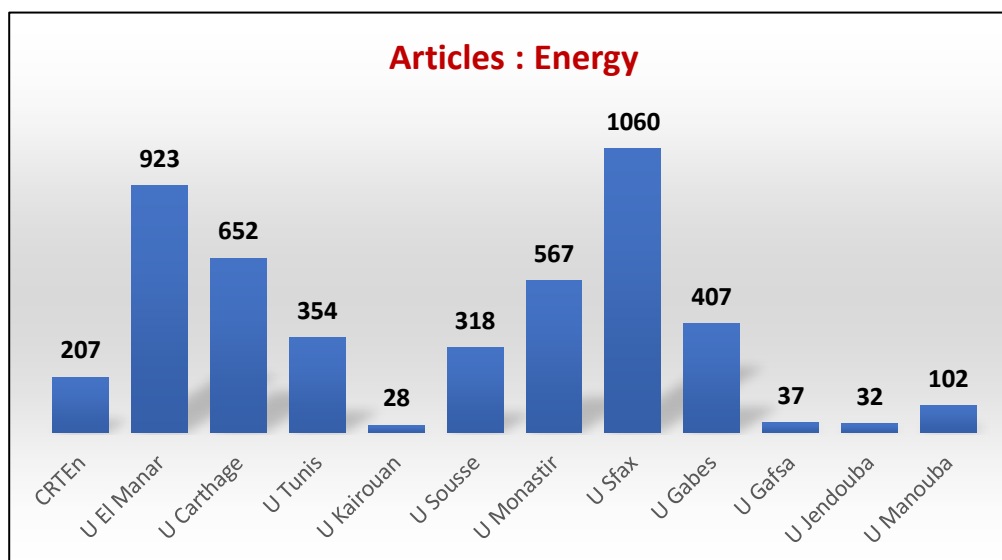


Figure 32 : Nombre d'articles publiés par université et par le CRTEn dans le domaine "Energy".

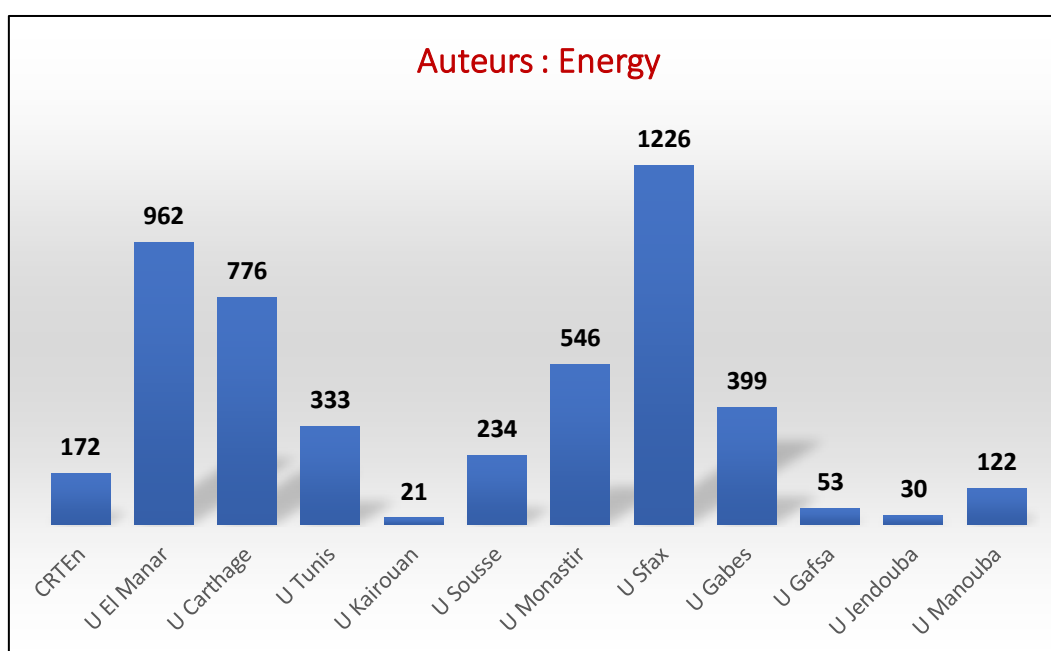


Figure 33 : Nombre d'auteurs ayant participé à la publication des articles se rapportant à « Energy ».

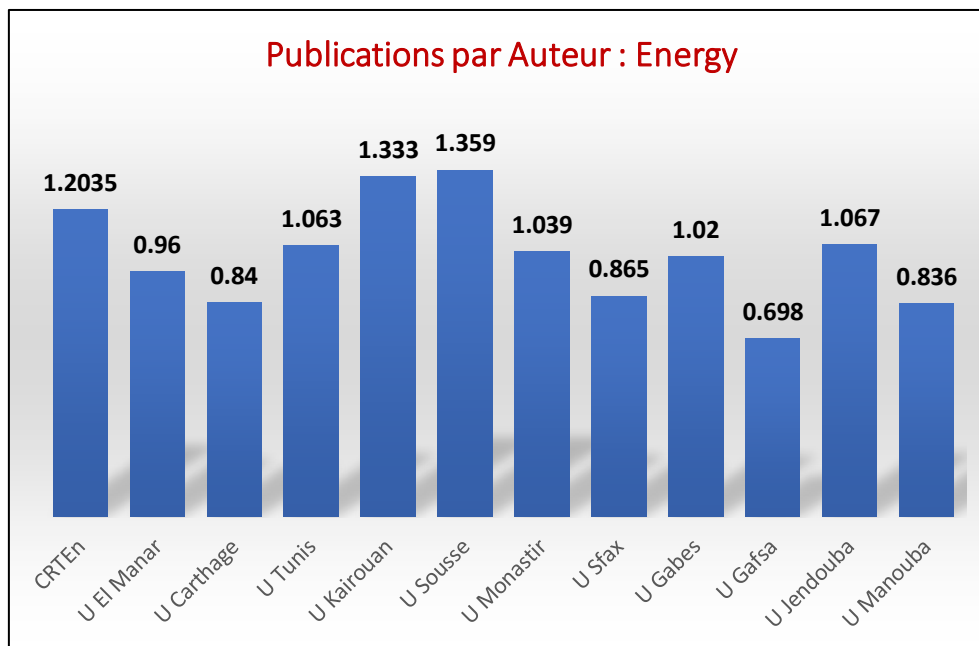


Figure 34 : Nombre d'articles par auteur.

Ces données doivent être interprétées en tenant compte de la répartition des structures de recherches (LR et UR) par Université, DGET et Centres de recherches donnée à la figure suivante.

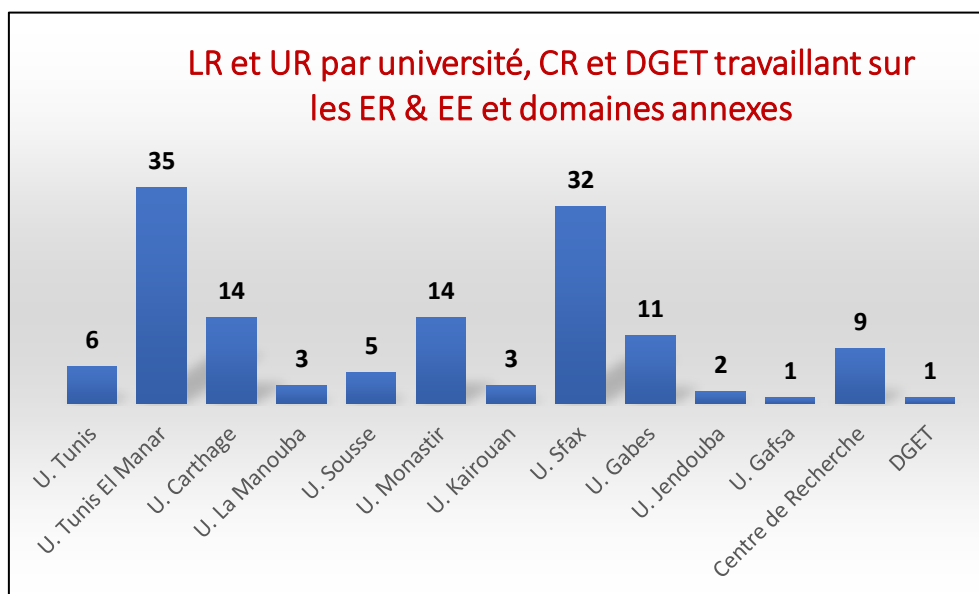


Figure 35 : Répartition des structures de recherches (LR et UR) par Université, DGET et Centres de recherches.

## 16.4 Collaborations dans le domaine des ER et de l'EE

### 16.4.1 Collaborations universitaires

Nous avons utilisé la base de données SciVal pour étudier les collaborations entre les universités tunisiennes (y compris avec le CRTEn). Les tableaux suivants résument les principales collaborations faites par les sept grandes universités tunisiennes et par le CRTEn.

Les tableaux 3-14 donnent les collaborations Universités-Universités et Universités-CRTEn dans le domaine "Energy", tel que données par Scival (Tableaux 3-14). Le croisement de ces statistiques est réalisé au tableau 15. Il est utile de rappeler que le domaine "Energy", comme on l'a expliqué auparavant, peut ne pas couvrir certains domaines relatifs aux matériaux et à certains aspects liés à l'ingénierie.

Tableau 24 : Collaborations avec l'université de Tunis El Manar.

Université de Tunis El Manar					
2012 to 2021		Energy			
<input type="checkbox"/>	Institution	Co-authored publications ↓	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat... ↓
1.	University of Carthage	169 ▲	1,415	152 ▲	0.91
2.	CNRS	106 ▲	1,394	129 ▲	0.96
3.	University of Tunis	82 ▲	910	94 ▲	1.10
4.	University of Sousse	34	706	28 ▲	1.24
5.	Center for Energy Research and Technologies	32 ▲	340	40 ▲	0.84
6.	University of Sfax	29 ▲	330	51 ▲	0.76
7.	Université de Montpellier	23 ▲	318	29 ▲	0.80
8.	Université Paris-Saclay	22 ▲	369	15 ▲	1.24
9.	National Engineering School of Carthage	21 ▲	112	13 ▲	0.61
10.	Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées	19 ▲	143	16 ▲	0.65

Tableau 25 : Collaborations avec l'université de Carthage.

University of Carthage					
2012 to 2021		Energy			
<input type="checkbox"/>	Institution	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...
1.	Université de Tunis El Manar	169 ▲	1,415	193 ▲	0.91
2.	CNRS	85 ▲	1,107	118 ▲	0.95
3.	University of Tunis	50 ▲	399	58 ▲	0.61
4.	University of Sfax	37 ▲	737	58 ▲	1.13
5.	National Engineering School of Carthage	36 ▲	122	40 ▲	0.66
6.	Centre de Recherche et des Technologies des Eaux de Borj Cédria	24	145	31	0.48
7.	University of Monastir	20 ▲	140	19 ▲	0.59
8.	Center for Energy Research and Technologies	18 ▲	281	28 ▲	1.47
9.	INRAE	17 ▲	124	32 ▲	0.76
10.	University of Manouba	17	345	19	1.17

Tableau 26 : Collaborations avec l'université de Tunis.

University of Tunis					
2012 to 2021		Energy			
<input type="checkbox"/>	Institution	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...
1.	Université de Tunis El Manar	82 ▲	910	107 ▲	1.10
2.	University of Carthage	50 ▲	399	55 ▲	0.61
3.	CNRS	47 ▲	538	42 ▲	1.02
4.	University of Sousse	19 ▲	96	19 ▲	0.93
5.	University of Sfax	11 ▲	113	9 ▲	0.99
6.	Université de Lorraine	11 ▲	119	13 ▲	0.99
7.	Center for Energy Research and Technologies	11 ▲	97	10 ▲	1.03
8.	École nationale supérieure d'électrotechnique, d'électronique, d'informatique, d'hydraulique et des	10	103	5	0.77

Tableau 27 : Collaborations avec l'université de Sousse.

University of Sousse					
2012 to 2021		Energy			
Add to panel Tag Create group					
	Institution	Co-authored publications ↓	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat... ↓
1.	University of Monastir	65 ▲	1,256	74	1.12
2.	Université de Tunis El Manar	34	706	35 ▲	1.24
3.	University of Sfax	26 ▲	730	28 ▲	1.40
4.	CNRS	26 ▲	344	39 ▲	1.37
5.	University of Tunis	19 ▲	96	17 ▲	0.93
6.	École de technologie supérieure	14 ▲	86	5 ▲	1.90
7.	University of Carthage	12	124	24	1.00
8.	King Khalid University	10 ▲	311	6 ▲	1.47
9.	University of Gabes	10 ▲	149	12 ▲	2.36
10.	Université de Bretagne	9 ▲	91	6 ▲	1.37

Tableau 28 : Collaborations avec l'université de Monastir.

University of Monastir					
2012 to 2021		Energy			
Add to panel Tag Create group					
	Institution	Co-authored publications ↓	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat... ↓
1.	CNRS	140 ▲	2,186	153 ▲	1.00
2.	University of Sousse	65 ▲	1,256	52 ▲	1.12
3.	Aix-Marseille Université	38 ▲	593	28	0.89
4.	King Khalid University	30 ▲	577	19 ▲	1.18
5.	University of Sfax	29 ▲	741	52 ▲	1.39
6.	Institut national des sciences appliquées de Rouen Normandie	24 ▼	301	11 ▼	0.72
7.	Normandie Université	24 ▼	301	11 ▼	0.72
8.	Université de Rouen	23 ▼	301	11 ▼	0.75
9.	Center for Energy Research and Technologies	23 ▼	239	21 ▼	0.38

Tableau 29 : Collaborations avec l'université de Sfax.

University of Sfax					
2012 to 2021		Energy			
Add to panel Tag + Create group					
	Institution	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...
1.	CNRS	119 ▲	2,484	172 ▲	1.18
2.	Centre de Biotechnologie de Sfax	101	2,054	160 ▲	1.08
3.	University of Carthage	37 ▲	737	44 ▲	1.13
4.	University of Gabes	31 ▲	233	42 ▲	1.02
5.	Université de Tunis El Manar	29 ▲	330	45 ▲	0.76
6.	University of Monastir	29 ▲	741	37 ▲	1.39
7.	University of Sousse	26 ▲	730	18 ▲	1.40
8.	Université de Montpellier	20 ▲	282	24 ▲	0.89
9.	Aix-Marseille Université	20 ▼	306	25 ▼	0.72
10.	INRAE	18 ▲	281	25 ▲	0.88

Tableau 30 : Collaborations avec l'université de Gabes.

University of Gabes					
2012 to 2021		Energy			
Add to panel Tag + Create group					
	Institution	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...
1.	CNRS	52 ▲	713	85 ▲	0.94
2.	University of Sfax	31 ▲	233	47 ▲	1.02
3.	Université de Lorraine	25 ▲	424	27	1.05
4.	University of the Basque Country	14	353	3	2.81
5.	University of Carthage	13 ▲	83	24 ▲	0.86
6.	Université de Tunis El Manar	12 ▲	104	16 ▲	0.88
7.	University of Monastir	10 ▼	463	18 ▼	0.65
8.	University of Sousse	10 ▲	149	10 ▲	2.36
9.	American University of Ras Al Khaimah	10	166	1	2.56

Tableau 31 : Collaborations avec l'Université de Manouba.

University of Manouba					
2012 to 2021		Energy			
Add to panel Tag Create group					
	Institution	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...
1.	University of Carthage	17	346	25	1.17
2.	Université de Tunis El Manar	16 ▲	760	19 ▲	1.05
3.	CNRS	10	714	20 ▲	1.69
4.	University of Tunis	8 ▲	277	9 ▲	1.46
5.	University of Sfax	7 ▲	108	15 ▲	1.21
6.	University of Jendouba	6 ▲	411	6 ▲	2.74
7.	University of Sousse	5 ▲	88	5 ▲	1.40
8.	Drexel University	4 ▲	280	1 ▲	3.31
9.	Northern Borders University	4 ▲	77	5 ▲	2.73
10.	COMSATS University Islamabad	3	91	2	1.03

Tableau 32 : Collaborations avec l'université de Kairouan.

University of Kairouan					
2012 to 2021		Energy			
Add to panel Tag Create group					
	Institution	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...
1.	University of Monastir	6 ▲	38	11 ▲	0.48
2.	University of Tunis	6 ▲	340	8 ▲	4.58
3.	University of Hail	4	334	2	6.82
4.	University of Carthage	4 ▲	12	4 ▲	0.17
5.	Université de Tunis El Manar	3 ▲	10	7 ▲	0.07
6.	University of Sfax	3	73	4	1.60
7.	University of Strathclyde	3	97	2	3.32
8.	South Ural State University	3 ▲	85	2 ▲	3.72
9.	University of Tehran	2	324	1	13.13
10.	King Khalid University	2 ▲	59	6 ▲	2.28











Tableau 33 : Collaborations avec l'université de Jendouba.

University of Jendouba						
2012 to 2021		Energy				
Add to panel Tag Create group						
	Institution	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...	
1.	Université de Tunis El Manar	13 ▲	336	13 ▲	1.35	
2.	University of Tunis	6	115	2	1.69	
3.	University of Manouba	6 ▲	411	7 ▲	2.74	
4.	CNRS	5	76	7	1.06	
5.	University of Sfax	4 ▲	42	13 ▲	1.09	
6.	Université Fédérale Toulouse Midi-Pyrénées	4	71	6	1.24	
7.	École nationale supérieure d'électrotechnique, d'électronique, d'informatique, d'hydraulique et des télécommunications	3	52	1	1.34	

Tableau 34 : Collaborations avec l'université de Gafsa.

Gafsa University						
2012 to 2021		Energy				
Add to panel Tag Create group						
	Institution	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...	
1.	University of Sfax	9 ▲	33	21 ▲	0.69	
2.	CNRS	6	39	16	0.57	
3.	University of Gabes	6 ▲	13	9 ▲	0.97	
4.	University of Monastir	5 ▲	22	10 ▲	0.28	
5.	Université de Tunis El Manar	4 ▲	12	8 ▲	0.74	
6.	Technische Universität Darmstadt	3	38	5	1.03	
7.	University of Modena and Reggio Emilia	2	21	5	0.92	
8.	University of Perugia	2 ▲	6	3 ▲	0.96	
9.	King Saud University	2 ▲	0	2 ▲	0.00	

Tableau 35 : Collaborations avec le CRTEn.

Center for Energy Research and Technologies						
2012 to 2021		Energy	Co-authored publications	Citations received for co-authored publications	Co-authors	Field-Weighted Citat...
<input type="checkbox"/>	Institution		↓			↓
1.	 Université de Tunis El Manar	32 ▲	340	31 ▲	0.84	
2.	 University of Monastir	23 ▼	239	18 ▼	0.38	
3.	 University of Carthage	18 ▲	281	22 ▲	1.47	
4.	 CNRS	13 ▲	165	16 ▲	0.80	
5.	 University of Tunis	11 ▲	97	13 ▲	1.03	
6.	 University of Palermo	8	26	8	0.89	
7.	 Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique	7 ▼	123	20 ▼	0.70	
8.	 Polytechnic University of Valencia	6	91	5	1.32	
9.	 Université de Rouen	6 ▼	45	5 ▼	0.33	
10.	 Institut national des sciences appliquées de	6 ▼	45	5 ▼	0.33	

La lecture du tableau 15 peut être faite simplement par ligne, ou en utilisant la moitié triangulaire haute-droite ou basse-gauche en exploitant le caractère symétrique du tableau.

Dans ce tableau, nous avons utilisé un code couleur (indiqué dans la légende du tableau) pour distinguer trois catégories : Collaborations importantes, collaboration moyenne et absence de collaboration.

Tableau 36 : Tableau croisé des principales collaborations Université-Université et Université-CRTEn.

- Nombre d'articles publiés  $\geq 100$  : Importante collaboration (Vert).
- $50 \leq$  Nombre d'articles publiés  $< 100$  : Collaboration moyenne (Bleu).
- $1 \leq$  Nombre d'articles publiés  $< 50$  : Collaboration faible (blanc).
- Nombre d'articles publiés = 0 : Absence de collaboration (oranger).

	U. El Manar	U. Carthage	U. Tunis	U. Manouba	U. Sousse	U. Monastir	U. Sfax	U. Gabes	U. Kairouan	U. Gafsa	U. Jendouba	CRTEn, BC
U. El Manar		169	82	16	34	0	29	12	3	4	13	32
U. Carthage	169		50	17	12	20	37	13	4	0	0	18
U. Tunis	82	50		8	19	0	11	0	6	0	6	11
U. Manouba	16	17	8		5	0	7	0	0	0	0	0
U. Sousse	34	12	19	5		65	26	10	0	0	0	0
U. Monastir	0	20	0	0	65		29	10	6	5	0	23
U. Sfax	29	37	11	7	26	29		31	3	9	4	0
U. Gabes	12	13	0	0	10	10	31		0	6	0	0
U. Kairouan	3	4	6	0	0	6	3	0		0	0	0
U. Gafsa	4	0	0	0	0	5	9	6	0		0	0
U. Jendouba	13	0	6	0	0	0	4	0	0	0		0
CRTEn, BC	32	18	11	0	0	23	0	0	0	0	0	

### 16.4.2 Analyse et interprétation des différentes collaborations

D'après la synthèse précédente, on constate que la collaboration dépend beaucoup de la proximité et de la mise en commun des moyens. En effet, les trois grandes universités du nord, à savoir, l'Université de Tunis El Manar, l'Université de Carthage et l'Université de Tunis possèdent les collaborations les plus importantes du territoire. Au niveau du centre, les deux Universités de Sousse et de Monastir possèdent elles aussi une assez bonne collaboration. Cependant, au sud, les collaborations entre les Universités de Sfax et de Gabes sont moyennes.

Les collaborations entre les autres Universités, ainsi que celles du CRTEn restent très moyennes. Enfin, nous avons constaté que les collaborations nationales des Universités de la Manouba, de Kairouan, de Jendouba et de Gafsa sont très faibles, bien qu'elles possèdent des collaborations étrangères non négligeables.

Pour les trois universités du nord, El Manar, Carthage et Tunis, il est utile de noter qu'une grande partie des chercheurs enseignants à l'Université de Carthage, par exemple, effectuent leurs recherches à l'Université de Tunis El Manar, qui possèdent plus de laboratoires de recherche, plus d'encadrants et de traditions et plus de moyens matériels.

### 16.5 Collaborations à travers les PRF

Les PRF ont été lancés afin de mutualiser et compléter les efforts dans des thématiques de recherche prioritaires pour le pays, comme l'énergie. Bien que le nombre de PRF n'ait pas excédé une dizaine (entre 2002 et 2019) dans le domaine des ER et de l'EE, on peut quand même estimer si les PRF ont aidé à booster et/ou à unifier les efforts et à accentuer les synergies entre les différentes institutions universitaires pour une R&D efficace, visible et crédible.

Nous avons vu dans le livrable 1 (paragraphe 7.2.1 PRF) que les principales institutions ayant participé à l'exécution de PRF relevant des ER et de l'EE sont :

- ENIT (U. El Manar)
- ENIM (U. Monastir)
- ENIS (U. Sfax)
- ENIG (U. Gabes)
- INSAT (U. Carthage)
- ENSIT (U. Tunis)
- FSS (U. Sfax)
- FST (U. TI Manar)
- CRTEn (Centre de Recherches et des Technologies de l'Energie)
- CNRSM (Centre National de Recherche en Sciences des Matériaux)

Dans ces projets (PRF), nous remarquons l'absence de la majorité des facultés et des instituts (à l'exception de la FSS et de la FST). On peut remarquer que les écoles d'ingénieurs ont été présentes dans la majorité des PRF. En creusant un peu plus, on a remarqué que ce petit nombre de PRF n'a pu conduire qu'à un nombre réduit de publications dans le domaine des ER et de l'EE. Cette contradiction pourrait être due au fait que le chercheur est beaucoup plus intéressé par une recherche libre plutôt qu'une recherche ciblée et soumise à une évaluation, où on est redevable d'interaction et de résultats avec le monde socio-économique, sans qu'il n'y ait une quelconque incitation motivante pour le chercheur.

## 16.6 Conclusion et recommandations

- 1) La création du conseil supérieur de l'éducation (CSE) permettrait de mieux coordonner les programmes éducatifs afin de sensibiliser nos enfants aux dangers du changement climatique sur nos ressources hydriques et notre sécurité alimentaire, et à l'importance des énergies propres et renouvelables pour notre sécurité énergétique. La R&D doit aussi apparaître d'une façon réfléchie dans les programmes scolaires de nos enfants, en stimulant leur curiosité.
- 2) Mettre en place des plateformes technologiques par Université et par Technopôle, en leur octroyant les budgets nécessaires et les textes réglementaires qui les gouvernent. Ceci pourrait mieux valoriser les équipements scientifiques lourds et rendre opérationnels ceux nécessitant des réparations et des maintenances (Exp. : Les Microscopes électroniques, etc.). Avec un marketing adéquat, ces plateformes constitueraient une porte d'entrée des industriels aux sites R&D,
- 3) Mettre en place des mécanismes qui donnent plus de valeur scientifique aux brevets,
- 4) Demander aux structures de recherches (LR et UR) lors de leur création et/ou leur reconduction d'intégrer un projet de recherche en relation directe avec l'industrie,
- 5) Mettre en place des mécanismes qui limitent la migration des enseignants-chercheurs,
- 6) Mettre en place des mécanismes qui limitent dans le temps le départ en coopération technique, surtout pour les enseignants-chercheurs du collège A,
- 7) Concernant la collaboration entre les universités, nous avons constaté **la formation de 3 pôles** : le pôle du Nord conduit par l'UTM et l'UCAR, le pôle du centre piloté par l'UMO et l'USO et le pôle du Sud mené par l'USF et l'UGA. La réunion de ces 3 pôles et des universités de l'intérieur dans un conseil supérieur de la recherche, opérant sous l'auspice du MESRS, et présidé par alternance par l'un des présidents d'universités, constitue une solution qui pourrait rapprocher les compétences des 3 pôles et constituer une force de frappe pour une R&D efficiente et productive dans les domaines des ER et de l'EE.
- 8) Nous avons aussi constaté que plus l'université s'éloigne de la côte EST, plus son interaction s'affaiblit avec ces 3 pôles. La R&D dans le domaine des ER constitue près de 40% de l'activité « énergie » des différentes universités.
- 9) Les universités de Gafsa, de Kairouan et de Jendouba doivent bénéficier de plus de moyens (humains et financiers) pour apporter un plus à la R&D dans le domaine des ER et de l'EE et pour pouvoir entrer en synergie avec les 3 pôles publics sus mentionnés.
- 10) Il est aujourd'hui nécessaire et rentable de trouver les moyens et les mécanismes qui impliqueraient les universités privées dans cette dynamique de R&D.

## 17 Mécanismes et ressources à mobiliser pour la R&D dans le domaine des ER et de l'EE

Sur le moyen et long terme, avoir un système de R&D efficient dans le domaine des ER et de l'EE, nécessite l'application des mécanismes qui ont fait leur preuve, en les renforçant par d'autres instruments lorsque le besoin se manifeste, en ayant à l'esprit d'inculquer la culture de la R&D dans le système éducatif dès le très jeune âge.

Dans cette optique, et tenant compte des résultats du recensement donné au Livrable 1 et de l'étude sur les coopérations Université-Université et Université-Centre de recherches, faite précédemment, on présente dans ce qui suit :

- i) des propositions pour introduire la R&D relative aux ER et à l'EE dans le système éducatif,
- ii) des propositions pour renforcer les mécanismes et les ressources pour une R&D à haute synergie dans le secteur académique, et
- iii) des propositions pour renforcer les mécanismes et les ressources pour une R&D plus performante dans le secteur socio-économique.

## 17.1 La culture de la R&D dans le système éducatif

### 17.1.1 Introduction

Dans une société apprenante, chaque individu doit pouvoir à son niveau construire et partager ses connaissances et ses découvertes avec les autres, documenter ses apprentissages, disposer des ressources, des lieux et des accompagnements nécessaires pour progresser mais aussi pour permettre à d'autres de s'en inspirer et d'améliorer leurs pratiques. Pour ce faire il faut :

- Promouvoir au sein du système éducatif une logique de confiance propice au développement des innovations pédagogiques adossées à la recherche,
- Stimuler la recherche pour étoffer nos savoirs, et
- Développer la diffusion des connaissances en faveur des formations initiale et continue.

La « recherche et développement pour l'éducation » doit devenir un vecteur central d'évolution du système éducatif dans son ensemble, pour préparer notre jeunesse et, au-delà, nos concitoyens au monde de demain.

### 17.1.2 Propositions pour introduire la R&D dans le système éducatif

**Nous donnons ci-après des propositions d'actions à entreprendre pour sensibiliser le système éducatif à la R&D dans tous les domaines prioritaires et stratégiques du pays, en premier lieu l'énergie. Une des actions qui nous semble essentielle est l'activation du conseil supérieur de l'éducation (CSE, nouvellement annoncé).**

L'un des volets sur lequel doit se pencher le CSE est l'introduction de la technologie et de la R&D dans le système éducatif. Un des scénarios est de mettre en synergie des équipes éducatives avec des équipes de recherche et d'enseignants, en renforçant l'effort de recherche en éducation et la création de conditions d'accompagnement pérenne et bienveillant des équipes enseignantes, notamment par la formation et le développement professionnel continu, ainsi que par la création de lieux d'échange des savoirs et des pratiques. Nous proposons ci-après 10 actions.

- 1) Initier les formateurs au changement climatique et à la R&D dans le contexte de la transition énergétique (TE),
- 2) Introduire certaines expériences vulgarisées en relation avec la notion de R&D dans certains domaines stratégiques (comme les ER et l'EE), au niveau des classes élémentaires et dans le secondaire,
- 3) Intensifier la recherche sur l'éducation à travers des masters et des formations doctorales. Favoriser l'articulation entre chercheurs et praticiens, approches fondamentales et appliquées,
- 4) Organiser des conférences et des rencontres internationales afin de s'imbiber de

l'expérience de ceux qui nous ont précédés dans ce domaine stratégique,

- 5) Sensibiliser les universitaires et les étudiants, toutes disciplines confondues, aux prochains défis que notre nation aurait à relever, entre autres la sécurité énergétique.,
- 6) Sensibiliser les personnels des industries et des entreprises à la TE et d'une façon générale aux grandes problématiques que le pays aurait à résoudre à court et à moyen termes,
- 7) Promouvoir des normes, des dispositifs et des cadres de confiance facilitant la gestion sécurisée des données éducatives,
- 8) Concevoir et promouvoir des règles éthiques pour guider la conduite d'expérimentations pédagogiques,
- 9) Constituer les communautés éducatives élargies facilitant les coopérations pour chercher ensemble des pistes d'amélioration et construire des territoires apprenants, et
- 10) Préfigurer une « alliance de recherche » de la société apprenante au niveau national.

## 17.2 Renforcement des mécanismes et des ressources pour une R&D efficiente

Dans le secteur académique, la Tunisie s'est dotée de plusieurs mécanismes et ressources pour assurer une R&D efficiente. Cependant, ces mécanismes quoique très utiles n'ont pas été utilisés à fond pour des raisons logistiques, financières et de suivis. Ces mécanismes sont donnés comme suit [8-9] :

- Les projets continus :
  - VRR : Projet de Valorisation des Résultats de Recherche.
  - PRF : Projet de Recherches Fédérées.
- Les projets PAQ issus du projet PromESsE : Le volet 3 (PAQ pour l'amélioration des services aux étudiants) du projet PromESsE est constitué de trois sous-mécanismes :
  - PAQ-PAES (PAQ-Pré-amorçage et Essaimage Scientifique) : il concerne l'encouragement à la création de Spin-off.
  - PAQ-COLLABORA (PAR&I : Tk) : il concerne les projets collaboratifs au sein des Technopôles.
  - PAQ-MOBIDOC : il concerne la mobilité des doctorants et des post-docs dans le milieu professionnel.
- Le Conseil d'Orientation Scientifique et Stratégique des pôles technologiques (COSS).

### 17.2.1 Les projets continus

#### 17.2.1.1 Les projets de Valorisation des Résultats de Recherche (VRR)

*Nous pensons que les VRR sont les meilleurs moyens de collaboration entre les laboratoires de recherche et le monde socio-économique.*

Dès la création, en 1992, d'une administration centrale en charge de la recherche scientifique et de la technologie, les projets VRR ont été lancés. Il s'agit d'un outil d'incitation pour le financement des projets qui visent la mise en valeur de la recherche et la coopération avec les industriels, ils permettent :

- 1) Le transfert et l'application des résultats issus du système national de la recherche au sein du secteur productif,
- 2) Le développement de prototypes au sein des structures de recherche,
- 3) La mise à contribution des compétences spécialisées afin de répondre à des besoins nationaux (réseau de surveillance de qualité, problématique sectorielle, santé publique ...).
- 4) Comme les établissements et les structures de recherche sont les principaux bénéficiaires. Ils auront pour tâches :
  - La réalisation du projet,
  - La gestion des fonds alloués,
  - La gestion du partenariat,
  - La gestion des actions du projet et de ses résultats, et
  - La Coordination avec le MESRS.

Ces projets ont une durée maximale de 3 années. La contribution financière des entreprises privées pour la réalisation de projets VRR en collaboration avec les structures de recherche scientifique et techniques a été introduite depuis l'année 2000 dans le but d'accroître l'implication financière du secteur productif dans les activités de R&D et qu'elles montrent ainsi leur intérêt pour les résultats attendus du VRR. Un accord est établi entre les partenaires afin de fixer l'équipe en charge du projet, le planning des actions et les questions qui ont un rapport avec les publications scientifiques et la Propriété Intellectuelle (PI).

#### *17.2.1.2 Recommandation pour des VRR plus efficaces*

##### Commentaires/propositions pour booster les VRR :

- 1) L'une des principales problématiques rencontrées dans les VRR est la difficulté de la gestion des fonds du projet, surtout qu'il s'agit d'un travail commun entre une entreprise et un (ou plusieurs) laboratoire(s) de recherche, deux entités qui ne parlent pas encore le même langage. Il serait donc plus judicieux que les fiches de projets à remplir par les acteurs (Template) soient faites par l'ANPR ou la DGVR (en faisant appel à des spécialistes) en concertation avec les services du ministère concerné (énergie, santé, agriculture, TIC etc.).
- 2) L'évaluation doit être faite par une commission mixte pour rapprocher le MESRS des ministères concernés.
- 3) Le coordinateur en charge du projet et les chercheurs impliqués dans la réalisation du VRR doivent être motivés financièrement. Rien n'oblige une institution ou une structure de recherche à présenter un VRR. Plus que ça, l'affaire est laissée à l'avis du chercheur (principalement le porteur de l'idée qui est généralement le coordinateur) qui peut estimer ne pas trouver son compte dans ce système supposé être « gagnant-gagnant ».
- 4) Plusieurs résultats sont valorisables, mais seule une décision motivante du MESRS et des différents ministères intéressés par la R&D peut débloquer cette situation et améliorer les retombées de la recherche dans le monde socio-économique.
- 5) Les budgets alloués au VRR doivent être conséquents avec la valeur ajoutée que le projet apporterait sur le plan technologique et socio-économique.

6) Inciter financièrement l'entreprise industrielle comme :

- la subvention qui a accompagné les programmes PROSOL et PROSOL ELEC,
- l'avantage fiscal créé pour les investissements dans les CEA (Compte Epargne Action), etc.,
- création d'un avantage fiscal (Impôt Converti Recherche (ICR)) pour toute entreprise participant à un VRR en déduisant le montant investi de l'assiette imposable de l'entreprise.

#### 17.2.1.3 Les Projets de Recherche Fédérés (PRF)

La mise en place des Programmes de Recherche Fédérés (PRF) a permis de franchir une étape substantielle sur la voie de l'organisation des activités du système national de R&D et ce, à travers la mobilisation des compétences et la création de synergies entre les structures de recherche et leurs partenaires, publics ou privés, concernés par le développement du secteur de la recherche scientifique et de la technologie. Ces programmes sont financés dans le cadre de conventions pluriannuelles qui définissent la structure porteuse du projet et les structures associées, les objectifs et les résultats attendus, les moyens humains et matériels à mobiliser ainsi que les procédures de suivi-évaluation. Les PRF traitent des thématiques nationales prioritaires définies en concertation avec les différents opérateurs du secteur concerné.

#### 17.2.1.4 Recommandations pour des PRF plus efficaces

Commentaires/propositions pour booster les PRF :

- 1) Les PRF ont certes fait bouger certains laboratoires de recherche en quête de fonds et de moyens matériels, mais il n'en reste pas moins que ce nombre est assez faible pour résoudre la problématique « énergie », d'une façon générale, dans notre pays.
- 2) Certains PRF ont participé au développement des compétences dans certains domaines. ***Il y a un manque de participation flagrant des opérateurs socio-économiques intéressés par les ER et l'EE.***
- 3) Encore une fois, le facteur motivation manque : présenter ou ne pas présenter un PRF reste aléatoire et dépend en grande partie de l'intérêt et de la motivation des chercheurs. Une incitation financière pour les chercheurs ferait une valeur ajoutée remarquable quant à leur implication dans les PRF.
- 4) Inciter financièrement l'entreprise industrielle (comme pour les VRR) : A l'image de la subvention qui a accompagné les programmes PROSOL et PROSOL ELEC, ou l'avantage fiscal créé pour les investissements dans les CEA (Compte Epargne Action), etc., créer un avantage fiscal (Impôt Converti Recherche (ICR)) pour toute entreprise qui participe à un VRR en convertissant le montant investi de l'assiette imposable de l'entreprise.
- 5) Le budget des PRF doit être bien étudié, et ne doit en aucun cas constituer des parts à partager. La fédération des efforts doit être un critère de sélection lors de l'évaluation. Un PRF crédible et supposé apporter une valeur ajoutée dans le domaine des ER et de l'EE doit être bien financé.

## 17.2.2 Les projets PAQ

### 17.2.2.1 Rappel sur les projets PAQ

Les projets PAQ entrent dans le cadre du projet PromESsE (PAQ) (Projet de modernisation de l'Enseignement Supérieur en soutien à l'Employabilité des jeunes diplômés (PromESsE/TN)) est un mécanisme à deux initiatives ; l'une systémique (interdisciplinaire) appliquée à l'échelle macro, l'autre incitative appliquée à l'échelle micro sous forme de mesures. Ces dernières sont appuyées par des fonds compétitifs d'innovation dans le cadre du Programme d'Appui à la Qualité (PAQ). Le programme PAQ est lui-même formé de cinq (05) sous programmes : [8-9]

- 6) Volet 1 : PAQ pour une meilleure connexion au marché du travail,
- 7) Volet 2 : PAQ pour une université innovante et entrepreneuriale,
- 8) Volet 3 : PAQ pour l'amélioration des services aux étudiants,
- 9) Volet 4 : PAQ pour soutenir la Gouvernance et la Capacité de Gestion, et
- 10) Volet 5 : PAQ en appui à l'Assurance Qualité et l'Accréditation.

Le volet 3 (PAQ pour l'amélioration des services aux étudiants) qui concerne cette étude est formé de trois sous-mécanismes :

- PAQ-PAES (PAQ-Pré-amorçage et Essaimage Scientifique) : concerne l'encouragement à la création de Spin-off.
- PAQ-COLLABORA (PAR&I : Tk) : concerne les projets collaboratifs au sein des Technopôles.
- PAQ-MOBIDOC : concerne la mobilité des doctorants et des post-docs dans le milieu professionnel.

### 17.2.2.2 Commentaires sur les projets PAQ

Ces projets sont relativement jeunes et on ne dispose pas encore d'un retour d'expérience suffisant pour les commenter. Néanmoins, la totalité de ces projets comme c'est le cas pour tous les projets de recherche, toutes catégories confondues, souffrent d'une gestion financière difficile, même si ces projets sont gérés par des institutions EPST (Entreprise Publique à caractère Scientifique et Technologique).

## 17.2.3 Conseil d'Orientation Scientifique et Stratégique des pôles technologiques (COSS)

### 17.2.3.1 Missions du COSS

Le Conseil d'Orientation Scientifique et Stratégique des pôles technologiques (COSS) a été créé conformément à l'arrêté du 07/04/2022, publié au JORT le 15/04/2022. Il a pour mission de :

- Contribuer à l'élaboration des orientations stratégiques, scientifiques et technologiques de l'Etat dans les domaines de la recherche et de l'innovation en relation avec l'activité du pôle technologique et veiller à leurs mises en œuvre,
- Participer à orienter les activités des différentes composantes technologiques, conformément aux orientations stratégiques, scientifiques et technologiques de l'Etat dans le domaine de la spécialité du pôle technologique,

- Veiller à la mise en œuvre des orientations stratégiques, scientifiques et technologiques de l'Etat dans les activités du pôle dans les domaines de la recherche, de l'innovation et du développement technologique et ce, dans le cadre d'un programme de travail unifié regroupant les activités du pôle dans les domaines de la recherche, de l'innovation et du développement technologique et ce, dans le cadre d'un programme de travail unifié regroupant les activités communes des différentes composantes du pôle technologique, qui sera fixé et suivi annuellement,
- La coordination entre les différentes composantes du pôle technologique et l'intervention auprès des ministres concernés pour surmonter les difficultés,
- Soutenir la coopération scientifique et technologique bilatérale entre les différentes composantes du pôle technologique d'une part et leurs homologues à l'étranger par la participation à des projets internationaux d'intérêts commun,
- Promouvoir le pôle technologique et ses différentes composantes, son programme de travail annuel et ses activités conjointes aux niveaux national et extérieur, et
- Soutenir les différentes composantes du pôle technologique pour avoir l'appui financier dans le cadre de la coopération internationale et des programmes nationaux visant à promouvoir la recherche, l'innovation et le développement technologique.

#### 17.2.3.2 Commentaires sur les COSS

La mise en place des COSS constitue une solution très intéressante pour les structures installées dans les pôles technologiques en vue d'améliorer la synergie entre le monde académique et le monde socio-économique. Selon leurs missions, ils permettraient aux structures de recherche sur site de mieux répondre aux besoins nationaux dans les thématiques qui les concernent, tout en améliorant leurs synergies avec le secteur industriel. A titre d'exemple, pour le domaine des ER & EE, le COSS du technopôle de Borj-Cédria constitue un grand avantage pour ce domaine à cause de la présence du CRTEn (Centre de Recherches et des Technologies de l'Énergie) sur le site du technopôle et les entreprises industriels de la région.

Cependant il faudrait chercher les mécanismes nécessaires pour inclure les institutions qui ne sont pas installées sur les technopôles.

## 18 Mécanismes et ressources à mobiliser au niveau des entreprises pour une R&D efficiente

### 18.1 Programme National de Recherche Innovation (PNRI)

Le PNRI est l'un des moyens d'incitation des entreprises à encourager la R&D, le seul moyen qui leur permettrait de créer de la valeur. Le PNRI a pour objectif de développer la recherche appliquée et de consolider la coopération entre le tissu industriel et le secteur de la recherche. Le programme national de recherche et d'innovation a été mis en place en 2003 afin de lancer des projets de recherche et d'innovation technologique réalisés en collaboration entre les structures de recherche, des entreprises industrielles et des centres techniques sectoriels.

Ce programme a pour finalité de mieux répondre aux demandes de l'industrie tunisienne quant au développement de l'innovation technologique et à l'amélioration de ses produits et de sa compétitivité. Il a pour objectifs de :

- 1) Soutenir les efforts déployés en matière de recherche, d'innovation et de créativité ;
- 2) Renforcer le recours aux brevets et le transfert technologique ;
- 3) Valoriser les compétences des ressources humaines et les résultats des recherches réalisées au sein des structures de recherche. Des études ont été réalisées en collaboration avec les centres techniques et des entreprises industrielles afin de déterminer les thématiques prioritaires à retenir dans le cadre de ce programme.
- 4) L'entreprise impliquée dans le projet contribue à son financement à hauteur de 20% du coût total.

## 18.2 Commentaires et recommandation pour des PNRI plus efficaces

Commentaires/propositions pour booster les PNRI :

- 1) Faible synergie entre monde de la recherche et les entreprises. Ces dernières se doivent de créer de la valeur en innovant, et ainsi continuer à produire de la richesse. Une part des gains de l'entreprise (encouragement à la recherche) doit être consacrée à la R&D dans un monde en pleine évolution.
- 2) Qui dit R&D dit « brevets d'invention ». Malheureusement, le recours aux brevets reste très faible, pour diverses raisons. Cette culture doit être peu à peu ancrée dans les entreprises et dans les structures de recherche. Des mécanismes réfléchis et adéquats doivent être instaurés pour inciter les entreprises publiques et privées et les structures de recherche à mutualiser leurs efforts en vue de valoriser les idées, innover et créer de la valeur. *L'INNORPI doit jouer un rôle important dans ce cadre.*
- 3) *Il serait judicieux d'évaluer les PNRI dédiés à la R&D dans le domaine de l'énergie d'une façon générale, et dans le domaine des ER et de l'EE en particulier. Les fonds demeurent assez insuffisants pour que la R&D dans le domaine de l'énergie crée de la richesse.*

## 18.3 Prime d'Investissement en Recherche & Développement (PIRD)

Il est utile de rappeler que la PIRD est une subvention qui offre aux entreprises publiques et privées ainsi qu'aux associations scientifiques l'accès à la veille technologique et à l'innovation. Elle appuie les projets de recherche dans toutes leurs phases de l'étude jusqu'à la réalisation. Ce mécanisme couvre toutes les activités économiques du secteur industriel, de l'agriculture et des services.

La PIRD vise à hisser le niveau technologique du tissu économique.

***La PIRD est fixée à un plafond de 100.000 dinars, somme que nous considérons assez faible pour conduire des projets de recherche-développement.***

La PIRD a pour objectifs de :

- 1) Rehausser et renforcer le niveau technologique des entreprises,
- 2) Soutenir l'effort de R&D notamment dans toutes ses composantes (Recherche appliquée, Développement expérimental : prototypes, installations pilotes, etc.),
- 3) Concevoir de nouveaux produits,
- 4) Améliorer les produits existants,
- 5) Etablir de nouveaux procédés,
- 6) Mettre au point la formulation,
- 7) Réaliser des essais en laboratoire,
- 8) Développer de nouvelles technologies,

- 9) Les études nécessaires au développement de nouveaux produits ou de nouveaux procédés de production, la réalisation des expériences et des essais techniques de prototypes ainsi que les expérimentations sur terrain, et l'acquisition d'équipements scientifiques de laboratoire nécessaires à la conduite de projets de recherche-développement sont éligibles par la PIRD.
- 10) Sont éligibles, les associations scientifiques, les entreprises privées, et les entreprises et établissements publics qui opèrent dans les secteurs suivants :
  - Le secteur industriel,
  - Le secteur agricole et de la pêche,
  - Les activités de services suivantes :
    - Les services informatiques,
    - Les services d'études, d'expertises et d'assistance,
    - Les services environnementaux,
    - Les services de la santé.

#### 18.4 Commentaires et recommandation pour des PIRD plus efficaces

Commentaires/propositions pour booster les PIRD :

- 1) La PIRD est l'un des moyens d'incitation qui pourrait être renforcé après une évaluation efficace des résultats obtenus par les projets antérieurs. Cette évaluation permettrait une nouvelle relance et une meilleure utilisation des fonds, qui demeurent assez insuffisants pour que la R&D dans le domaine de l'énergie crée de la richesse.
- 2) Les objectifs de la PIRD cités ci-dessus et les moyens financiers alloués ne sont pas compatibles.
- 3) Le développement de nouvelles technologies et/ou de nouveaux produits impose une gestion fluide et des fonds assez conséquents.

#### 18.5 Le cluster ER & EE

Les clusters constituent de bons scénarios pour une meilleure synergie pour tous les domaines. Pour le secteur des ER et EE, le cluster "TUNICREEE" (<https://tunicreee.org/>) a été mis en place pour rassembler tous les acteurs socio-économiques et académiques. Il a pour missions de :

- Créer des synergies par la mise en relation des entreprises opérant dans le domaine des ER et EE,
- Promouvoir le partenariat public-privé (PPP) en matière d'énergie et renforcer les capacités des acteurs et intervenants du cluster,
- Identifier les obstacles qui entravent la transition énergétique en Tunisie et proposer des solutions pour faciliter la mise en œuvre de la stratégie nationale de transition énergétique,
- Favoriser le développement économique, commercial et technologique de ses membres,
- Contribuer à la réflexion stratégique de la filière ER et EE,
- Appuyer les entreprises dans le domaine des ER et EE pour de nouvelles opportunités d'affaires nationales et internationales,
- Assurer une veille de marché et la recherche de nouveaux marchés et partenariats pour les entreprises tunisiennes dans le domaine des ER et EE,
- Mener des activités de partenariat et de réseautage avec des institutions étrangères, notamment méditerranéennes,

- Développer des partenariats entre les structures d'appui et de R&D d'une part et les industriels des ER et EE d'autre part,
- Promouvoir la R&D et l'innovation ainsi que la mise en commun des moyens en la matière,
- Accélérer l'échange des savoirs et de l'expertise,
- Développer des chaînes de valeurs et organisation de la profession, et
- Renforcement des capacités des acteurs et intervenants du Cluster.

## 18.6 Commentaires et recommandation pour le cluster ER et EE

Le cluster ER & EE pourrait faire une importante valeur ajoutée au secteur des ER et EE en Tunisie. Cependant, avec sa structure actuelle, il pourrait buter sur des problèmes assez complexes ; nous citons en particulier le bénévolat, la différence de perception et de priorités des acteurs du secteur académique et du secteur industriel.

## 18.7 Conclusion

Dans le domaine de la R&D et de l'innovation, recherche publique et entreprise ont toujours eu des orientations et des motivations différentes, freinant la convergence des perspectives, bien que depuis le début des années 1990, beaucoup a été fait pour favoriser un état d'esprit collaboratif en développant des associations et des synergies à travers des programmes bien suivis. Notons que les dynamiques enclenchées n'ont pas été à l'abri de revers ou replis ; certaines conditions décisionnelles et stratégiques sont nécessaires pour les préserver et surtout pour pérenniser ce caractère vertueux, de telle sorte que chacune des parties ait à y gagner.

D'une façon générale, il est important, que les moyens (financiers, humains, organisationnels...) soient à la hauteur des ambitions. Deuxièmement, les bonnes bases et les bonnes « briques » sont indispensables, mais il y faut également la bonne volonté et les compétences de tous ceux qui, en tant qu'acteurs, contribuent à façonner concrètement le système dans son ensemble et ont pour mission de le faire fonctionner. Troisièmement, le système tunisien de recherche et d'innovation n'étant pas un bloc uniforme de normes et de pratiques en matière de relations public-privé, les propositions d'amélioration envisageables ne sauraient être pertinentes toujours et en tout endroit.

## 19 Mécanismes et moyens nécessaires à l'intégration et au rapprochement du secteur tunisien de la R&D dans les programmes internationaux de pointe

### 19.1 Présentation des programmes

La Tunisie est engagée avec l'Europe dans trois grands programmes de R&D, en plus des projets bilatéraux et multilatéraux. Ces trois grands programmes constituent des piliers pour une meilleure visibilité internationale de l'enseignement supérieur et la recherche scientifique [10-15].

Tous les programmes Tunisie – Europe sont coordonnés par la Délégation de l'Union Européenne (DUE). Cette coordination est faite étroitement avec les ambassades des Etats membres de l'UE. La DUE a la responsabilité de suivi des relations commerciales, agricoles et de coopération entre la Tunisie et l'UE.

Ces programmes sont :

- 1) Les programmes intra-communautaires de la CE en 2014-2020 formés par le programme H2020, devenu maintenant le programme Horizon Europe (2021-2027) et le programme Erasmus+.

- Les objectifs de chacun des programmes H2020 (2014-2020) et Horizon Europe (2021-2027) sont comme suit :

Pour le H2020, les objectifs étaient :

- Renforcer l'excellence scientifique,
- Développer un leadership industriel, et
- Relever les défis sociétaux.

Pour le programme Horizon Europe, les objectifs sont :

- Renforcer les bases scientifiques et technologiques de l'UE,
- Stimuler sa compétitivité, y compris celle de son industrie,
- Concrétiser les priorités politiques stratégiques de l'union,
- Contribuer à répondre aux problématiques mondiales, dont les objectifs de développement durable, et
- Ancrer plus profondément et concrètement encore la recherche et l'innovation dans un contexte marqué par les défis sociétaux et européens.

- Le programme Erasmus+, ayant pour objectif de donner aux étudiants, aux stagiaires, au personnel et aux volontaires la possibilité de séjourner à l'étranger pour renforcer leurs compétences et accroître leur employabilité. C'est un programme qui fait des actions dans l'enseignement, la formation, et la jeunesse et le sport.

2) Le programme joint Europe – Afrique sur l'énergie, devenu actuellement le programme LEAP-RE 2015-2030 (Long-Term Joint European Union – Africa Union Research and Innovation Partnership on Renewable Energy (2015-2030)) auquel la Banque Mondiale (BM) et l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE) ont adhéré. A noter que ce programme est une dérivation du programme H2020, financé par l'UE, mais aussi par la BM et l'AIE.

3) L'instrument Européen de voisinage (IEV) en 2014-2020, lui-même contenant le Programme de Coopération Transfrontalière dont l'objectif général est d'aider à partager le progrès entre les états de l'UE et leurs voisins. Il concerne 14 pays du bassin méditerranéen. Pour la période 2021-2027, cet instrument est intégré à l'Instrument Européen de Voisinage, le Développement et la Coopération Internationale (NDICI). Cet instrument est formé des deux programmes suivants :

- Le programme de coopération transfrontalière (CTF), ayant comme objectifs :
  - Promouvoir le développement économique et social,
  - Relever les défis communs,
  - S'assurer de la sécurité et de l'efficacité des frontières,
  - Encourager la coopération entre communautés.
- Le Programme d'Appui à l'Accord d'Association (P3A). Il contient deux programmes ; le programme d'assistance technique et d'échange d'informations (TAIEX) et le programme de Jumelage.

## 19.2 Commentaires et recommandations

Dans le domaine des ER et EE, les structures de recherches tunisiennes ont participé ou participent encore à 172 projets de recherches dont 98 projets sont d'envergure internationale, ce qui représente 58% du total des projets. Avec trois projets sur cinq, nous estimons que la recherche

tunisienne ne manque pas globalement d'internationalisation.

Cependant, pour le mécanisme LEAP-RE, qui est dédié aux ER, l'implication tunisienne est pratiquement inexistante. Dans ce mécanisme, nous avons trouvé un seul projet "SIREVIVAL (2022-2025)" entre la Tunisie (CRTE n), la France, la Belgique et l'Algérie. Toutefois, il s'est avéré qu'après l'acceptation du projet, la Tunisie n'était pas éligible à un tel financement, faute de non-paiement de la cotisation relative à ce mécanisme.

A cet effet, spécifiquement, pour le mécanisme LEAP-RE, nous recommandons :

- 1) L'implication du MESRS dans ce programme par le paiement de la cotisation tunisienne,
- 2) Encourager les structures de recherche dans ce domaine à participer aux appels à projets de ce programme.

## 20 Synthèse de l'étude et actions à entreprendre

Les études que nous avons faites sur le recensement des différents acteurs académiques et industriels dans le domaine des ER & EE présentés dans le Livrable 1, et sur les différentes synergies académique-académique et académique-industriel présentées dans le Livrable 2 (ce document), ont permis d'identifier quatre familles d'actions qu'il est recommandé d'entreprendre pour rendre le potentiel national tunisien de R&D en relation avec les ER et EE hautement profitable pour le pays. Ces actions sont :

1. Actions pour la gouvernance.
2. Actions pour le système éducatif et le monde académique.
3. Actions pour les projets de R&D et les projets d'Innovation.
4. Actions pour la dissémination.

La mise en œuvre de ces recommandations sera détaillée dans le "Plan d'action" ci dessous .

# Ensemble d'actions à entreprendre pour le secteur des ER & EE

## I. Actions pour la gouvernance

- 1) Soulager les procédures administratives dans le monde académique,
- 2) Créer le statut de l'Ingénieur Chercheur,
- 3) Repenser et généraliser les centres 4C dans les institutions universitaires,
- 4) Mettre en place des plateformes technologiques par Université et par Technopôle,
- 5) Créer une synergie entre le COSS de Borj-Cédria et le cluster TUNICREEE,
- 6) Créer des comités de réflexion et d'évaluation mixtes (MESRS + MIME),
- 7) Mettre en place un ICR (Impôt Converti Recherche) en créant un avantage fiscal pour les entreprises qui investissent dans les structures publiques de recherche,
- 8) Encourager les appels nationaux pour résoudre des problèmes liés à :
  - a) La perturbation du réseau de la STEG par les systèmes d'ER connectés,
  - b) L'audit et l'efficacité énergétiques dans les entreprises publiques,
  - c) Les onduleurs et les micro-onduleurs, etc.
- 9) Financer en partie la R&D en ER et EE par le Fonds de la Transition Énergétique (FTE),
- 10) Mettre en place un secrétariat d'état chargé de la Transition Énergétique du pays.

## II. Actions pour le système éducatif et le monde académique

- 1) Introduire l'enseignement de la sécurité énergétique à partir des premiers niveaux d'enseignement,
- 2) Valoriser les brevets,
- 3) Limiter en nombre et dans le temps l'exode des enseignants-chercheurs,
- 4) Augmenter les moyens des universités intérieures,
- 5) Impliquer les universités privées,
- 6) Encourager la formation croisée entre le monde académique et le monde industriel.

## III. Actions pour les projets de R&D et les projets d'Innovation

- 1) Évaluer les VRR par une commission mixte pour rapprocher le MESRS des ministères concernés.
- 2) Assurer l'éligibilité de la Tunisie dans les projets internationaux comme le LEAP-RE qui concerne les ER & EE,
- 3) Transformer les mécanismes PAQ-PAES, COLLABORA et MOBIDOC en projets continus,
- 4) Penser au recyclage des équipements utilisés dans les installations à ER,
- 5) Donner des avantages financiers pour les coordinateurs de projets académiques et industriels,
- 6) Demander aux structures de recherche (LR et UR) d'intégrer un projet de recherche en relation directe avec l'industrie,
- 7) Former des consortiums de recherches par thématique : Matériaux, Solaire Photovoltaïque, Solaire Thermique, Eolien, Hydrogène vert, Valorisation énergétique des déchets, Systèmes ER, EE, Perturbation du réseau de la STEG, Onduleur, etc.

## IV. Actions pour la dissémination

- 1) Encourager l'organisation de manifestations scientifiques mixtes (académie – industrie),
- 2) Organisation de forums annuels et de journées portes ouvertes dans les institutions universitaires,
- 3) Créer au niveau du MIME, un portail constamment mis à jour, abritant les données des institutions industrielles et leurs besoins,
- 4) Créer au niveau du MESRS, un portail constamment mis à jour, abritant les bases de données nationales sur les structures de recherche, les projets de recherche nationaux et internationaux, les thèses de doctorats et les brevets,
- 5) Mettre en place l'organisation annuelle ou biennale d'une conférence nationale sur les ER & EE.

---

## 21 Références

---

- [15] TDRs de l'appel à consultation, ANME n° 7/2022.
- [16] Livrable 1/3 de l'appel à consultation, ANME n° 7/2022.
- [17] Banque Mondiale : <https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/>
- [18] Wikipedia :  
([https://fr.wikipedia.org/wiki/Statistiques\\_mondiales\\_de\\_recherche\\_et\\_developpement](https://fr.wikipedia.org/wiki/Statistiques_mondiales_de_recherche_et_developpement))
- [19] SCOPUS : <https://www.scopus.com/>
- [20] WOS : <https://www.clarivate.com/products/web-of-science>
- [21] Scival, Elsevier : <https://www.scival.com/>
- [22] Programme PromESsE : <https://promesse.uvt.tn>
- [23] ANPR : Agence Nationale de Promotion de la Recherche scientifique, Tunisie :  
<http://www.anpr.tn/>
- [24] Programme Horizon2020 : <https://www.horizon2020.gouv.fr>
- [25] Programme LEAP-RE : <https://www.leap-re.eu>
- [26] Programme Erasmus+ : <https://www.erasmusplus.tn/ListeProjetsTunisienCBHE.htm>
- [27] Projets de la Délégation de l'Union Européenne (DUE) en Tunisie : [https://ue-tunisie.org/projetsCarte-212\\_carte.html](https://ue-tunisie.org/projetsCarte-212_carte.html)
- [28] Programme PHEMAC : <https://ihub.phemac.eu/rialto>
- [29] IEV : <https://www.touteurope.eu/l-europe-et-moi/instrument-europeen-de-voisinage-iev/>

# SYNTHESE DU PLAN D'ACTION

## Préambule

Selon les termes de références (TdR) de cette étude, trois livrables doivent être présentés et discutés avec le comité scientifique de l'ANME. Ces livrables sont :

1. Livrable 1/3 : État des lieux
2. Livrable 2/3 : Scénarios de rapprochement du monde académique et du monde socio-économique
3. Livrable 3/3 : Plan d'actions

Après la validation des deux premiers livrables, les experts ont entamé une série de réunions (quatre réunions au total) avec le comité scientifique de l'ANME conformément aux termes de références, et ce pour établir un plan d'actions basé sur les recommandations conclues au cours de ces réunions (voir TdR). Ci-après, la synthèse des procès-verbaux des quatre réunions tenues au siège de l'ANME, le 07 mars, le 1<sup>er</sup> juin, le 20 juin et le 07 juillet, 2023.

Ci-après la synthèse des recommandations sur lesquelles les membres de la commission se sont mis d'accords avec les experts.

## Synthèse des actions proposées

Les discussions tenues au cours des quatre réunions entre les experts et les membres de la commission scientifique de l'ANME chargée de cette étude ont permis de dégager cinq familles d'actions :

- Actions pour la gouvernance,
- Actions pour le système éducatif et le monde académique,
- Actions pour les projets de R&D et les projets d'Innovation,
- Actions pour la dissémination,
- Actions pour la R&D.

### 22 Actions pour la gouvernance

#### 22.1 Mettre en place une plateforme technologique dédiée aux ER et EE

Malgré une croissance rapide du secteur au niveau mondial, le déploiement des énergies renouvelables est parfois limité par le manque de structuration de certains projets, ne leur permettant pas d'accéder à une collaboration effective recherche – industrie et d'obtenir le soutien financier nécessaire à leur réalisation. De plus, des freins persistent quant aux risques associés à l'utilisation de nouvelles technologies liées aux ER et à l'EE, à la complexité des procédures administratives, au manque de clarté des étapes de développement d'un projet et à l'accès à des financements adaptés.

Une plateforme dédiée aux ER et à l'EE est nécessaire pour l'accompagnement des monteurs de projets, permettant ainsi une meilleure compréhension des savoirs et des pratiques grâce auxquels ces projets réussissent. La plateforme met aussi à la disposition des différents acteurs, les différents moyens de financement ainsi que les connaissances et les outils nécessaires pour accéder aisément à des financements.

## **22.2 Créer des comités de réflexion et d'évaluation mixtes (MESRS + MIME) dédiés aux ER et EE**

La proposition et l'évaluation des projets de R&D dans le domaine des ER et EE doit être faite en concertation entre le MESRS et le MIME ; la création d'une commission mixte de proposition et d'évaluation des projets permet de rapprocher les deux ministères concernés, et permettrait de mettre en évidence, le cas échéant, les difficultés rencontrées.

Ce rapprochement entre le MESRS et le MIME est plus que nécessaire pour que les retombées valorisables de la recherche aient un impact et une valeur ajoutée sur le monde socio-économique d'une façon générale et le secteur en particulier.

## **22.3 Proposer un ICR (Impôt Converti Recherche) en créant un avantage fiscal pour les entreprises qui investissent dans les structures publiques de recherche**

L'état tunisien a mis au point des mécanismes qui incitent les entreprises à interagir avec les établissements d'enseignement supérieur et de recherche. On peut citer la mise en place des Programmes de Recherche Fédérés (PRF), qui a permis de franchir une étape substantielle sur la voie de l'organisation des activités du système national de R&D et ce, à travers la mobilisation des compétences et la création de synergies entre les structures de recherche et leurs partenaires, publics ou privés, concernés par le développement du secteur de la recherche scientifique et de la technologie. Cependant, la motivation de l'entreprise à la R&D reste en deçà de nos espérances. L'une des solutions est d'inciter financièrement l'entreprise industrielle (comme pour les VRR) à l'image de la subvention qui a accompagné les programmes PROSOL et PROSOL ELEC, ou à l'image de l'avantage fiscal créé pour les investissements dans les CEA (Compte Epargne Action), etc. La synergie recherche – industrie nécessite la mise au point d'un texte donnant un avantage fiscal (Impôt Converti Recherche (ICR)) pour toute entreprise participant activement à un VRR ou à tout autre projet de R&D (à définir) en tenant compte du montant investi dans l'assiette imposable de l'entreprise.

## **22.4 Favoriser l'implication des compétences tunisiennes dans les études à envergure nationale qui concernent les ER et l'EE**

L'implication des compétences tunisiennes dans les études de développement des ER et de l'EE est plus que souhaitable, voire nécessaire. Cette action pourrait freiner la dynamique migratoire dans un secteur hautement stratégique. Ces compétences forment la base d'une diaspora scientifique dont le niveau d'implication dans le développement des ER et EE du pays, est marqué par une certaine ambivalence. Les compétences tunisiennes dans ce domaine technologiquement stratégique rencontrent plusieurs obstacles expliquant un niveau d'engagement relativement limité. Ces compétences n'ont pas toujours bénéficié de conditions favorables pour s'impliquer dans certaines études à envergure nationale. L'absence d'une vision claire de la part de l'administration, dans le processus d'intégration des compétences, reste un sujet d'actualité et constitue un des freins les plus saillants à leur implication.

## 22.5 Mise en place d'une structure de gestion des activités de l'ANME avec le monde académique

Nous rappelons que la mission de l'ANME est de concevoir et mettre en œuvre la politique de l'État dans le domaine de la maîtrise de l'énergie. Ceci se traduit par la promotion de l'utilisation rationnelle de l'énergie, le développement des ER et la transition vers une énergie plus respectueuse de l'environnement.

De plus, l'ANME est assez impliquée avec le monde académique à travers certains projets de recherche PRF, H2020, etc. Il serait donc intéressant d'améliorer cette synergie entre cette agence stratégique et le monde académique afin de valoriser certaines actions de R&D qui intéressent de près l'ANME du point de vue valorisation.

Dans un premier temps, il est intéressant de recenser les activités de l'ANME faisant appel au monde académique et de pérenniser cette action en mettant en place une structure de gestion qui s'occuperait du suivi de ce type d'actions.

## 22.6 Financer en partie la R&D en ER et EE par le Fonds de la Transition Énergétique (FTE)

Entre autres actions, le FTE peut fournir des primes pour l'octroi d'équipements nécessaires à booster la R&D dans le domaine des ER et EE. Une réflexion sur les modalités et les conditions d'octroi des primes est nécessaire.

## 23 Actions pour le système éducatif et le monde académique

### 23.1 Encourager l'enseignement des notions d'ER & EE dès l'école primaire

On s'est toujours interrogé sur la qualité et la valeur ajoutée de l'enseignement des sciences dans l'école primaire. Cette question a renouvelé l'intérêt de l'enseignement de l'énergie en pointant la nécessité d'une progression tout au long de la scolarité. En outre, on assiste, dans plusieurs pays à une évolution de l'enseignement des sciences qui intègre toujours plus explicitement la question des liens sciences-société. Les enjeux éducatifs liés à l'énergie sont donc à la fois de construire progressivement le concept scientifique mais aussi d'éduquer à l'énergie dans une perspective de développement durable.

### 23.2 Encourager la formation par alternance et les formations co-construites

Longtemps cantonnées aux élèves les plus faibles ou aux jeunes adultes en difficulté sur le marché du travail, les formations en alternance se sont pour ainsi dire « banalisées ». Aujourd'hui des élèves ingénieurs sont en apprentissage. Les contrats de formation en alternance ont meilleure presse que les stages, vécus comme une simple découverte du monde du travail et non pas comme une occasion d'acquérir une véritable expérience. La formation par alternance et les formations co-construites sont devenues une voie de professionnalisation appréciée et efficace.

### 23.3 Promouvoir les activités des clubs en matière d'ER & EE

Les clubs ont leur importance dans l'accompagnement des politiques publiques de développement des ER et de promotion de l'EE, afin de contribuer à la sensibilisation des jeunes au danger du changement climatique en limitant les émissions de gaz à effet de serre et à atténuer les effets du changement climatique.

## 24 Actions pour les projets de R&D et les projets d'Innovation

Ci-après la synthèse des actions de R&D sur lesquelles les membres de la commission se sont mis d'accords avec les experts. Ces actions sont présentées sans respecter un ordre particulier.

### 24.1 Encourager la valorisation des résultats de R&D

Cette action est plus que nécessaire (même évidente) pour le développement technologique d'un pays. La valorisation est la colonne vertébrale de l'innovation. Cette dernière constitue un enjeu stratégique pour améliorer l'avantage concurrentiel des entreprises et leur permettre de trouver des relais de croissance. À cet égard, **la valorisation des investissements en R&D** est un enjeu stratégique. L'objectif est de convertir des investissements en recherche en innovations de produits ou de services qui correspondent à une demande solvable sur le marché.

### 24.2 Impliquer l'ANME dans l'élaboration et l'évaluation des PRF et des VRR

Il est important que les projets de R&D comme les PRF et les VRR, relatifs aux ER et à l'EE, respectent les priorités de l'Etat dans ces domaines. C'est pour cette raison qu'on recommande d'associer l'ANME dans le balisement des priorités dans ces domaines ainsi que dans l'évaluation des projets ; ce qui permettrait de mieux choisir les projets et de mieux guider les priorités dans ces domaines.

### 24.3 Catalyser le rapprochement entre le monde académique et le monde socio-économique

L'une des actions importantes est de rapprocher le monde académique du monde socio-économique. L'Université et les centres de recherche doivent développer des partenariats avec le monde socio-économique et valoriser l'ensemble des résultats de recherche issus de leurs laboratoires par les moyens les plus adaptés et ainsi mettre en place des dispositifs permettant de soutenir les actions de valorisation via :

- Le développement de partenariats avec le monde socio-économique par le biais de projets de recherche, impliquant l'ANME (organisme appliquant la politique de l'Etat dans le domaine des ER et EE), comme agence catalyseur entre les différentes parties.
- Diffuser, faire connaître et valoriser et transférer les résultats à forte valeur ajoutée, issus des résultats de recherche de l'Université et des centres de recherche.
- L'ANME pourrait jouer le rôle de catalyseur dans la création des entreprises avec l'appui du MIME et du MESRS (ANPR).

## 25 Actions pour la dissémination

### 25.1 Organiser des Journées Nationales annuelles sur la transition énergétique (foires, conférences, workshops, formations, hackathon, etc.)

Face à l'urgence climatique, plusieurs pays et entités politiques ont inscrit dans leur législation un objectif de neutralité carbone d'ici 2050. Parce que cette thématique est riche et ses enjeux majeurs, l'organisation annuelle de Journées Nationales sur la transition énergétique éclairciront la neutralité carbone dans toutes ses dimensions. Des conférences plénières, des workshops, des foires, etc., aspireront à informer les différents acteurs de la société civile des dernières nouveautés nationales et internationales intéressant la transition énergétique dans notre pas. Ce thème sera analysé sous des prismes et points de vue multiples : scientifiques, économistes, experts en énergie, environnementaliste, politiciens, journalistes, médias, etc.

## 25.2 Organiser des journées large public : formation vulgarisée, portes ouvertes

La vulgarisation consiste au fait à diffuser pour le grand public des connaissances, des idées, des produits, etc. Elle consiste à expliquer une problématique de façon simple et de la mettre à portée d'un public non expert. IL s'agit de permettre au public d'accéder, et en particulier aux cultures scientifiques, techniques, industrielles ou environnementales, à travers des journées "grand public" (portes ouvertures, formation vulgarisée etc.). De nos jours, il est plus qu'important de faire comprendre aux citoyens les enjeux et la situation énergétiques de notre pays, et l'influence des acteurs étrangers sur la transition énergétique adoptée. Une des voies efficaces est d'engager le citoyen dans cette « bataille » en simplifiant et en vulgarisant notre discours.

## 25.3 Médiatisation dynamique de la transition énergétique

Sans les médias internationaux et nationaux nous n'aurions pas pris connaissance de l'instabilité des prix de l'énergie sur le marché mondial, des inquiétudes liées aux pénuries énergétiques et des records de sécheresse affectant la production agricole à un moment où les prix des denrées alimentaires augmentaient déjà. Les médias nous ont permis de prendre connaissance des effets de la guerre en Ukraine et ses conséquences sur l'approvisionnement énergétique mondial, ainsi que l'aggravation des effets du changement climatique de l'année 2022 dans le monde entier. Ces problématiques sont liées entre elles. Si on peut lever le défi de la transition énergétique et remplacer les combustibles fossiles par d'abondantes ressources énergétiques renouvelables, on peut diminuer les prix de l'énergie, réduire les émissions de carbone ainsi que les futurs risques associés au changement climatique, y compris l'impact sur la production alimentaire. Dans ce cadre, la mise en place d'une émission médiatique dédiée aux ER et à l'EE est plus que souhaitée afin que le citoyen prenne conscience des différents enjeux énergétiques auxquels notre pays est confronté.

## 26 Actions pour la R&D

Ci-après la synthèse des actions de R&D sur lesquelles les membres de la commission se sont mis d'accords avec les experts. Ces actions sont présentées sans respecter un ordre particulier.

### 26.1 Recyclage des composants et des systèmes énergétiques en fin de vie

Dans la transition énergétique nationale, il est recommandé d'ancrer une politique d'économie circulaire qui donnerait de nouvelles vies aux différentes installations photovoltaïques, thermiques, éoliennes, etc. qui arrivent à leurs fins de vies, et/ou qui recyclerait leurs composants.

A titre d'exemple, la très grande majorité des matériaux composant les panneaux photovoltaïques au silicium – dont la durée de vie est d'au moins 30 ans – est recyclable. Plus de 90 % de la masse des panneaux (verre, plastiques et aluminium) peuvent être recyclés dans des filières industrielles. Les composants comme le silicium ou des métaux en bien plus faibles quantités (argent, cuivre, et autres complexes semi-conducteurs) sont, eux aussi, récupérables et recyclables. Certains pourront être réutilisés pour fabriquer de nouveaux panneaux photovoltaïques ou d'autres composants électroniques.

La mise en place d'un programme de recyclage des composants des systèmes considérés (installations photovoltaïques, éoliennes, thermiques, etc.) qui ont atteint leurs fins de vies est indispensable à moyen et à long termes.

## 26.2 Mobilité durable : électrique et autres

Outre les émissions de gaz à effet de serre, le secteur des transports induit des impacts environnementaux locaux (nuisances sonores, pollution de l'air, etc.) qui affectent la qualité de vie et la santé des citoyens. À ce titre, la transition du véhicule thermique vers d'autres types de mobilité doit figurer également parmi les priorités du pays. Face à ces problématiques environnementales et de santé publique, les pouvoirs publics doivent commencer à mettre en place des politiques publiques visant à faire émerger une mobilité plus propre. Les véhicules électriques représentent aujourd'hui la principale solution envisagée pour réduire les émissions de gaz à effet de serre du transport routier, en s'appuyant sur un parc de production d'électricité peu carboné. Si les véhicules électriques ne constituent pas la seule solution pour décarboner le secteur des transports, leur développement est sensiblement plus avancé que celui des technologies propres alternatives. Le développement massif du véhicule électrique constitue un défi et une évolution structurante pour les secteurs de l'énergie et des transports, et la réussite de ce développement nécessite que plusieurs conditions soient remplies. Outre les problématiques liées à l'accessibilité des bornes de recharge ou à l'évolution industrielle de la filière automobile, la maîtrise de la sécurité d'approvisionnement en électricité, des impacts environnementaux et des coûts pour la collectivité et pour l'utilisateur sont des facteurs de nature à faciliter l'intégration de la mobilité électrique.

## 26.3 Systèmes de stockage d'énergie

Dans le contexte actuel de transition énergétique, le stockage de l'énergie améliore l'efficacité énergétique et favorise l'insertion des ER variables. Elle apporte aussi sécurité et flexibilité aux réseaux. Le stockage de l'énergie concerne aussi bien la chaleur que l'électricité. Il consiste à « accumuler » l'énergie en vue d'une utilisation ultérieure en un lieu qui peut être identique ou différent du lieu de production. Dans le stockage thermique de l'énergie, on utilise de plus en plus des matériaux à changement de phase (MCP) performants. Pour le stockage électrique, les batteries restent l'un des moyens les plus utilisés. Outre les batteries, d'autres systèmes performants de stockage de l'électricité en courtes durées ont vu le jour, on cite en particulier les supercondensateurs. Dans ces systèmes le stockage d'énergie n'est pas réalisé grâce à un transfert de charges (comme pour les batteries) mais grâce aux interactions électrostatiques entre les ions de l'électrolyte liquide/gel et les charges électroniques à la surface des électrodes. La R&D est en pleine évolution dans ce domaine futuriste et en plein essor.

## 26.4 P2X : Hydrogène vert et autres

Les vecteurs énergétiques chimiques joueront un rôle essentiel pour les futurs systèmes énergétiques, où la transformation et l'utilisation des ER ne se produisent pas nécessairement au même moment et/ou au même endroit, d'où la nécessité d'un stockage à long terme et d'un transport à longue distance de l'énergie. Pour cela, les vecteurs énergétiques à base d'hydrogène, tels que l'hydrogène et l'ammoniac, sont très prometteurs. Leur utilisation par conversion d'énergie basée sur la combustion, présente de nombreux avantages, par ex. une utilisation polyvalente pour la chaleur et l'électricité, des technologies robustes et flexibles, et son adéquation à une transition énergétique continue. Cependant, la combustion de l'hydrogène et de l'ammoniac est très difficile, d'où une nécessité d'une R&D dans ce domaine prometteur.

## 26.5 Empreinte carbone

Quand il est question d'agir contre le réchauffement climatique, la majorité des scientifiques s'accorde à dire que réduire son empreinte carbone est le moyen le plus efficace, que l'on soit un particulier ou une entreprise. Mais de quoi s'agit-il exactement : Définition, grands principes et enjeux.

L'empreinte carbone est un indicateur qui vise à mesurer l'impact d'une activité sur l'environnement, et plus particulièrement les émissions de gaz à effet de serre liées à cette activité. Elle peut s'appliquer à une personne (selon son mode de vie), à des ménages, à une entreprise (selon ses activités), un territoire, ou encore à des produits. Cet impact est généralement exprimé en dioxyde de carbone équivalent ou CO<sub>2</sub>e. On utilise pour tous les gaz à effet de serre une seule norme rapportée au CO<sub>2</sub>. Cela revient ainsi à déterminer combien de CO<sub>2</sub> retiendrait la même quantité de rayonnement solaire et donc contribuerait au réchauffement climatique. Bien entendu, tous les modes de vie n'ont pas le même impact sur le climat. Les pays industrialisés sont de loin les plus grands pollueurs : dans la série des COP (Convention Of Parties) sur le changement climatique, l'Accord de Paris (COP 21 ou Conférence de Paris sur le climat en 2015) a pris ce facteur en compte pour :

- Développer des objectifs distincts selon les pays.
- Instaurer un principe de solidarité quant au déploiement de solutions bas-carbone, priorisées dans les pays à risque ou les moins développés.

## 26.6 Valorisation énergétique des déchets

Dans le monde, le pétrole assure 96% des besoins des transports, lesquels mobilisent 65% du pétrole consommé et participent à hauteur de 20% aux émissions de CO<sub>2</sub>. Afin de réduire la consommation de ressources fossiles, une des alternatives est notamment l'utilisation de « biocarburants ». Ces biocarburants sont classés en trois générations successives. Les biocarburants de première génération sont issus des parties alimentaires de plantes de grande culture : le bioéthanol et le biodiesel. Les biocarburants dits « avancés » de seconde génération sont issus de ressources lignocellulosiques (bois, résidus agricoles...) valorisées soit en bioéthanol soit en hydrocarbures de synthèse. Une troisième génération repose sur la culture de micro-algues productrices d'acides gras transformés en biodiesel. Les biodiesels de première génération, tout comme ceux de deuxième et troisième générations, sont sujets à certaines critiques notamment le CAS (changement d'affectation des sols) et la compétition alimentaire/énergétique.

### 26.6.1 Production de Biogaz

Le biogaz est le gaz produit par fermentation de déchets et des matières organiques. C'est un gaz combustible composé essentiellement de méthane et de dioxyde de carbone. Il peut être brûlé sur son lieu de production pour obtenir chaleur et électricité, ou purifié pour obtenir du biométhane utilisable comme gaz naturel pour véhicules ou injectable sur le réseau de distribution de gaz naturel. Les actions à envisager, outre la R&D, dans ce domaine en pleine expansion sont :

- événements/cours de formation par région cible visant à accroître l'acceptation du public
- promotion de la production durable de biogaz
- utilisation du matériel de formation des projets précédents
- formations sur des sujets spécifiques pour les opérateurs d'installations de biogaz

### 26.6.2 Production de biodiesel

La production de biodiesel, un substitut renouvelable au pétrodiesel, en est à ses balbutiements en Tunisie. La production de biodiesel soulève plusieurs enjeux de nature environnementale et socio-économique. Elle suscite également la curiosité dans le monde agricole alors que les producteurs sont directement interpellés en tant que fournisseurs potentiels de la matière première utilisée dans sa fabrication. La production de biodiesel, ses perspectives, ses

débouchés et les enjeux qu'elle soulève, fait aujourd'hui parler d'elle dans le domaine de la R&D en tant que substitut au pétrodiesel. Le biodiesel est élaboré à partir de substrats riches en matières grasses tels que les huiles végétales, les huiles de cuisson usées et le gras animal. Les huiles végétales utilisées sont extraites de plantes oléagineuses cultivées spécifiquement pour leurs grains ou pour leurs fruits riches en matière grasse.

### 26.6.3 Production de Biochar

Le terme 'biochar' est l'abréviation de 'bio-charcoal' du préfixe « bio » qui veut dire origine biologique et du mot anglais « charcoal » qui signifie charbon de bois. Il désigne un charbon d'origine végétale obtenu par pyrolyse de biomasse des matières organiques d'origine diverse. La pyrolyse est la décomposition thermique des matières organiques en milieu pauvre en oxygène, elle conduit à la production de trois constituants : un mélange gazeux constitués de gaz non condensable, le bio-huile et un résidu solide à forte teneur en carbone appelé biochar. Le biochar est un charbon qui peut être produit de manière artisanale ou industrielle. De manière conventionnelle (Initiative International sur le biochar), le terme biochar désigne toute matière organique carbonisée dans l'intérêt de l'appliquer au sol ou de séquestrer le carbone.

## 26.7 Impact de l'intégration massive des systèmes d'énergie renouvelable sur le réseau

L'un des domaines clés en matière de réseaux intelligents (Smart Grids) est l'intégration sûre des sources d'énergie renouvelables (SER) et des systèmes de stockage d'énergie (SSE). De nos jours, les systèmes SER (solaire, éolien, etc.), les SSE et les systèmes d'interconnexion (HVDC) sont connectés au réseau électrique via des convertisseurs DC/AC (IBR : Inverter Based Ressources). Actuellement, ces onduleurs sont appelés à fournir les services auxiliaires nécessaires pour le support du réseau et le maintien de la qualité de l'énergie.

En plus, les concepts émergents tels que celui du micro-réseau, de l'autoconsommation collective et de smart charging (V2G), sont à développer dans le contexte national.

## 26.8 Efficacité énergétique

Accroître l'efficacité énergétique dans les secteurs du bâtiment, de l'industrie, de l'agriculture et du transport est crucial pour réduire les dépenses énergétiques.

Dans ce contexte, plusieurs projets de R&D liés à ces quatre domaines sont à développer :

- **Le bâtiment** : Le secteur du bâtiment (résidentiel et tertiaire) représente une part importante de la consommation d'énergie finale et passera au premier rang des secteurs grands consommateurs d'ici 2030, si aucune stratégie de maîtrise d'énergie n'est mise en place. Le stock des bâtiments existants représente un gisement important d'économie d'énergie. Les actions à développer concernent les matériaux de construction et d'isolants pour les nouveaux bâtiments et pour la réhabilitation des bâtiments existants. De plus, la mise en place de systèmes intelligents de régulation et de gestion (gestion technique du bâtiment GTB, Gestion technique centralisée GTC) constitue elle aussi un excellent moyen d'améliorer la performance énergétique dans l'industrie, le tertiaire et le collectif et dans un bâtiment neuf ou en rénovation.
- **L'industrie** : L'amélioration de l'efficacité énergétique dans l'industrie passe notamment par l'électrification des processus industriels et par l'utilisation de systèmes intelligents de gestion

de l'énergie, ainsi que par l'amélioration de la rentabilité des technologies utilisées dans les industries clés, notamment les cimenteries.

- **L'agriculture** : Pour ce qui est de l'efficacité énergétique dans l'agriculture, les systèmes de production (machines, serres, pompage, etc.), de traitement (séchage, etc.) et de conservation (stockage et réfrigération) sont énergivores et les actions de recherche devraient cibler les économies dans toutes les étapes de production. La cogénération et le stockage de l'énergie constituent aussi des voies à entreprendre pour la rentabilisation énergétique des entreprises industrielles et agricoles.
- **Le transport** : Le monde se dirige vers une utilisation accrue de véhicules hybrides et électriques pour le transport des personnes et des marchandises. Une veille technologique ciblant les technologies les plus prometteuses ainsi que les outils pour une meilleure mobilité urbaine sont des actions à développer.