Quels leviers de développement pour l'environnement au Maroc ?

30 JANVIER 2021

- SAFIA EL YAZIDI
- NAWAL ESSALLOUMI
- ABDELKADER ZAHI
- YOUSSEF MOSSADEK
- HICHAM MOULINE

EGE Rabat – MSIE01 – 2019-2020

Sommaire

PERIMETRE DU PROJET 7
EFFET FINAL RECHERCHE 7
DEVELOPPEMENT DURABLE 8
DU DEVELOPPEMENT DURABLE A UNE ECONOMIE VERTE 9
DEMOGRAPHIE 13
Contexte 13
Démographie marocaine 14
Empreinte écologique marocaine 16
Analyse de la relation entre démographie et empreinte écologique 19
LE SECTEUR DE L'ENERGIE 20
Les ressources énergétiques : pour quels besoins ? 20
Les perspectives d'évolution de la demande mondiale 20
La dépendance aux énergies fossiles et les enjeux environnementaux 21
ENERGIES RENOUVELABLES : UNE NOUVELLE STRATEGIE DE PUISSANCE 23
Stratégie Nationale en EnR : Bref aperçu historique 23
Le mix energetique 26
L'électronucléaire et le contexte énergétique marocain 27
Le débat des Énergies renouvelables et leur réel impact écologique 28
Energie intermittente 29
Construction et cycle d'exploitation 29
Énergies renouvelables : Dépendance aux matières premières 29
Dépendance au béton 29
Dépendance au cuivre 30
Dépendance aux métaux rares 30
La polemique de la transition vers 100 % d'energie renouvelable : un modele crédible ou une utopie ? 33
L'ENERGIE NUCLEAIRE 34
Débat autour du nucléaire : Le nucléaire est-il bon pour l'environnement ? 34
L'énergie nucléaire dans le Monde 37
Les réacteurs du futur pour une énergie durable 39
Le nucléaire au Maroc 41
Synthèse du nucléaire au Maroc 42
BENCHMARK 44

Contexte 44
Meilleures pratiques internationales 44
Comparaison des règlementations existantes de déploiement des énergies renouvelables 46
1. LE MAROC 48
Ressources d'énergie 48
Efficacité énergétique 49
Cadre réglementaire marocain 50
2- LA TUNISIE 51
Ressources d'énergie 51
Cadre réglementaire tunisien 52
3. L'EGYPTE 54
Ressources d'énergie 54
Cadre réglementaire égyptien 55
4. LA JORDANIE 56
Ressources d'énergie 56
Cadre règlementaire jordanien 57
5. LE PORTUGAL 58
Ressources d'énergie 58
Cadre réglementaire 59
6. L'ALLEMAGNE 61
Ressources d'énergie 61
La stratégie de transition énergétique 63
Cadre réglementaire allemand 63
Système d'interconnexions énergétiques 65
Capacités de stockage énergétiques 65
Futurs projets d'énergies renouvelables 65
Constat important 65
7. LA TURQUIE 67
Ressources d'énergie 67
Cadre réglementaire turc 69
Projection dans le monde et l'impact de covid-19 69
Aperçu sur la stratégie de l'Union Européenne 70
Pays du MENA : Constat du benchmark 72
Synthèse : Positionnement du Maroc dans la région MENA 74

Comparaison Portugal – Allemagne - Turquie 76
Enseignements tirés de l'expérience des pays ayant connu des avancées en transition énergétique 77
8 . LA FRANCE 79
Ressources d'énergie 79
Cadre règlementaire français 81
Conclusion du benchmark 82
SCENARIOS 83
1. Scénario Hybride 83
Enoncé 83
Pré requis 83
SWOT 89
Suivi de mise en œuvre 90
2. Scenario Tournesol 92
Enoncé 92
Prérequis 93
SWOT 97
Suivi de mise en œuvre 98
3. Scénario fluorescent 99
Enoncé 99
Pré requis 99
SWOT 103
Suivi de mise en œuvre 104
PERSPECTIVES 105
ANNEXES 106
SOURCES 109

Liste des abréviations

AIE : Agence Internationale d'Energie
AIEA : Agence internationale de l'énergie atomique
AMEE : Agence Marocaine pour l'Efficacité Energétique
ANRE : L'Autorité de Nationale de Régulation de l'Electricité
ADEREE : Agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique
BOT: Contrats de BOT. Le BOT (Build, Operate, Transfer)
BP : British Petroleum
BT : Basse tension
CESE : Conseil économique, Social et Environnemental
CNESTEN : Centre National de l'Energie, des Sciences et des Techniques Nucléaires
COP : Conférence des Parties
CSP : Concentrating Solar Power
CEV : Centres d'enfouissement et de valorisation
D3E : DEEE « Déchets d'équipements électriques et électroniques »
DEPP : Direction des Entreprises Publiques et de la Privatisation
EE: Efficacité énergétique
EnR: Energies renouvelables
EWEC: Emirates Water and Electricity Company
FIT: Tarif de rachat garanti
GES : Gaz à effet de serre
GME : Gazoduc Maghreb Europe
GN(L) : Gaz naturel liquéfié
GPL : Gaz de pétrole liquéfié
GRD : Gestionnaire du réseau de distribution
GRT : Gestionnaire du réseau de transport
Gt : Géga tonne
GW : Géga-Watts
HT : Haute tension
HCP : Haut-commissariat au plan
IDE : Investissement Direct étranger
IPP : Producteurs d'électricité indépendants (Independant power producer)
IRENA : Agence Internationale pour les énergies renouvelables
IRESEN : Institut de Recherche en Energie Solaire et Energies nouvelles
JV: Join venture
KW: Kilo Watts
KWh: Kilo watts heure
MASEN : Moroccan Agency for Sustainable Energy
MENA : Middle East and North Africa
MT : Moyenne tension
Mt : Méga-tonnes
Mtep : Mégatonne équivalent pétrole
MW : Méga-Watts

MWh : Méga-Watts heure
OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques
ODD : Objectifs de Développement Durable
ONEE : Office National de l'électricité et de l'Eau
ONU : Organisation des Nations Unies
PDR : Plans de développement régionaux
PDU : Plan de déplacements urbains
PERG : Programme d'électrification rurale global
PFA : Projet de Fin d'Année
PME : Petites et moyennes entreprises
PNAP : Plan National d'Actions Prioritaires
PNUD : Programme des Nations Unies pour le Développement
PNDM : Programme national des déchets ménagers
PPA : Power Purchase Agreement
PPP : Partenariat Public privé
PTX : Power to X
PV : Photo voltaique
THT : Très haute tension
TPE : Très petites entreprises
TW: Téra-Watts
TWh : Téra-Watts heure
UE: Union Européen

PERIMETRE DU PROJET

- Géographique : Le Maroc
- Temporel : A l'horizon 2030
- Volets couverts : :
    - Démographie
    - Développement durable
    - Economie verte
    - Energies

EFFET FINAL RECHERCHE

- Proposer 3 scénarii pour le mix énergétique du Maroc à l'horizon 2030 en considérant le facteur environnement.

DEVELOPPEMENT DURABLE

Le concept de développement durable est apparu pour la première fois sur la scène internationale en 1987 dans le rapport Brundtland de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement des Nations Unies . Il a été défini dans ce rapport comme : « un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures de répondre aux leurs ». L'idée d'un développement pouvant à la fois réduire les inégalités sociales et réduire la pression sur l'environnement due aux différentes révolutions qu'a connu l'Homme à travers son existence sur terre. En contrepartie, ce développement devrait maintenir, tout en intégrant les contraintes écologiques et sociales, une croissance économique de long terme.

Le concept du développement durable s'est mis en place en passant par les grands jalons suivants :

- 1972 : la conférence de Stockholm initiée par les Nations Unies sur l'environnement ;
- 1992 : la conférence de Rio sur l'environnement et le développement (où a été initiée la notion du développement durable) ;
- 2002 : le sommet mondial sur le développement durable ;
- 2012 : la conférence de Rio + 20 sur les dernières avancées dans le cadre du développement durable, où a été initié le thème de l'économie verte et l'éradication de la pauvreté.

En 2015, le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) a été appelé à contribuer à la mise en œuvre des Objectifs de Développement Durable (ODD) adoptés par 193 États membres. 17 objectifs ont ainsi été fixés s'avèrent interdépendants ; Lutter contre la menace du changement climatique influence notre façon de gérer nos ressources naturelles, parvenir à l'égalité des sexes ou à une meilleure santé contribue à éradiquer la pauvreté, et consolider la paix réduira les inégalités et contribuera à des économies florissantes.

Cet événement a coïncidé en 2015, avec l'accord historique de Paris (COP 21) et celui du Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe, ratifié au Japon en même année. Ces accords définissent un ensemble de normes communes et de cibles atteignables pour réduire les émissions de carbone, gérer les risques liés aux changements climatiques et aux catastrophes naturelles, et renforcer les capacités de relèvement post-crise.

D'où la question qui s'est posée par le président de l'Africa Progress Panel Kofi Annan **:** ***Le monde peut-il éviter une catastrophe climatique tout en mettant en place les systèmes énergétiques dont il a besoin pour assurer la croissance, créer des emplois et permettre à des millions de personnes de sortir de la pauvreté ?***

Cette question réside l'un des principaux enjeux du développement du XXIe siècle.

Le changement climatique oblige tous les pays à repenser la relation entre énergie et développement.

Compte tenu du contexte mondial où les discours climato-sceptiques se multiplient, Le Maroc, par l'initiative royale vers le développement durable, s'est engagé d'emblée dans des actions bien mesurées qui ne visent pas uniquement le court-terme mais qui s'inscrivent dans une vision à long-termes où les problématiques environnementales prennent une place prépondérante dans les choix politiques.

Le Maroc, depuis la première conférence de Rio en 1992, a ratifié trois conventions cadres :

- La convention-cadre des Nations Unies sur le changement climatique ;

- La convention sur la diversité biologique, vise à protéger l'ensemble de la diversité du vivant ;
- La convention sur la lutte contre la désertification.

Dans la même continuité de sa vision, le Maroc a lancé sa stratégie de développement durable (SNDD), qui favorise l'équilibre entre les dimensions environnementales, économiques et sociales, avec pour objectifs l'amélioration du cadre de vie des citoyens, le renforcement de la gestion durable des ressources naturelles et la promotion des activités économiques respectueuses de l'environnement.

En parallèle, pour concrétiser l'intégration des principes de développement durable dans les stratégies sectorielles, il a été également lancé :

- La Stratégie de Mise à Niveau de l'Environnement (MANE) ;
- L'Initiative Nationale de Développement Humain (INDH) ;
- La Loi Cadre portant Charte Nationale de l'Environnement et du Développement Durable, en application des orientations royales du Discours du Trône du 30 Juillet 2010 ;
- La Stratégie Nationale de Protection de l'Environnement (SNPE).

DU DEVELOPPEMENT DURABLE A UNE ECONOMIE VERTE

L'économie verte constitue une opportunité pour à la fois promouvoir l'innovation et respecter l'environnement.
Le but pivot étant de maintenir l'équilibre entre les impératifs du développement socioéconomique et l'utilisation rationnelle des ressources naturelles, préservant le droit des générations futures à jouir d'un pays stable.

Le contexte environnemental marocain connaît plusieurs problèmes (progression de la désertification, fragilisation des espaces forestiers, diminution du potentiel des ressources hydriques, dégradation accentuée des écosystèmes, perte de la biodiversité, etc.).

Fort de son engagement politique en matière de développement durable, le Maroc s'oriente vers la promotion de l'économie verte. Une Charte Nationale et une Loi Cadre de l'environnement et du développement durable ont été adoptées afin d'inscrire toutes les politiques publiques dans le cadre d'une stratégie nationale de développement durable.

La première phase a commencé depuis, par l'orientation vers une économie performante moins exposée aux aléas climatiques et dirige progressivement sa transition vers une économie verte.

Plusieurs chantiers, si concrétisés, peuvent constituer un levier de développement durable en plein cœur de la question de la protection de l'environnement tel que :

- Le Plan Maroc Vert dont le but n'est autre que l'augmentation de la production , la productivité agricoles et la préservation de son impact social par l'accompagnement des populations rurales au travers des projets d'agrégation, tout en jouant un rôle de protection et conservation des ressources naturelles, notamment par l'économie et la valorisation de l'eau agricole, la réduction de la pollution des sols, la promotion des énergies propres en agriculture.

- La stratégie énergétique et ses objectifs d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre et de protection des ressources naturelles, et ce par le développement des énergies renouvelables ;
- Le Plan Halieutis pour la pêche maritime et ses objectifs de protection de la biodiversité marine et de la régénération des ressources halieutiques ;
- La Vision 2020 du Tourisme et ses objectifs environnementaux, en particulier dans l'aménagement des complexes touristiques, le déploiement de la Charte marocaine du tourisme responsable, la promotion des écolabels du tourisme, etc. ;
- Le Plan Emergence pour l'industrie et ses contributions environnementales comme le déploiement de zones industrielles à « management vert ».
- L'adoption de la Stratégie Nationale de la Biodiversité qui vise la conservation de la diversité biologique, l'utilisation durable de ses éléments et le partage juste et équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques.
- L'adoption de la Stratégie Nationale de réduction et de Valorisation des Déchets qui vise à développer plusieurs filières dont celles de gestion des emballages (plastique, métal, papier, carton, verre, bois) ; de la gestion des huiles usées (lubrifiantes et alimentaires); de la gestion et valorisation matière des pneus hors usages ; de la gestion des batteries usagées ; de la gestion des différentes catégories des déchets des équipements électriques et électroniques (D3E) ; de gestion des déchets de construction et de démolition ; et de la gestion et de valorisation des véhicules en fin de vie.
- Le renforcement de son cadre juridique et réglementaire avec l'adoption de la nouvelle loi 36-15 qui vise la promotion de la gouvernance dans le secteur de l'eau à travers la simplification des procédures et le renforcement du cadre juridique relatif à la valorisation de l'eau de pluie et des eaux usées, la mise en place d'un cadre juridique pour dessaler l'eau de mer, le renforcement du cadre institutionnel et des mécanismes de protection et de préservation des ressources en eau et la refonte de la loi 28-00 sur les déchets, pour la recentrer sur la "gestion écologiquement rationnelle des déchets".

Cela nécessite donc de :

- Promouvoir et renforcer le développement durable
- Opter pour une économie verte
- Maîtriser la croissance démographique
- S'appuyer sur de nouvelles sources d'énergie.

L'économie verte n'implique pas uniquement la « création » de nouveaux emplois « verts », mais concerne également les métiers « traditionnels » auxquels viennent s'ajouter de nouveaux attributs ou compétences liés à l'économie verte. Ainsi, une considération des compétences liées aux nouveaux emplois verts ainsi qu'au verdissement des métiers traditionnels (plombiers, électriciens, ouvriers qualifiés, technico-commerciaux, entre autres) est incontournable.

Les emplois verts sont ceux qui contribuent à mesurer, prévenir, maîtriser et corriger les impacts négatifs et les dommages sur l'environnement, les écosystèmes et la biodiversité ; à minimiser la consommation de matières premières et toute forme de déperdition, et à permettre la transformation énergétique.

Les freins actuels des énergies renouvelables qui contribuent largement à la montée du développement durable et de l'économie verte se résument aux points suivants :

- L'existence d'un marché informel et non régulé des énergies renouvelables.
- Les technologies acquises ainsi que les services associés, ne prennent pas en compte les spécificités et les prérequis techniques dictés par l'environnement et les conditions existantes.
- Les technologies sont moins accessibles pour les ménages, les auto-entrepreneurs et les TPE d'un niveau socioéconomique plus bas (et dont le pouvoir d'achat est plus limité).
- L'accès très limité aux produits financiers et sources de financement spécifiquement dédiées aux énergies renouvelables.

Malgré les efforts d'un nombre croissant de pays en voie de développement, y compris le Maroc, à s'engager dans la transition énergétique, les études empiriques qui en évaluent l'impact sur le marché du travail sont limitées et non concluantes.

Pour récapituler, les domaines du développement durable vers l'économie verte reposent sur :

- **L'énergie** : via la stratégie Nationale énergétique lancée en 2009, qui s'inscrit dans le cadre des stratégies globales du développement au Maroc, ayant pour objectif de créer, au profit des citoyens, des conditions économiques, sociales et environnementales propices à une meilleure qualité de vie. Cette stratégie s'appuie sur un modèle énergétique marocain, basé sur la diversification des sources d'approvisionnement en énergie, l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la consommation électrique nationale, la généralisation de l'accès à l'énergie à des prix compétitifs, tout en en assurant un usage rationnel et en préservant l'environnement.
  La réalisation des objectifs de cette stratégie permet au Maroc de réduire la facture énergétique et de limiter sa dépendance énergétique de l'étranger.
  La stratégie énergétique vise à porter à 52 % au minimum la part des énergies renouvelables (EnR) dans le mix énergétique à l'horizon 2030.

- **L'agriculture :** Via le plan Maroc Vert qui repose sur deux piliers : l'agriculture moderne et l'agriculture solidaire a permis d'intégrer la durabilité socioéconomique en augmentant de manière significative le revenu agricole des exploitants les plus fragiles, et qui sera renforcé en prenant en considération une meilleure gestion des sols, une valorisation des déchets générés ou encore le renforcement de l'intégration de l'adaptation au changement climatique.

- **La valorisation :** Le Programme national des déchets ménagers (PNDM) a comme objectifs le recours à des pratiques d'élimination respectant l'environnement, la création d'emplois et la promotion des conditions socio-économiques des employés du secteur, notamment à travers la promotion des activités de tri, recyclage et valorisation, par le biais de la mise en place de 26 Centres d'enfouissement et de valorisation (CEV) pour un investissement global de 3,8 milliards DH et qui a permis d'atteindre un taux de mise en décharge des déchets d'environ 62%.

  Ainsi, à travers une démarche partenariale et collaborative impliquant tous les acteurs concernés aussi bien publics que privés, il a été procédé à l'identification et la mise en place des filières prioritaires ciblant notamment les batteries à plomb usagées, les pneus usés, les huiles de moteur usagées, le papier et carton, les huiles alimentaires usagées, les déchets des équipements électriques et électroniques, les déchets de construction et de démolition, les déchets incluant le plastique et les véhicules en fin de vie. Six conventions ont été signées avec le secteur privé afin

de structurer et développer 6 filières parmi celles recensées prioritaires sur l'ensemble du territoire. De même 10 autres filières sont en phase de diagnostic ou d'étude.

- **L'innovation**: via le programme de promotion de l'entrepreneuriat vert à travers l'organisation de compétitions annuelles visant à soutenir les projets les plus innovants, par un programme d'accompagnement et un appui financier.

  Lancé en 2016, ce Programme a permis d'accompagner 120 jeunes entrepreneurs et de contribuer au financement de 28 startups à hauteur de 4,4 M DH autour des thématiques liées à la valorisation des déchets, la gestion rationnelle de l'eau, l'efficacité énergétique, les énergies renouvelables, et le bâtiment vert.

  Les lauréats de ce concours avaient reçu une dotation financière pour l'acquisition d'équipements et de services, et un accompagnement technique personnalisé, destinés à les propulser sur le marché. Le Programme a permis de communiquer et d'informer sur les opportunités d'emplois verts qui vont émerger avec la mise en œuvre de la SNDD au niveau des secteurs et des territoires.

- **La formation :** La concrétisation des différents plans et stratégies lancés par le Maroc pour promouvoir l'environnement, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, est tributaire de la formation de profils spécialisés aux métiers verts. À titre d'exemple, l'ADEREE a conçu des modules de formation continue dans le domaine des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique. La formation des ingénieurs et techniciens au Maroc nécessite d'être renforcée sur le plan pratique plusieurs Masters et licences accrédités ou en cours avec des partenariats stratégiques.

Les gains attendus tournent autour des points ci-dessous :

- Par le biais des technologies vertes et de renforcement des capacités des agriculteurs, le Maroc serait en mesure de mobiliser les marges importantes dont il dispose en termes d'amélioration de la productivité agricole.
- La stratégie énergétique alignée avec la stratégie industrielle générera le transfert du savoir et du savoir-faire dans le domaine des technologies propres et de la production d'équipements verts.
- Le développement de nouvelles filières énergétiques et ainsi l'accréditation de la formation de nouvelles compétences professionnelles.

DEMOGRAPHIE

Contexte

La dynamique démographique est étroitement liée au développement durable. Aussi, il existe une forte interconnexion entre les problématiques énergétiques et la croissance démographique mondiale. Il en découle alors une dynamique nouvelle relative à la production, au transport et à la distribution de l'énergie, en adéquation avec l'évolution de la population.

La population mondiale a dépassé la barre des 7 milliards et va continuer d'augmenter d'après les prévisions des Nations unies. La croissance démographique met à mal les efforts déployés pour réduire la pauvreté, créer des emplois et assurer la sécurité alimentaire, énergétique et hydrique, tout en protégeant l'environnement naturel.

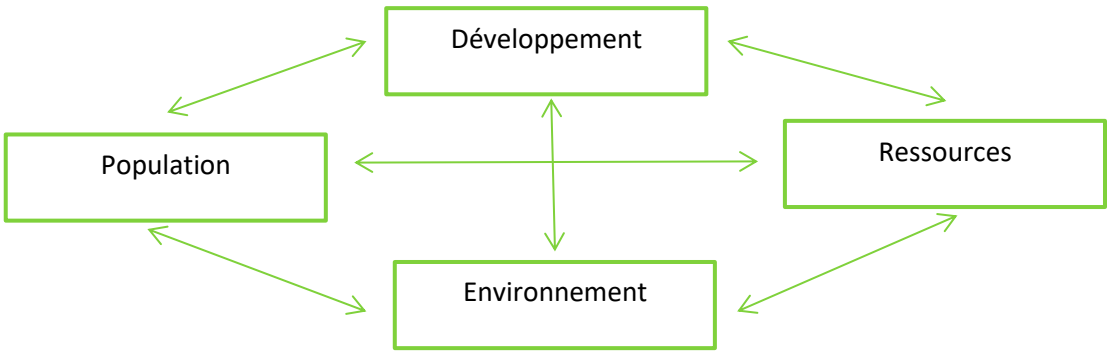
La croissance démographique, conjuguée à la hausse de la consommation, intensifie la pression qui s'exerce sur l'ensemble des ressources naturelles.

En plus du secteur agricole, les pays devront aussi accroître la production d'autres biens et services vitaux. Les hommes auront besoin de vêtements, de logements, d'eau, d'installations sanitaires et d'infrastructures ; il leur faudra aussi avoir accès aux soins de santé et à l'éducation. L'objectif de réduction de la pauvreté et d'amélioration du niveau de vie d'une population mondiale de plus en plus nombreuse soumettra à une pression accrue l'ensemble des ressources naturelles, et aura notamment des effets sur le climat, l'eau, les terres et les forêts

La relation population-ressources est surtout conditionnée par l'effectif de la population mais d'autres indicateurs démographiques sont à prendre en considération tel :

- la composition par âge de la population ;
- le solde migratoire ;
- la taille moyenne des ménages ;
- la répartition de la population sur le territoire.

La relation de cause à effet et d'interdépendance peut être illustrée comme ci-dessous :



La population :

- Consomme les ressources
- Participe au développement
- Interagit avec l'environnement

Démographie marocaine

La population actuelle du Maroc est de 37 056 130 habitants au dimanche 1er novembre 2020, sur la base de l'élaboration de Worldometer des dernières données des Nations Unies.

Les chiffres actuels indiquent que :

- La population du Maroc 2020 est estimée à 36 910 560 personnes en milieu d'année selon les données de l'ONU.
- La population du Maroc équivaut à 0,47% de la population mondiale totale.
- Le Maroc occupe la 40ème place dans la liste des pays par population.
- La densité de population au Maroc est de 83 par km2 (214 habitants par km2).
- La superficie totale du terrain est de 446300 km2 (172317 milles carrés)
- 63,8% de la population est urbaine (23551599 habitants en 2020)
- L'âge médian au Maroc est de 29,5 ans.
- Le taux de fécondité est de 2,4 en 2020
- Le taux d'accroissement démographique de 1,3 % sur la période 2015-2020

Au cours de la dernière décennie, le pays a enregistré une croissance démographique stable. La population totale a augmenté de 7,3 % entre 2003 et 2011, où tant le taux de natalité que le taux de fertilité ont diminué de 6,4 et 9,0 % respectivement. L'espérance de vie est en augmentation et la population du Maroc passerait, selon la variante moyenne, à 43,6 millions en 2050[HCP].

L'évolution démographique marocaine serait principalement urbaine, due en partie à l'exode rural et à l'urbanisation des zones rurales. Les villes marocaines abriteraient, en 2050, 73,6% des habitants du pays au lieu de 60,3% en 2014.

En parallèle, l'espérance de vie atteint des niveaux élevés et le taux de mortalité est en recul.

Les courbes de projections donnent comme prédiction ce qui suit :

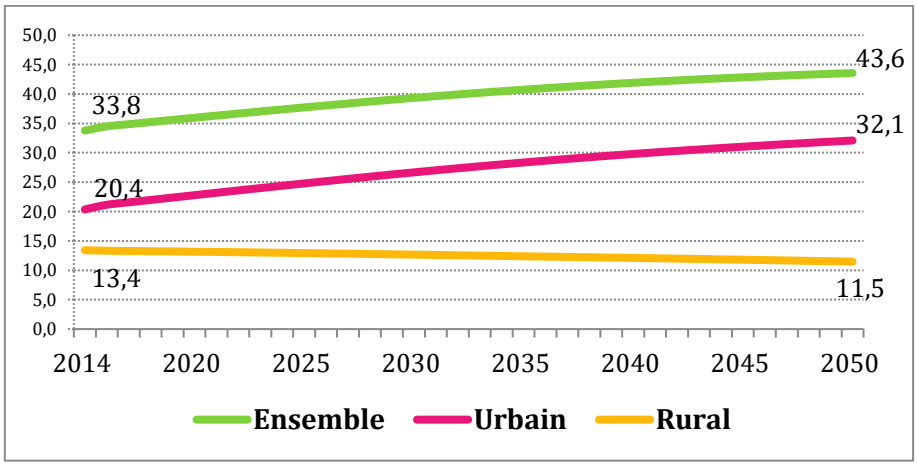


Figure 1 : Evolution de la population marocaine (en millions) par milieu de résidence entre 2014 et 2050

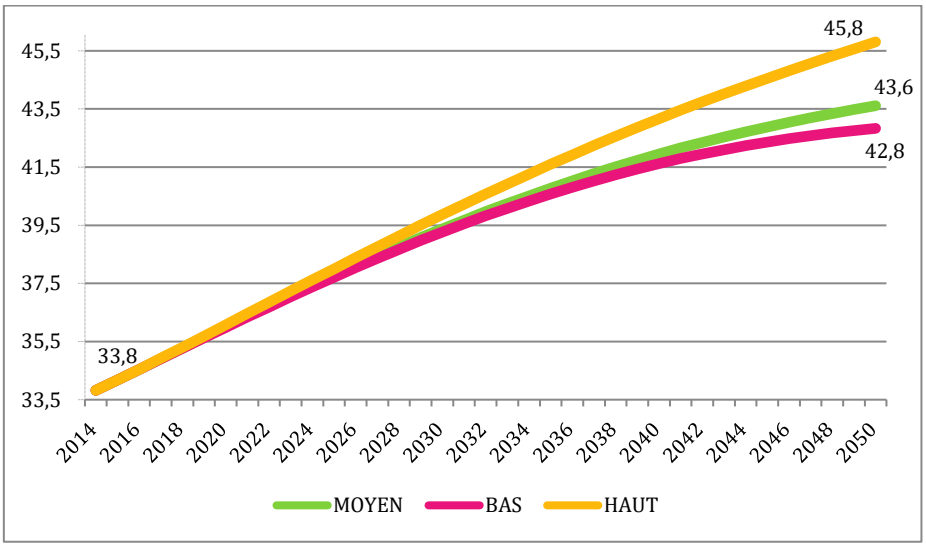


Figure 2 : Evolution de la population du Maroc par année civile entre 2014 et 2050, selon les trois variantes (en millions)

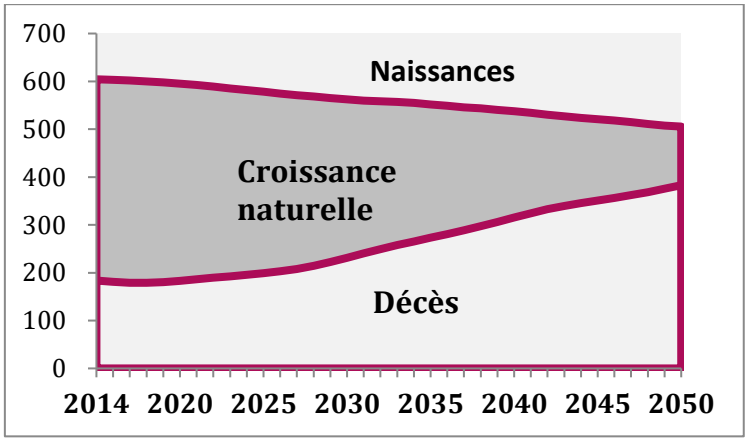


Figure 3: Evolution des naissances et des décès pour l'ensemble du Maroc entre 2014 et 2050, selon la variante moyenne (en milliers)

Pour récapituler, le Haut-Commissariat au Plan prévoit :

- Augmentation de la population marocaine
- Augmentation des habitants des villes
- Vieillissement de la population marocaine

Empreinte écologique marocaine

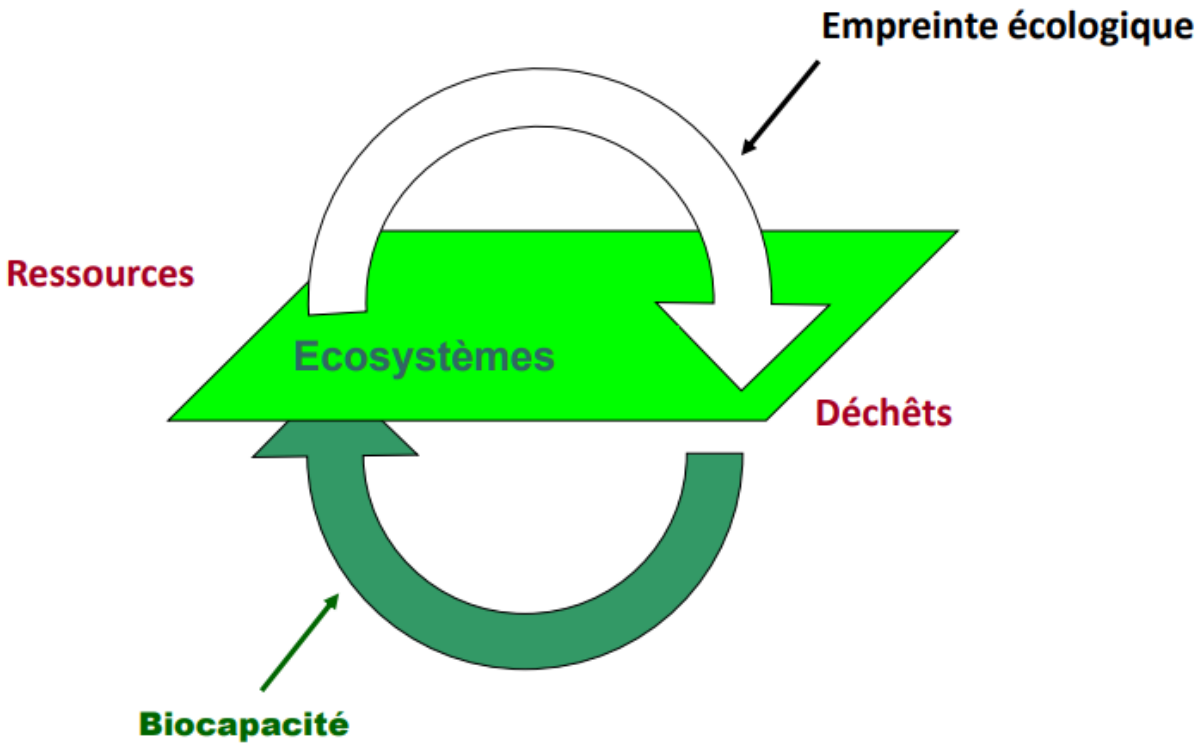
L'empreinte écologique est un outil de comptabilité environnementale permettant d'identifier deux types de limites physiques auxquelles peuvent se heurter les activités humaines :

- La (re-)production de ressources
- L'absorption de déchets

Six types d'utilisation des surfaces terrestres sont comptabilisés au niveau de l'empreinte écologique :

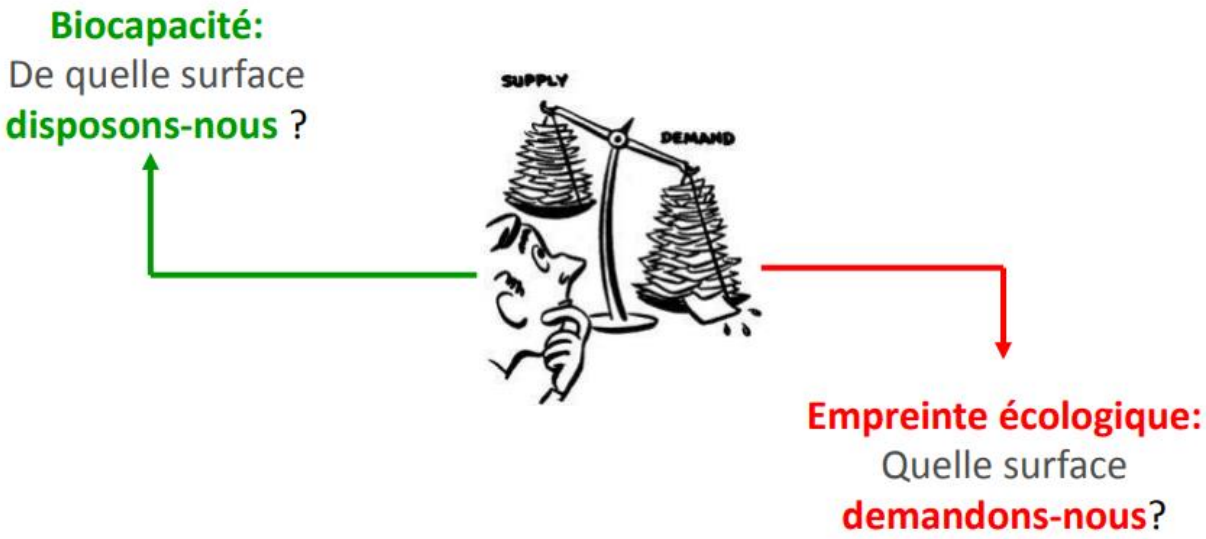
1. La forêt pour absorber les émissions humaines de CO2
2. La forêt pour la production de bois, les terres cultivables,
3. Les pâturages,
4. Les espaces marins et lacustres productifs
5. Les espaces verts utilisés pour les animaux en prairie et leur alimentation
6. Les surfaces construites.

Le dépassement de la capacité régénératrice de la planète est rendu possible par la consommation des stocks : arbres coupés à un rythme supérieur à celui de leur croissance, plus d'animaux prélevés dans la nature qu'il n'en naît et plus de rejets, notamment le carbone dans l'atmosphère.



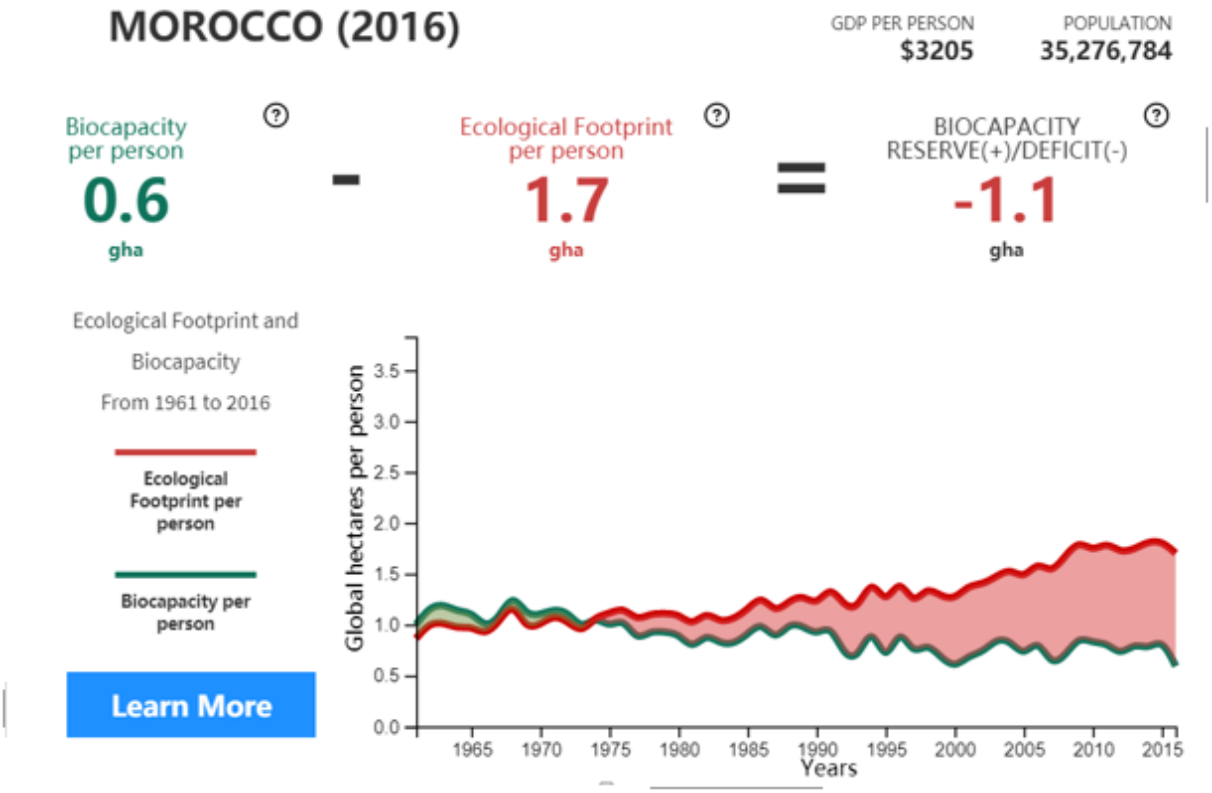
- La population consomme les ressources et produit des déchets.
- La nature recycle les déchets en ressources

Tout réside sur l'équilibre à préserver :

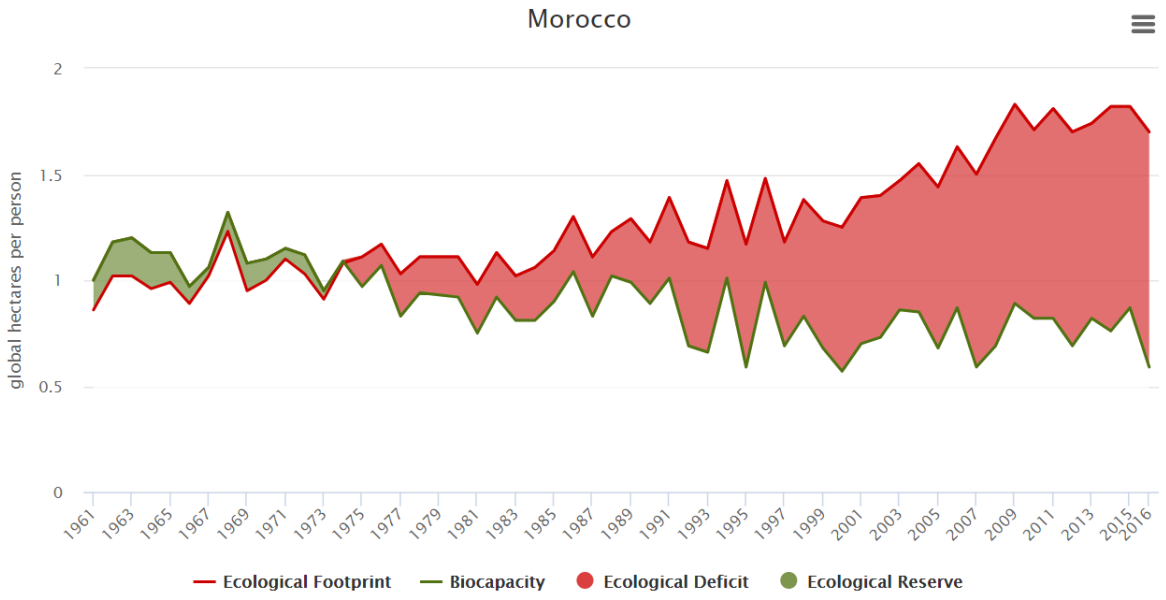


Indicateurs :

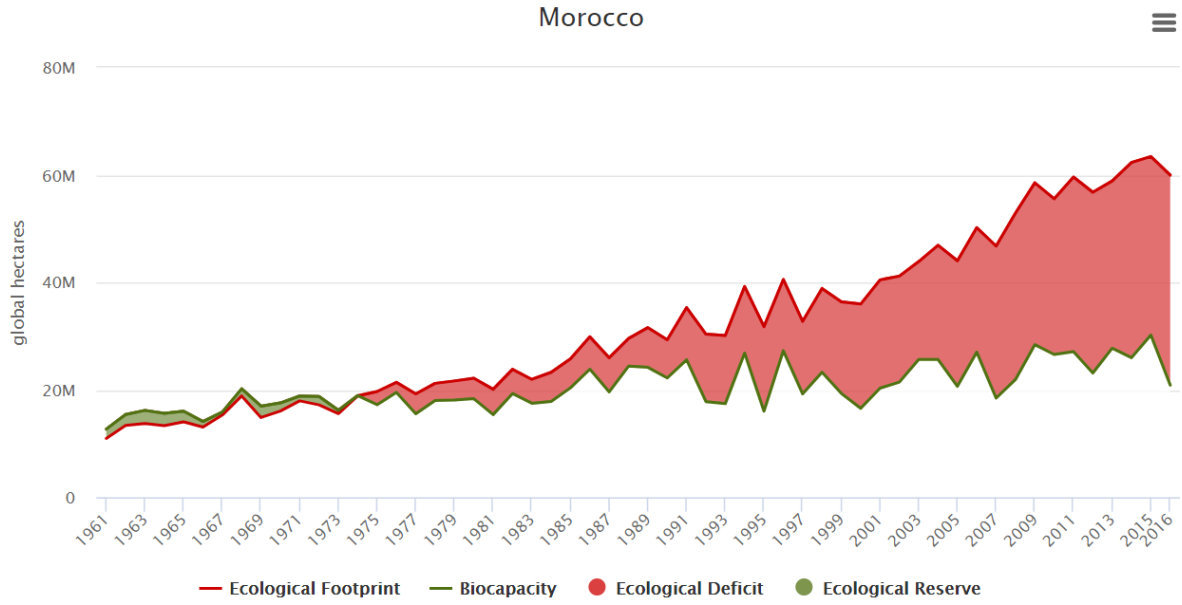
Analyse de l'évolution de l'empreinte écologique marocaine en comparaison avec le bio capacité :



⇨ Recul de la bio capacité individuelle et augmentation nette de l'empreinte écologique, créant ainsi un déficit de bio capacité de -1,1 gha.



⇨ Déficit écologique par personne



⇨ Déficit écologique par surface globale

Les grands chantiers d'infrastructures réalisés par le Maroc ces deux dernières décennies ont un coût environnemental causé par la consommation de ressources naturelles, la pollution de l'eau et de l'air et par la quantité des déchets générés.

- Pour évaluer ce coût, on se base sur l'empreinte écologique qui mesure la quantité de surface terrestre bio-productive nécessaire à la production des biens et services et à l'absorption des déchets.

- L'empreinte écologique marocaine est passée de 1 à 1,47 hectare global (hag) par habitant, entre 1990 et 2010, alors que la bio-capacité, qui représente la surface productive par habitant, a diminué de 25% depuis 1960.
- Ces niveaux sont en dessous de la moyenne mondiale qui est de 2,84 hag par personne pour l'empreinte écologique et de 1,68 hag par personne pour la bio-capacité moyenne.
- Les émissions marocaines de gaz à effet de serre dont le coût serait de 253 dirhams par tonne de CO2 émise. Le Maroc émet annuellement 100,5 millions de tonnes équivalent CO2.
- Le salut passe par le développement durable auquel le Maroc a consacré toute une stratégie à l'horizon 2030. « Pour faire face à toutes ces peurs, toute initiative et tout projet de développement devront se faire dans un cadre de durabilité et de protection de notre environnement, notre santé, notre écosystème et notre biodiversité ».

Analyse de la relation entre démographie et empreinte écologique

La croissance démographique, l'urbanisation et les changements des habitudes des Marocains, tels que la nucléarisation de la famille et le mode de consommation, entrainent des besoins importants en ressources naturelles et en énergies, et génèrent énormément de déchets et de pollutions.

En effet, le Maroc a connu une accentuation de la surexploitation des ressources naturelles ces dernières années. En témoigne l'évolution de l'empreinte écologique, qui permet d'évaluer les pressions que le développement impose à l'environnement et aux ressources. Cet indicateur donne une mesure de la surface écologique productive nécessaire au maintien durable de la population à son niveau de vie actuel, et ce en termes de fourniture d'énergie et matières premières, absorption des déchets avec les technologies existantes, services écologiques qui sont rendus par l'eau potable, les forêts… etc.

Il est clair que l'environnement est soumis à une exploitation et une pollution qui dépassent sa capacité de production et de régénération. Ce déficit qui s'accentue pourrait devenir une menace pour la disponibilité des ressources naturelles dont dépendent les secteurs de l'économie. Cela commence à se sentir dans la rareté de l'eau qui impacte le secteur agricole et la dégradation de certains sites touristiques, ainsi que des pertes économiques importantes qui sont déjà quantifiables dans certaines zones.

De plus, avec l'urbanisation, la croissance démographique et le changement des modes de consommation ; les émissions atmosphériques et les déchets des villes et des agglomérations se sont multipliées .L'augmentation simulta née de la population et de la consommation globale, impactant l'empreinte écologique totale .continue sa croissance.

Ceci dit, il faut prendre en considération les points essentiels ci-après qui diminuent l'ampleur de la démographie :

- L'immigration (exode rurale, accueil des migrants sub sahariens, immigration des marocains vers l'UE et le Canada) qui reste difficilement prévisible
- Les fléaux sanitaires
- Les désastres industriels

LE SECTEUR DE L'ENERGIE

Les ressources énergétiques : pour quels besoins ?

La course aux ressources énergétiques répond généralement à trois principaux objectifs :

1. La sécurité énergétique en vue de favoriser la croissance économique d'un pays
2. Répondre au besoin d'autonomie et des marges de manœuvres stratégiques et tactiques pour favoriser sa compétitivité sur l'échiquier mondial
3. Le besoin d'affirmer sa stratégie d'accroissement de puissance et de souveraineté énergétique à travers l'usage de ces ressources pour mener des actions d'influence et/ou de contre influence aux sujets de l'indépendance énergétique ou de la dissuasion nucléaire à titre d'exemples.

Les perspectives d'évolution de la demande mondiale

Plusieurs institutions internationales, Think-tanks et acteurs majeurs du secteur de l'énergie réalisent des études et des rapports d'analyse dont l'objectif est de proposer des projections énergétiques globales ou régionales. Le rapport annuel de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) "The World Energy Outlook" en est l'illustration et la source de référence majeure enrichie par des données sur les aspects de la demande et de l'offre énergétiques sur des horizons différents.

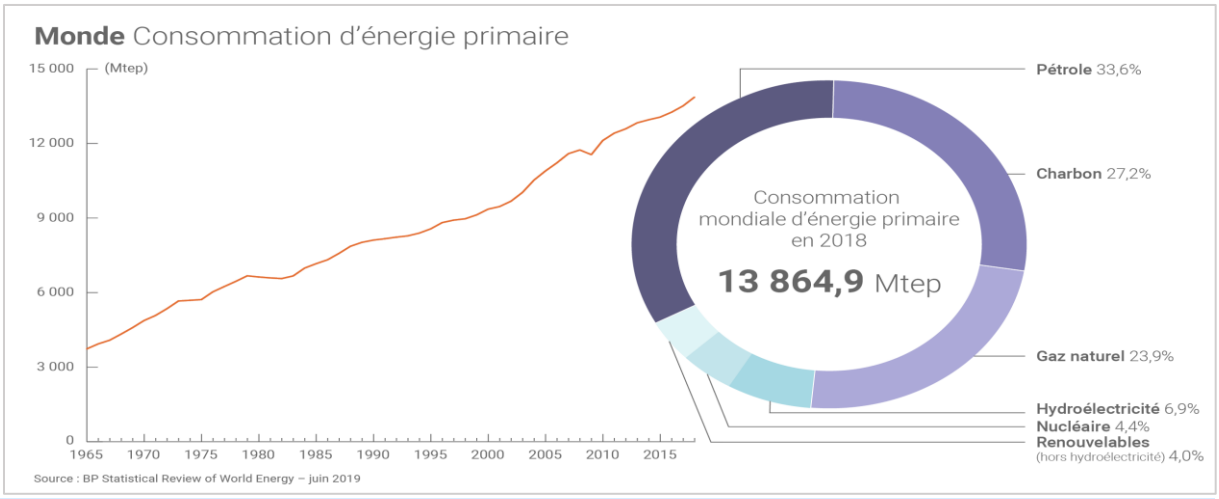
Dans ses perspectives à l'horizon de 2040, l'AIE a prévu une augmentation significative de la demande mondiale en énergie portée par l'évolution démographique de la population et le développement économique, en présentant les chiffres suivants :

- **1,3 milliard :** La **population mondiale** devrait augmenter de 1,3 milliard soit, de 7,7 milliards en 2019 à plus de 9 milliards de personnes en 2040. Augmentation de la demande d'énergie provenant des marchés émergents et des économies en développement.
- **19 %** : Hausse de la **demande d'énergie** mondiale.
- **2 fois plus** : Quantité d'**énergie supplémentaire** qu'il faudrait produire aujourd'hui si ce n'étaient des progrès soutenus en matière d'efficacité énergétique.
- **29 %** : Hausse de la **demande de gaz naturel**, que plusieurs pays veulent substituer au charbon dans la production d'électricité car il est économique et fiable et génère moins d'émissions.
- **7 %:** Hausse de la **demande de pétrole**, qui proviendra moins des transports que de la croissance de l'industrie pétrochimique.
- **2% :** L'impact de la Covid-19 suggère que le nombre de **personnes sans électricité** pourrait augmenter d'environ 2% en 2020. Les progrès récents en matière d'accès à l'électricité sont annulés par les effets de la pandémie. La population sans accès à l'électricité pourrait augmenter en 2020 pour la première fois depuis 2013.
- **2023 :** La **demande mondiale d'énergie** devrait **rebondir** à son niveau d'avant-crise au début de 2023.

Source : Agence internationale de l'énergie, 2019

La dépendance aux énergies fossiles et les enjeux environnementaux

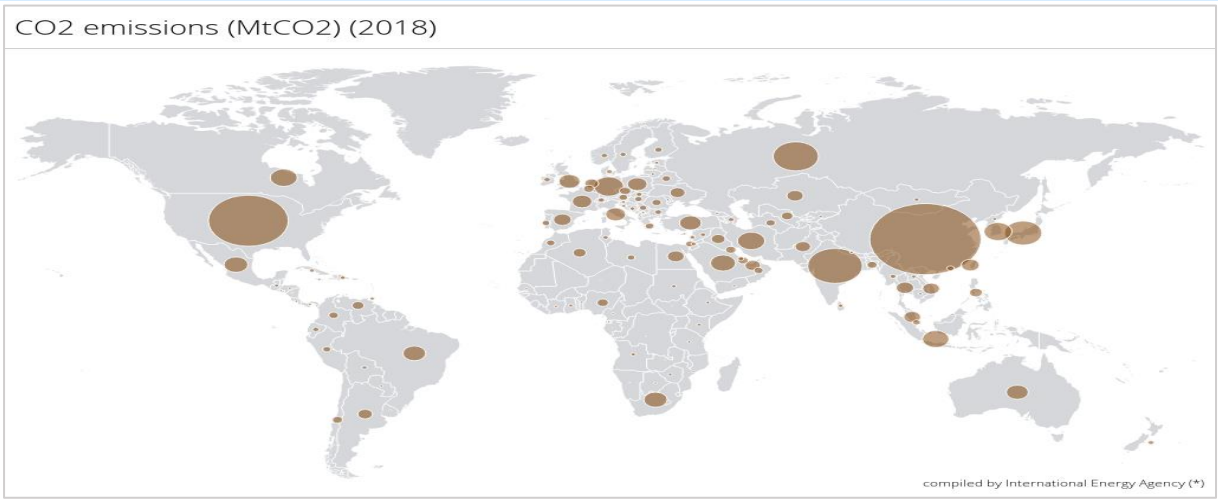
La scène énergétique mondiale reste marquée par l'inégale répartition des ressources en énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz). D'ailleurs, la consommation de cette énergie représente près de 84,7% de la consommation mondiale d'énergie primaire en 2018 (33,6% pour le seul pétrole). Cette part des énergies fossiles recule très lentement (elle était de 86,7% en 1973) et le développement des énergies renouvelables ne doit pas masquer un fait préjudiciable dans la lutte contre le réchauffement climatique : On consomme plus de toutes les énergies, y compris fossiles. Les émissions mondiales de CO2 liées à la consommation d'énergie ont pour leur part augmenté de 2% en 2018 après avoir déjà augmenté de 1,6% en 2017(33.5Gt en 2018), soit plus du double du niveau de celle enregistrées en 1973 (15,5 Gt CO2).



Consommation mondiales d'énergie primaire en 2018

Source: BP statistical Review of World Energy_Juin 2019

Emissions mondiales de CO2: 36573 $MtCO_2$ (2018)



Source IEA : International Energy Agency

La soif d'énergie dans les pays développés ne diminue pas alors que la demande dans les pays émergents tels que la Chine, l'Inde ou le Brésil explose. Cette course aux ressources fossiles

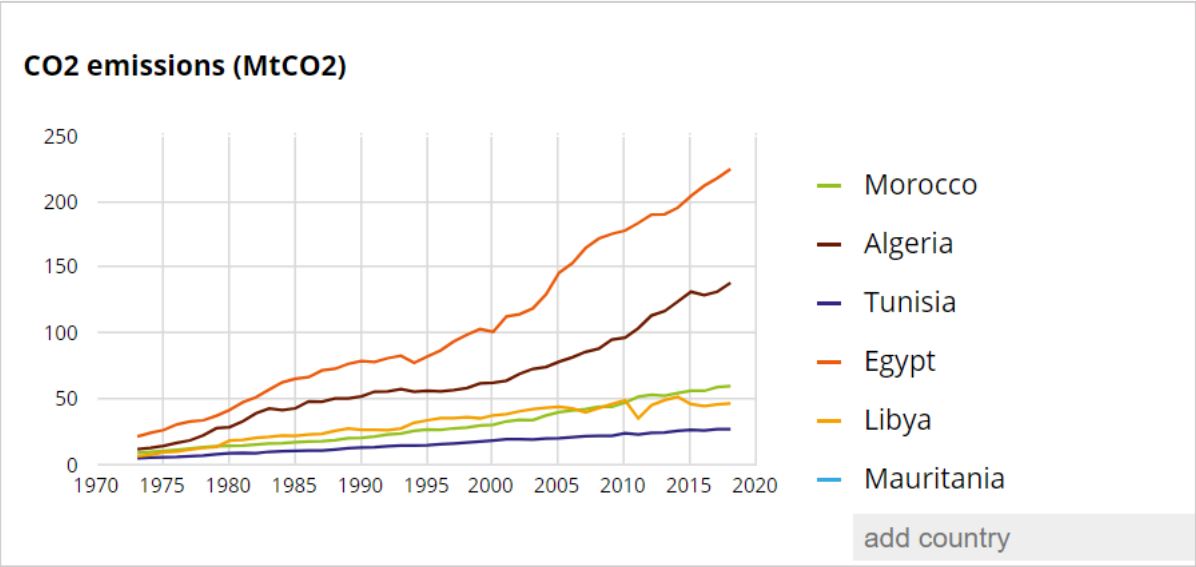
notamment au pétrole est une source de tension internationale et potentiellement de conflit. Les énergéticiens cherchent à combler cet écart avec des ressources non conventionnelles des hydrocarbures et de gaz, comme les gaz de schiste. Or, la consommation et l'exploitation de cette énergie fossile entraine des coûts et un impact remarquable sur l'environnement. L'enjeu majeur est de pouvoir réduire la dépendance aux énergies fossiles et diversifier son bouquet énergétique par des ressources énergétiques propres et avec des coûts raisonnables.

Au Maroc, un secteur de l'énergie fortement dominé par les importations en énergies fossiles et marqué par un accroissement soutenu de la demande.

Le Maroc dépend des importations pour la totalité des combustibles fossiles, ce qui a des répercussions évidentes en termes de sécurité énergétique et d'économie nationale. Les énergies fossiles occupent une place de choix dans le mix énergétique du Maroc, avec presque 90 % de l'approvisionnement total en énergie primaire (pétrole 62 %, charbon 21,7 %, gaz naturel 5 %) et 80 % de l'approvisionnement électrique.

À ce jour, la production nationale d'hydrocarbures et de gaz reste « négligeable ». Malgré quelques projets prometteurs en développement, notamment autour du permis gazier de Tendrara, le Maroc dépend très fortement des importations. La facture énergétique du Maroc liée à ces importations s'est élevée à 69,5 milliards de dirhams en 2017, soit environ 6,3 milliards d'euros.

Cette forte dépendance vis-à-vis des combustibles fossiles maintient un niveau relativement élevé d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Au niveau nord-africain, le Maroc est le troisième émetteur de GES (51e émetteur à l'échelle mondial), derrière l'Egypte, première, et l'Algérie, deuxième, suivi de la Libye, la Tunisie et la Mauritanie. Le pays affiche des émissions 58 % supérieures à la moyenne africaine. Après avoir signé l'accord de Paris sur le climat en 2015, puis hôte de la COP22 en 2016, le Maroc s'est engagé à réduire de 42% ses émissions de GES à l'horizon de 2030, par rapport à un scénario « business-as-usual » à cet horizon, sous réserve de recevoir un appui international.



Source IEA : International Energy Agency (2018)

ENERGIES RENOUVELABLES : UNE NOUVELLE STRATEGIE DE PUISSANCE

Le Maroc accorde une importance particulière à la préservation de l'environnement et à l'inscription de ses plans de développement socio-économiques dans une vision de développement durable. Acteur engagé aux côtés de la communauté internationale en matière de lutte contre le changement climatique, le Royaume a fait le choix d'une croissance continue à faible intensité de carbone, et déploie une stratégie énergétique adaptée. Afin de concilier les besoins énergétiques croissants du pays avec les exigences de la préservation de l'environnement, la stratégie énergétique nationale ambitionne d'accroître la part des énergies renouvelables - hydraulique, éolien, solaire, mais aussi biomasse et, à terme, d'autres ressources propres - dans la capacité totale de production d'électricité du pays. L'objectif fixé à l'horizon 2030 est d'atteindre 52% du mix énergétique, d'origine renouvelable.

Stratégie Nationale en EnR : Bref aperçu historique

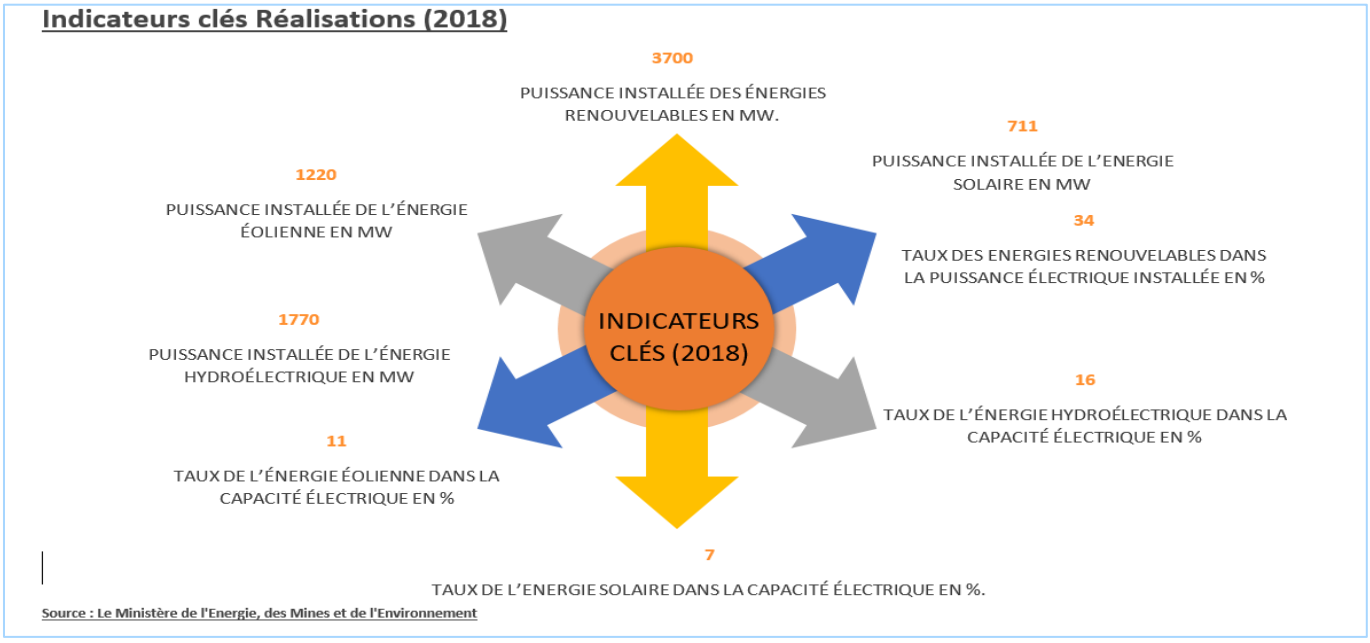
Depuis plusieurs années, les énergies renouvelables se développent rapidement au Maroc, notamment grâce au soutien de l'État et ce dans l'objectif d'amorcer sa transition énergétique et limiter sa dépendance envers les énergies fossiles ayant un impact inéluctable sur l'environnement.
Le pays a adopté depuis 2009 une stratégie énergétique qui a fixé pour objectif, la montée en puissance des énergies renouvelables, le renforcement de l'efficacité énergétique et l'intégration régionale.

Cette stratégie a été déclinée en feuilles de route avec des objectifs à court, moyen et long terme, accompagnée d'une vision claire de réformes législatives, règlementaires et institutionnelles.

La période 2009-2013 a connu le lancement du Plan National d'Actions Prioritaires (PNAP), en vue de rétablir l'équilibre entre l'offre et la demande électriques en agissant, d'une part, sur le renforcement des capacités de production avec la réalisation d'une puissance additionnelle de 1400 MW et, d'autre part, sur la rationalisation de l'utilisation de l'énergie.

Pour le moyen terme, l'objectif fixé à l'horizon 2020 est de porter la part des énergies renouvelables à 42% de la puissance électrique installée. Pour atteindre cet objectif, des programmes intégrés visant l'installation de 6000 MW de sources renouvelables ont été lancés : 2000 MW pour l'énergie éolienne, 2000 pour l'énergie solaire et 2000 MW pour l'énergie hydroélectrique. Aussi, les projets en énergies renouvelables sont rendus possibles grâce à la mise en œuvre d'une batterie de dispositions législatives, réglementaires et institutionnelles.

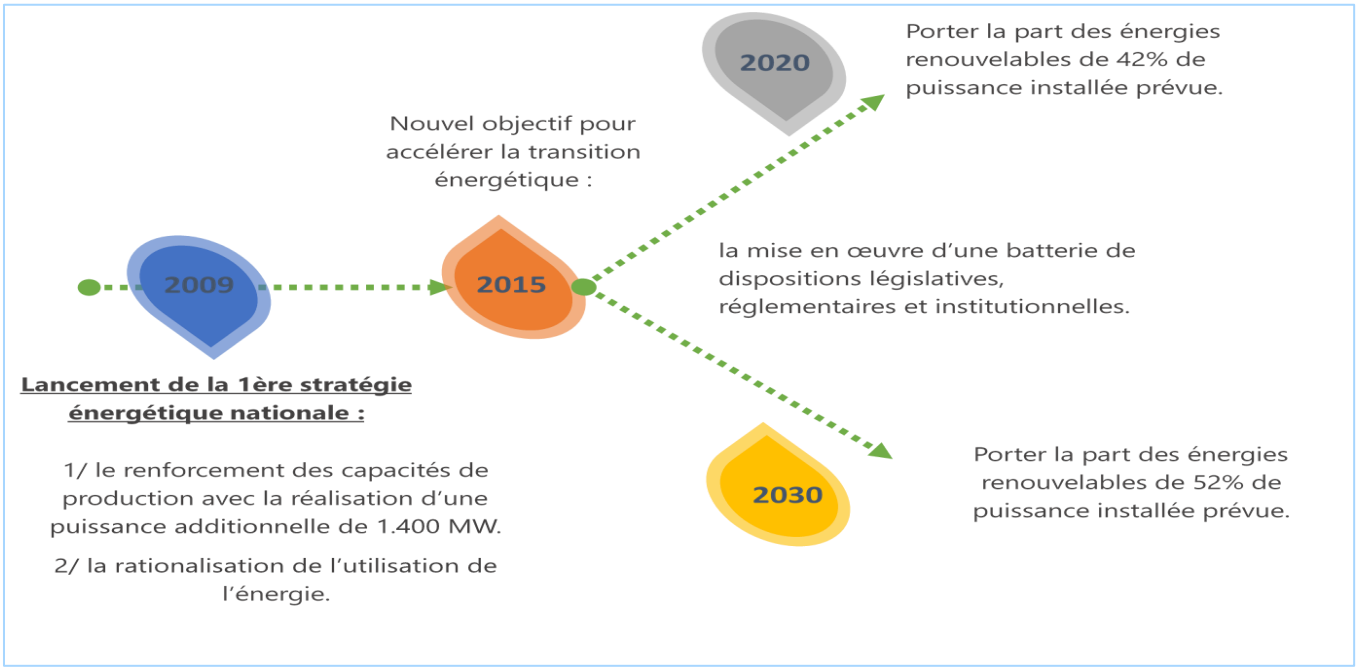
Bilan des réalisations en EnR

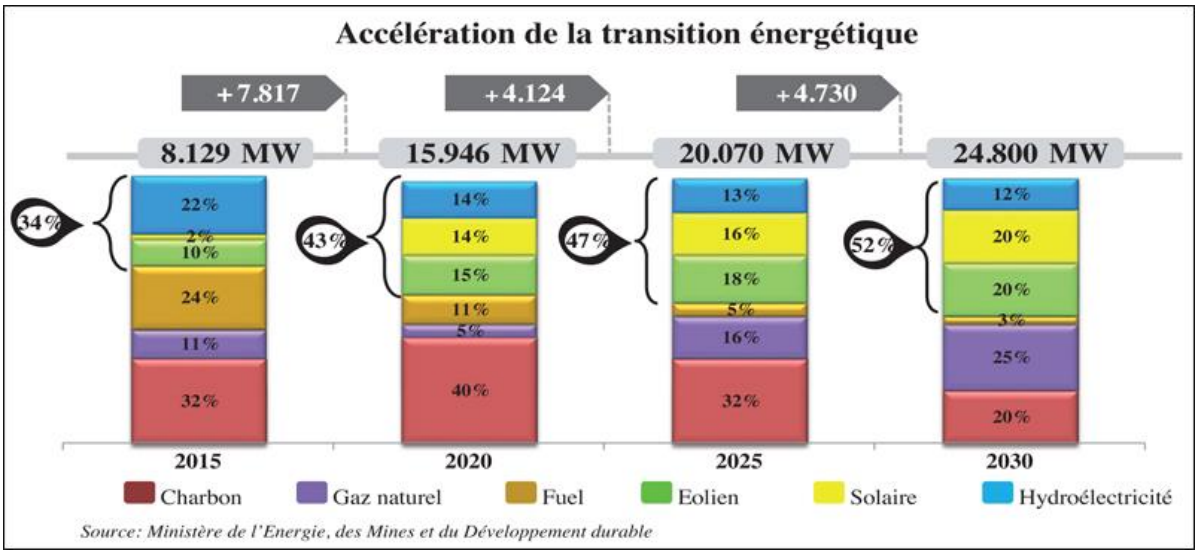


Il en ressort que la puissance installée s'élève à 3.685 MW, dont 700 MW pour le solaire, 1.215 MW pour l'éolien et 1.770 MW pour l'hydroélectrique.

En 2019 donc, aucune nouvelle capacité n'a été ajoutée, sachant que l'objectif est d'atteindre en 2020 une puissance de 6.000 MW. Cela dit, plusieurs projets solaires et éoliens sont en cours de réalisation ou de lancement

Plan national d'actions prioritaires (PNAP)





Pour mieux comprendre les enjeux et le potentiel du pays dans ce domaine, les grands chiffres à retenir sont les suivants :

- 32,8 TWh : c'est la production d'électricité du Maroc en 2017, avec plus de 80 % d'énergies fossiles, dont 18,6 % de gaz naturel.
- 32 % d'augmentation de la consommation énergétique au Maroc entre 2007 et 2017 (20,5 Mtep).
- 9,5 % : c'est la part de l'éolien dans la production électrique du Maroc en 2017 ; avec 4 % pour l'hydroélectricité et 1,3 % pour le solaire.
- Le potentiel éolien du Maroc est estimé à 25 000 MW, dont environ 6000 MW pouvant être mis en production à l'horizon 2030.
- 3000 heures/an : c'est l'ensoleillement du Maroc, avec 5 kWh/m2/jour d'irradiation.
- 200 : c'est le nombre de sites exploitables en matière d'énergie hydraulique.
- 17 kilomètres de long sur 6 kilomètres de large : ce sont les dimensions pharaoniques du parc éolien de Tarfaya, plus grand parc éolien du continent africain.
- 52 % de la part des EnR dans le mix énergétique à l'horizon de 2030

Le mix energetique

Le terme de mix énergétique (ou bouquet énergétique) désigne la répartition des différentes sources d'énergies primaires utilisées pour les besoins énergétiques dans une zone géographique donnée. Il inclut les énergies fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon), le nucléaire et les diverses énergies renouvelables (bois-énergie et autres bioénergies, hydraulique, éolien, solaire, géothermie). Ces énergies primaires sont utilisées pour produire de l'électricité, des carburants pour les transports, de la chaleur ou du froid pour l'habitat ou l'industrie.

Le premier facteur qui influence le mix énergétique est bien entendu la disponibilité de ressources naturelles : les pays qui disposent d'importantes ressources fossiles, hydrauliques, éoliennes, solaires ou de biomasse cherchent à les utiliser afin d'assurer leur autonomie énergétique, qui est l'une des motivations principales de toute politique énergétique. Ainsi, le premier choc pétrolier a suscité dans de nombreux pays développés des efforts de grande ampleur pour échapper à la dépendance au pétrole : programmes nucléaires français et japonais, programmes d'économie d'énergie, développement du chauffage au gaz, etc.

***Un bouquet mondial dominé par les énergies fossiles : 85 % La* part des énergies fossiles (charbon, pétrole, gaz) dans le mix énergétique mondial en 2018.**

L'Agence internationale de l'énergie (AIE) est une agence autonome au sein de l'OCDE, créée en 1974 lors du premier choc pétrolier...) a élaboré divers scénarios 2040 selon l'intensité de ces efforts. Ils présentent trois constantes :

- Un monde très « électrique ». La production d'électricité devrait augmenter de 50 % environ dans tous les scenarios.
- Un « boom » des renouvelables. La part de l'électricité renouvelable (hors hydraulique), qui est de 9,4 % en 2018, passerait à 29 % dans un scénario moyen et même à 46 % dans le scénario le plus audacieux.
- Une baisse du charbon. Sa part passerait de 38 % à 25 %, voire 4 % dans le scenario le plus audacieux.

La part du gaz naturel resterait autour de 20 %. Pour arriver au scénario le plus économe en émissions de CO2, qui puisse réduire aussi la part du gaz, il faudrait développer nettement le nucléaire et engager des politiques ambitieuses de capture et de stockage du CO2.

Pas de mix énergétique idéal et universel.

Le Conseil Mondial de l'Énergie, une organisation qui rassemble des dirigeants du secteur énergétique de près de 100 pays, a résumé les enjeux en un concept : le « trilemme énergétique », qui consiste à trouver un équilibre entre trois propositions apparemment contradictoires :

- Sécurité énergétique : il faut assurer la fiabilité de la fourniture d'énergie pour répondre à la demande actuelle et future ;
- Equité énergétique : l'énergie doit être accessible aux populations du monde, notamment celles des pays émergents, à un coût économique acceptable ;
- Environnement durable : Le réchauffement climatique impose d'améliorer l'efficacité énergétique et de développer les énergies renouvelables et celles à faibles émissions de gaz à effet de serre .

L'amélioration du mix énergétique actuel suppose d'accroître la part du gaz naturel par rapport à celles du charbon et du pétrole. En effet, à contenu énergétique équivalent, le gaz émet deux fois moins de CO2 que le charbon dans la génération électrique. L'AIE envisage aussi dans son scénario 2°C une montée en puissance des technologies de captage, de stockage et de valorisation du carbone. Le développement des énergies renouvelables doit s'appuyer quant à lui sur le solaire, l'éolien et la biomasse.

L'électronucléaire et le contexte énergétique marocain

Durant ces trois dernières décennies, l'électronucléaire a connu une évolution remarquable sur le plan de la sûreté nucléaire, l'optimisation du combustible, la génération des déchets radioactifs et la non-prolifération.

L'énergie nucléaire pourrait être largement utilisée à l'avenir pour le dessalement de l'eau de mer, contribuant ainsi à relever un autre défi pressant du développement durable, à savoir l'approvisionnement abondant, sûr et garanti en eau propre d'une population mondiale croissante.

Le Maroc dispose depuis la fin des années 80, d'un site qualifié et d'un dossier d'étude de faisabilité technico-économique et la mise en place du Centre d'Études Nucléaires de la Maâmora est un premier jalon.

Un cadre législatif et réglementaire a été établi et fait actuellement l'objet d'une mise à niveau pour l'aligner sur les recommandations et les normes internationales.

Étude de site et faisabilité technico-économique

L'ONEE a entrepris dès le début des années 80, avec l'assistance technique de l'AIEA, les études de site et de faisabilité technico économique de la première centrale électronucléaire au Maroc.

Un site a été sélectionné et qualifié pour abriter une centrale électronucléaire dans les conditions requises de sûreté nucléaire.

Dessalement de l'eau de mer par voie nucléaire

La rareté des ressources en eau, particulièrement dans les provinces du sud, incite de plus en plus à envisager comme variante pour l'alimentation en eau potable à moyen et à long termes, le dessalement de l'eau de mer.

Dans ce sens, une étude de préfaisabilité d'une unité de démonstration pour le dessalement de l'eau de mer par voie nucléaire a été réalisée dans le cadre d'un accord de coopération avec la République Populaire de Chine et sous les auspices de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique.

La question du dessalement de l'eau de mer par la voie nucléaire intéresse, depuis plusieurs années, l'Office National de l'Eau Potable en termes de veille technologique. Dans ce cadre, plusieurs études de procédés ont été réalisées en collaboration avec le CNESTEN, l'AIEA et le Commissariat à l'Énergie Atomique (CEA) français.

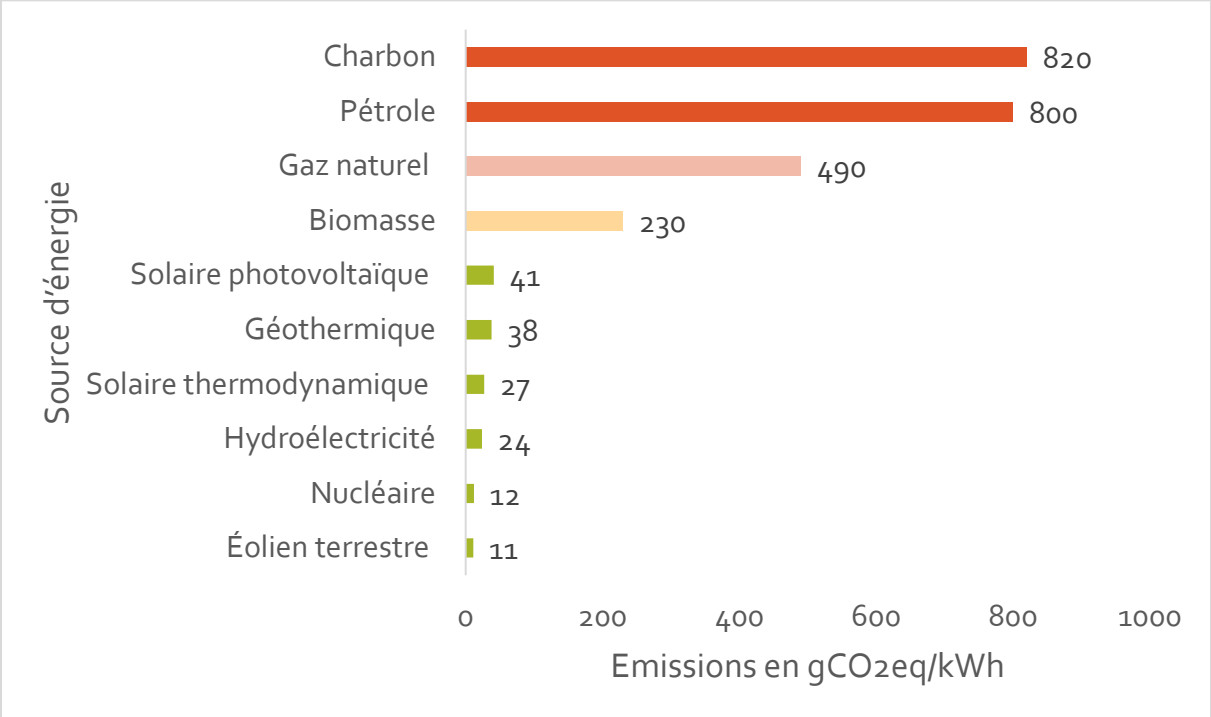
Le débat des Énergies renouvelables et leur réel impact écologique

Le terme « énergies renouvelables » est employé pour désigner des énergies qui, à l'échelle humaine au moins, sont inépuisables et disponibles en grande quantité. Ainsi il existe cinq grands types d'énergies renouvelables : l'énergie solaire (thermique / photovoltaïque), l'énergie éolienne (Onshore /Offshore), l'énergie hydraulique, la biomasse et la géothermie. Selon leur origine, elles entrent dans la fabrication d'électricité, de chauffage voire de bio-carburants, idéalement en substitution complète des énergies fossiles. Leur caractéristique commune est de ne pas produire, en phase d'exploitation, d'émissions polluantes (ou peu), et ainsi d'aider à lutter contre l'effet de serre et le réchauffement climatique.
Aujourd'hui, les EnR prennent une grande ampleur médiatique et l'engouement pour ces énergies continue d'augmenter, tant pour diversifier le mix énergétique d'un pays que pour réduire les émissions et atteindre les objectifs de l'Accord de Paris.

Nous présentons ci-dessous la liste des énergies en fonction de leurs émissions de CO2 d'après **le rapport du GIEC** (Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat).

Toutefois, ces calculs n'intègrent pas les émissions de CO2 liées à l'infrastructure électrique, notamment le stockage.

Emission Co2 Par Source d'énergie



Les énergies renouvelables génèrent théoriquement très peu de CO2 dans l'atmosphère notamment lorsqu'on la compare aux énergies fossiles comme le charbon. Le principal avantage des EnR, ou en tout cas celui sur lequel insiste ses défenseurs, c'est qu'elles sont considérées comme un facteur de résilience car elles permettent les productions « décarbonées » d'électricité et de chaleur ; Les éoliennes, panneaux solaires et barrages produisent une énergie moins intensive en carbone et l'absence de combustion limite aussi la pollution atmosphérique. C'est là un des principaux arguments

justifiant le remplacement des énergies fossiles par le renouvelable afin de lutter contre le réchauffement climatique.

Il faut toutefois noter que ce n'est pas le cas pour toutes les énergies dites renouvelables, l'énergie issue de la biomasse provient par exemple d'une combustion de matières organiques (bois ou agrocarburants) et rejette donc du CO2 en plus d'éradiquer la biodiversité.

Energie intermittente

L'irrégularité de la production électrique du solaire et de l'éolien pose de nombreux problèmes de raccordement au réseau. Quand la quantité d'électricité injectée dans le réseau connaît de fortes variations, des coupures de courant peuvent survenir. En effet, pour maintenir la fréquence du système au point d'équilibre de 50 hertz, les opérateurs doivent équilibrer la production et la demande d'électricité. Quand il y a beaucoup de vent et que les éoliennes produisent beaucoup en période de faible consommation, cela peut poser de problèmes. A l'inverse, lorsqu'il y a un pic de consommation et que la production ne suit pas, la fréquence ne peut être maintenue et cela produit des disruptions d'approvisionnement.

Construction et cycle d'exploitation

La construction de centrales énergétiques, qu'elles soient hydroélectriques, éoliennes, solaires, biomasses ou géothermiques signifie la poursuite de l'artificialisation des terres, ce qui a un imact négatif sur la biodiversité.

De leur côté, les barrages hydroélectriques qui représentent plus de 70 % de la production électrique renouvelable dans le monde anéantissent les écosystèmes extrêmement riches des rivières et des zones humides.

L'énergie de la biomasse est issue quant à elle d'un processus de combustion. Outre les rejets en CO2, la place nécessaire pour produire des matières organiques destinées à la biomasse fait aussi débat. En effet, on utilise d'énormes surfaces agricoles pour produire des biocarburants au lieu de les réserver à la production de nourriture. Ces cultures destinées à la biomasse sont des monocultures appauvrissant les sols, ce sont des zones mortes.

Énergies renouvelables : Dépendance aux matières premières

Outre les émissions de CO2 qu'elles permettent d'éviter, les énergies renouvelables sont aussi caractérisées par un certain nombre de coûts environnementaux plus ou moins cachés ou indirects. Ainsi, les éoliennes ou les panneaux solaires dépendent de grandes quantités de ressources naturelles pour être construites. C'est notamment le cas de certains métaux ou matériaux rares, que nous citerons ci-après, présents en faible concentration dans le sol, et nécessitant un traitement couteux et polluant.

Dépendance au béton

Les énergies renouvelables – surtout l'éolien et l'hydroélectrique – ont besoin de quantités astronomiques de béton, bien supérieures aux énergies fossiles ou au nucléaire à niveau de production

égal. La dépendance à ce matériau produit des ravages écologiques majeurs. Pour la fabrication de béton, la consommation d'eau est aussi très importante.

Dépendance au cuivre

Un autre métal auquel le public pense moins souvent, c'est le cuivre. A production électrique équivalente, éolien et solaire ont des contenus en cuivre bien plus importants que les énergies fossiles ou le nucléaire.

Dans le top 10 des principaux producteurs de cuivre figurent de nombreux pays du Sud (Chili, Pérou, République Démocratique du Congo, Zambie, Mexico) où les conditions de travail sont exécrables. Amnesty International a estimé que plusieurs dizaines de milliers d'enfants travaillaient dans les mines de la République Démocratique du Congo.

L'industrie extractive est aussi dénoncée pour sa consommation d'eau, les rejets et pollutions chimiques.

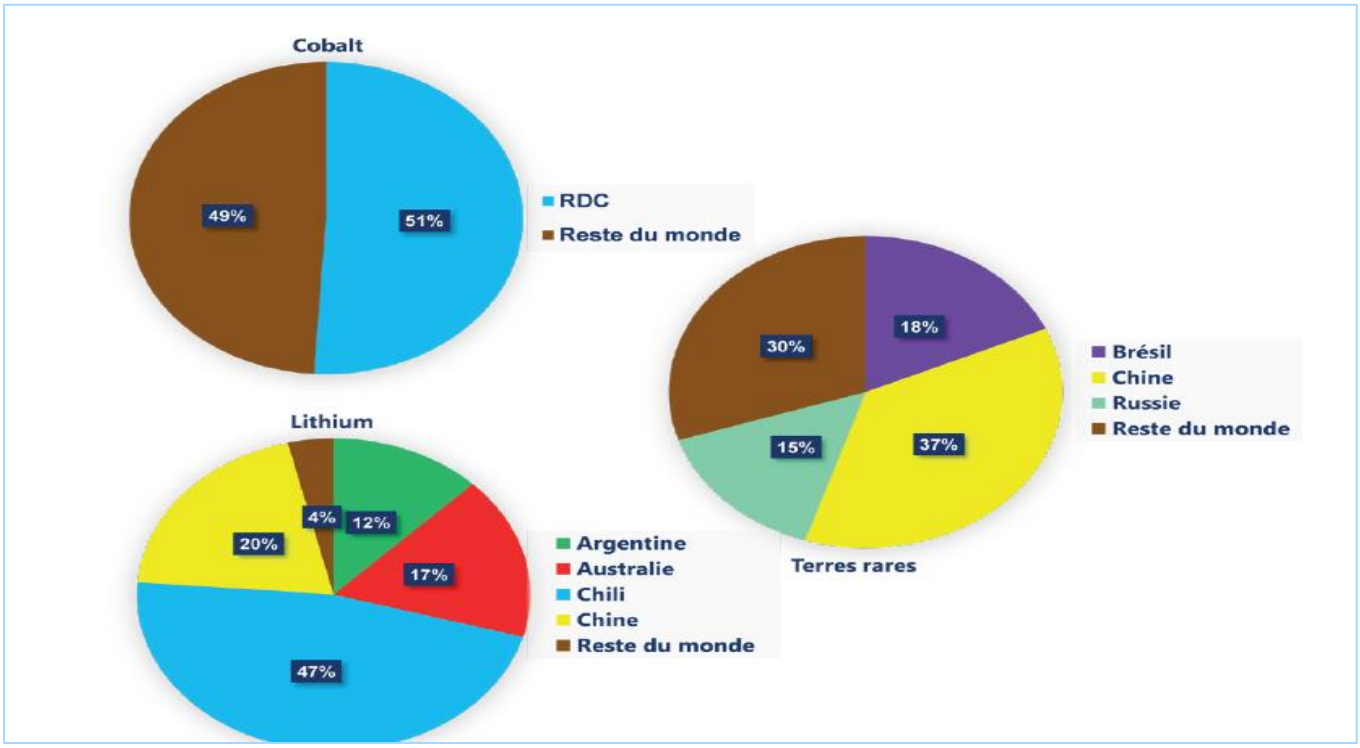
Dépendance aux métaux rares

Les métaux rares représentent aujourd'hui un enjeu économique et stratégique majeur pour les pays, étant utilisées à tous les niveaux de la société. La chine en est de loin le plus gros producteur au monde. Cette position de suprématie lui donne un levier de négociation qui pourrait s'avérer très efficace si la situation ne change pas rapidement.

Au-delà des débats classiques autour de l'intermittence, de l'utilisation de terres et de métaux rares, l'impact environnemental des énergies renouvelables peut être désastreux. Le journaliste Guillaume Pitron a ainsi publié en 2018 un livre dénonçant **« la face cachée de la transition énergétique »,** en enquêtant notamment sur les impacts environnementaux de la production d'infrastructures de production d'EnR (**La guerre des métaux rares – La face cachée de la Transition énergétique aux éditions des Liens qui Libèrent**).

Certes, les énergies renouvelables donneraient à un pays une totale indépendance énergétique dans la mesure où le vent et le soleil n'appartiennent à personne. Mais, la dépendance ne se situe plus au niveau des ressources mais bien au niveau des matériaux (lithium, cobalt, terres rares) nécessaires aux équipements de transformation (éoliennes, panneaux solaires, batteries, piles à combustible). Et, sur ce plan, leur distribution géographique est encore plus critique que celle des hydrocarbures et de l'uranium.

Ainsi la moitié des réserves mondiales de cobalt (électrodes des batteries) sont situées en RDC et près de 60 % des réserves de lithium (électrolyte des batteries) au Chili et en Argentine. Quant aux terres rares, la Chine recèle plus du tiers des réserves mondiales. Cette dernière s'est d'ailleurs positionnée sur toute la chaîne de valeur puisqu'elle est aujourd'hui le leader mondial de production de batteries, de piles à combustibles et de panneaux solaires.



Répartition des réserves mondiales de lithium, cobalt & terres rares

Source : BP statistical review 2018

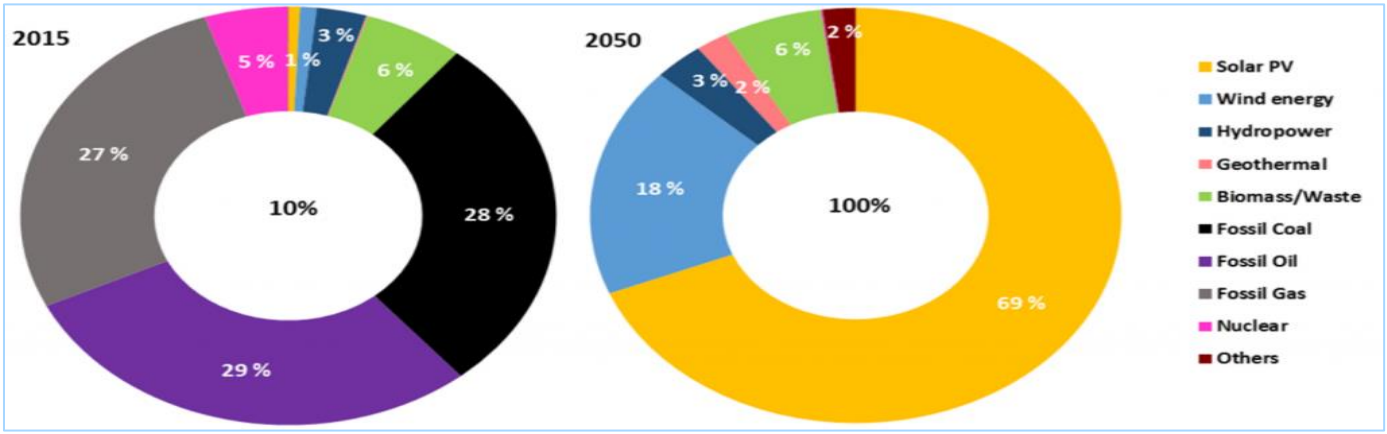
Les Énergies	Les avantages	Les inconvénients	Les points névralgiques
L'énergie solaire **L'énergie est émise par les rayons du soleil. Elle permet d'obtenir de l'électricité par le biais de panneaux photovoltaïques et de garantir le chauffage par le biais de panneaux thermiques.**	-Une bonne source d'énergie renouvelable. -Une énergie non-polluante. -La lumière ne coûte rien. -Peu de soutien et durent longtemps.	-Il n'y a pas de lumière la nuit. -A besoin de beaucoup d'espace. -Le placement peut modifier l'énergie prise dans les panneaux.	-Coût trop élevé et rentabilité à long terme : C'est de moins en moins vrai, le coût continue de baisser chaque année. -Dépendance au Terres et métaux rares, au Cuivre. - Production intermittente.
L'énergie hydraulique **L'énergie est issue du mouvement de l'eau (fleuves et rivières, barrages, courants marins, marées).**	-Une énergie naturelle non-polluante. -Fournit une génération d'électricité stable et à grande échelle.	-Une perturbation de l'équilibre écologique. -Grands barrage et investissements coûteux.	-Coût trop élevé -Dépendance au béton
L'énergie éolienne **L'énergie cinétique du vent entraîne un générateur qui produit de l'électricité.**	-Il y a toujours du vent dans un même endroit, donc jour et nuit. - une énergie renouvelable qui ne nécessite aucun carburant, ne crée pas de gaz à effet de serre, ne produit pas de déchets toxiques ou radioactifs.	- Affecte le paysage environnant et cause du bruit. - Des coûts d'investissement énormes. - Dépendent du vent. - La migration des oiseaux.	-Coût trop élevé et rentabilité à long terme -Dépendance au béton, Terres et métaux rares, et au Cuivre. - Production intermittente.
L'énergie Biomasse **L'énergie est issue de la combustion de matériaux dont l'origine est biologique (ressources naturelles, cultures ou déchets organiques). On en distingue trois catégories principales :** ○ **Le bois** ○ **Le biogaz** ○ **Les biocarburants**	-Source d'énergie stable -Emissions de CO_2 sont considérablement réduites. -Neutre en carbone à long terme.	-Livraison de plus grands volumes difficile à sécuriser -Utilisation de la biomasse actuellement plus coûteuse.	- Coûts d'exploitation dépasse les bénéfices - Utilisation limitée dans les industries
L'énergie géothermique **Cette énergie exploitant la chaleur du sous-sol, permet la production de l'électricité et la chaleur. En fonction de la ressource, de la technique utilisée et des besoins, les applications sont multiples.**	-Pollution non toxique -Beaucoup d'énergie pour peu de place.	-Répartitions des sources. -Le transport de l'énergie des usines. -Installation couteuse.	-Coût trop élevé et rentabilité à long terme

Energies renouvelables : avantages et inconvénients

La polemique de la transition vers 100 % d'energie renouvelable : un modele credible ou une utopie ?

Plusieurs études, ayant été réalisées par des organismes publics, par des associations, des entreprises ou encore des équipes de recherche, ont démontré qu'un passage à un modèle 100% EnR est possible techniquement et économiquemen

Une étude scientifique menée par une équipe d'experts encadrés par l'université de Lappeenranta (LUT) aux USA et l'Energy Watch Group (groupe de veille énergétique) en Allemagne, conclut la faisabilité technique d'un approvisionnement énergétique100% renouvelable et prouve qu'il est économiquement compétitif sur le long terme « horizon 2050 ». Ce rapport met à jour et approfondit des travaux plus anciens menés conjointement par plusieurs laboratoires américains (universités de Stanford et de Berkeley) et européens (universités de Berlin et d'Aarhus au Danemark).



Parts de l'offre d'énergie primaire dans les secteurs de l'électricité, de la chaleur, des transports et du dessalement de l'eau en 2015 et 2050

Selon cette étude, l'énergie solaire photovoltaïque apparaît comme la source d'approvisionnement en électricité la plus importante, destinée à représenter environ 69% de l'approvisionnement total en énergie d'ici 2050. De son côté, l'Agence internationale de l'énergie (AIE) table déjà sur un **boom du solaire** à l'horizon 2024, notamment pour les équipements décentralisés (posés sur des maisons, des usines, des supermarchés...). Chez les particuliers, le nombre de toitures équipées devrait doubler, à environ 100 millions vers 2024, selon l'AIE.

L'étude EWG avait proposé un projet techno-économique qui vise à déterminer le mix énergétique le moins coûteux et le plus réalisable avec la transition des secteurs mondiaux de l'énergie, de la chaleur, des transports et du dessalement de l'eau vers un niveau zéro d'émissions nettes de GES d'ici 2050. Les coûts de l'énergie baisseraient de 30% en Afrique et en Amérique du Sud et de 15% en Europe.

Pour contrer les arguments selon lesquels l'intermittence de certaines sources d'énergie renouvelable ne permettrait pas aux pays de recourir uniquement aux énergies vertes, les scientifiques expliquent que le stockage de l'énergie jouera un rôle essentiel dans la transition. Il s'agira d'une combinaison des technologies de stockage de l'électricité et de la chaleur. En 2050, celles-ci couvriront environ 23% de la demande d'électricité et 26% de la demande de chaleur.

« La transition énergétique n'est pas une question de faisabilité technique ou de viabilité économique, mais relève d'une **volonté politique** », ajoute Hans-Josef Fell, président de l'Energy Watch Group en

guise de conclusion. Il enjoint dès lors tous les gouvernements à prendre connaissance des recommandations issues de cette étude.

« Vers un mix énergétique 100% renouvelable», publié en octobre 2015 par **l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie** (ADEME) explore la faisabilité technique et économique d'un modèle des « EnR » au sein du mix électrique allant jusqu'à remplacer les énergies fossiles et le nucléaire.

Sous réserve de développement de la maîtrise de la demande d'électricité, de réduction de la pointe électrique et de poursuite de la baisse des coûts des technologies, l'étude conclut à la faisabilité technique d'un mix électrique 100 % renouvelable et à un coût sensiblement équivalent entre les 4 taux de pénétration des renouvelables envisagés (40%, 80%, 95% et 100%). Une différence inférieure à 5 % entre le plus coûteux (100 % renouvelable) et le moins coûteux (80 % renouvelable) est constatée. Un exercice d'optimisation et une analyse macro-économique de ces deux hypothèses en termes d'emploi, d'activité économique, de revenu des ménages et de balance commerciale réalisée ultérieurement complètent utilement cette étude.

L'ENERGIE NUCLEAIRE

Débat autour du nucléaire : Le nucléaire est-il bon pour l'environnement ?

L'énergie nucléaire apporte une réponse à trois principaux défis :

- La nécessité absolue de réduire les émissions de CO2 dans la lutte contre le changement climatique ;
- L'obligation de pouvoir répondre à une demande d'électricité en constante augmentation (croissance de la population mondiale et nouvelles applications technologiques utilisant l'électricité) ;
- Et pour certains pays, le nucléaire reste un atout de puissance et de souveraineté économique en leur permettant de renforcer leur indépendance énergétique.

Mais quand il s'agit du nucléaire, tous les types de scénarios existent et chacun défend sa position, études à l'appui. Derrière toutes les questions liées au nucléaire (risques, facteur environnement, coûts), reste celle de la transition énergétique.

Les arguments « Pour » le nucléaire	Les arguments « Contre » le nucléaire
• C'est moins polluant • Radioactivité : un danger improbable • Un accès à l'indépendance énergétique • Un atout pour l'économie et la recherche • Une électricité moins chère • Le coût énorme d'une sortie	• Le risque d'accident nucléaire • Un danger pour la santé et l'environnement • Un frein à la transition énergétique • Des déchets nucléaires qu'on ne sait toujours pas recycler • Des ressources en uranium limitées • Coût important du grand carénage des centrales nucléaires

Comme toute activité industrielle, les installations nucléaires rejettent des éléments dans la nature. Etroitement tracés, contrôlés, surveillés, ces rejets sont très limités et tout est mis en œuvre pour que leur impact sur l'environnement soit quasi nul.

Les centrales nucléaires assurent la production d'électricité. Mais, contrairement à ce que l'on pourrait penser, le fonctionnement d'une telle centrale crée seulement **7 grammes de CO2 pour un kilowattheure produit**, contre plus de 1000 grammes par kilowattheure pour les centrales à charbon par exemple.

Le nucléaire contribue à limiter le dérèglement climatique et la pollution de manière générale :

- Pas d'émission de CO2
- Une centrale nucléaire n'émet ni dioxyde d'azote, ni dioxyde de soufre, ni particules fines ni poussières, qui contribuent à la pollution de l'environnement (air, eau et forêts).

Selon Valérie Faudon, Déléguée Générale de la Société Française d'Énergie Nucléaire (SFEN) et Vice-Présidente de l'European Nuclear Society (ENS) :

L'énergie d'origine nucléaire est le moyen de garantir nos approvisionnements en énergie en attendant que de nouvelles sources puissent être exploitées et, si elle est planifiée et contrôlée avec soin comme cela a été le cas jusqu'à présent, l'énergie nucléaire ne présente pas de risques inacceptables pour l'environnement.

Mais où est donc le danger ?

Si les centrales nucléaires sont considérées comme écologiques, celles-ci génèrent pourtant des rejets radioactifs, thermiques et chimiques. Alors, quel est **le réel impact environnemental du nucléaire** ?

Les centrales nucléaires génèrent des rejets de diverses natures :

1. **Les rejets radioactifs** : ceux-ci sont générés par les circuits d'épuration et de filtration qui équipent les centrales nucléaires. Ces déchets sont triés, en fonction de leur niveau de radioactivité, puis libérés sous forme liquide ou gazeuse. Il existe des seuils réglementaires imposés aux producteurs d'électricité, qui ne doivent en aucun cas être dépassés, afin de ne pas augmenter la radioactivité naturelle de l'environnement.
2. **Les rejets thermiques** : une centrale nucléaire produit de la chaleur, provoquant ainsi le réchauffement du milieu aquatique environnant. Là encore, il existe un seuil de température à ne pas dépasser, afin de ne pas influer sur la faune, la biodiversité et l'écosystème aquatique concerné.
3. **Les rejets chimiques** : ils se trouvent dans l'eau permettant de refroidir la centrale. Celle-ci est filtrée avant d'être rejetée dans la nature. Là encore, la réglementation est stricte et les rejets sont contrôlés régulièrement, afin de limiter l'impact sur la biodiversité.

Le risque d'accident nucléaire

Le 11 mars 2011, le Japon est touché par un tremblement de terre suivi d'un tsunami. La centrale nucléaire de Fukushima est endommagée, la catastrophe provoque un accident nucléaire majeur. Plus de 120 000 personnes avaient, en effet, été contraintes de quitter leur domicile afin de s'éloigner des radiations nucléaires. Fukushima, au même titre que l'accident de Tchernobyl (1986) ou celui de Three Mile Island (1979), illustrent les enseignements de natures extrêmement diverses qui peuvent être tirés de l'expérience d'exploitation des réacteurs électronucléaires. Toutes les dispositions concrètes qui en ont résulté visent, in fine, un renforcement de la prévention et de la limitation des conséquences

d'accidents dans les installations nucléaires, cela dans le cadre d'un processus d'amélioration continue de leur niveau de sûreté. En outre, la prise en compte des accidents avec fusion du cœur dans la conception de réacteurs de nouvelles générations est, depuis les années1990, un principe adopté sur le plan international.

SWOT Nucléaire

AVANTAGES	INCONVENIENTS
Coûts : *L'énergie nucléaire reste l'une des options les moins coûteuses pour la production *Faible dépendance aux variations du prix des combustibles **Ecologie :** *Les centrales nucléaires n'émettent que très peu de gaz à effet de serre. *Les déchets n'occupent qu'un faible volume et ne polluent pas la biosphère. **Economie :** * L'énergie nucléaire crée des emplois hautement qualifiés et profite à l'économie par des prix de l'électricité stables et calculables.	**Coûts :** *Besoin d'un grand capital investi. **Ecologie :** *Les accidents majeurs sont rares mais peuvent avoir de lourdes conséquences. *Acceptation sociale controversée. **Economie :** *Les gisements d'uranium sont limités en comparaison des sources d'énergie renouvelables.
OPPORTUNITE	**MENACES**
Export : *Une fois concrétisé, l'énergie pourra être exportée notamment en Afrique. **Partenariats :** *Profiter du RETEX français (1er partenaire du Maroc) en matière de gouvernance de l'énergie nucléaire *Notamment avec la Chine qui s'intéresse de plus en plus à nouer des liens économiques avec le Maroc. **Innovation et recherche :** Via la création de nouvelles filières et l'encouragement à intégrer ce sous domaine de l'énergie dans d'autres secteurs.	*Risque d'interprétation d'abandon de la transition énergétique *Pourrait lever des soupçons d'utilisation du nucléaire pour des raisons de guerre

Synthèse du nucléaire

Les partisans du développement de la production d'énergie partent du principe qu'à mesure que les réserves mondiales de pétrole s'amenuiseront, l'utilisation accrue d'autres sources d'énergie, dont l'énergie nucléaire, contribuera à éviter d'imposer des changements brutaux au corps social et permettra d'améliorer les conditions de vie dans le monde entier.

Fondamentalement, la plupart des partisans de l'énergie nucléaire estiment qu'une énergie abondante est à la base d'une société productive et stable. Ils soulignent les rapports étroits qui existent entre l'énergie et l'emploi.

Toutefois, ceux qui sont contre l'énergie nucléaire sont en général pour le développement d'autres sources d'énergie existantes telles que le charbon ou le pétrole en mer ainsi que pour la mise en valeur, dans l'avenir, de sources telles que l'énergie solaire.

L'énergie nucléaire dans le Monde

Le nucléaire est une importante source d'énergie à faible émission de carbone dont l'expansion se constate partout dans le monde. Pourtant, alors qu'il pourrait impacter significativement la décarbonation du mix énergétique, le nucléaire est de plus en plus marginalisé. Il n'a contribué qu'à hauteur de 4 % à la croissance de la consommation mondiale 2018 et ses investissements ne représentaient que 3 % des investissements énergétiques globaux. Dans un rapport publié le 28 mai 2019, l'AIE a sonné l'alarme en affirmant que « sans le nucléaire, les objectifs d'électricité verte étaient hors de portée ».

Des pays comme les USA, la Russie, la Chine, la Finlande, le Royaume-Uni et bien d'autres ont déjà développé leur capacité nucléaire, ainsi des pays riches en hydrocarbures comme l'Arabie saoudite et les Émirats arabes unis qui suivent cette trajectoire. Les États-Unis et des pays riches en hydrocarbures comme l'Arabie saoudite et les Émirats arabes unis développent également l'énergie nucléaire.

La France, qui évolue vers une économie sans combustibles fossiles, a opté pour l'énergie nucléaire qui est la source de production des trois quarts de l'électricité française. Avec 58 réacteurs répartis sur 19 sites différents, la France possède le plus grand parc nucléaire d'Europe et le deuxième du monde après les Etats-Unis. La France est également l'un des pays où les émissions de CO2 par kilowatt d'électricité produite sont les plus faibles.

Selon l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), nous avons les indicateurs ci-dessous : (source **Rapport d'ensemble sur la technologie nucléaire 2020 AIEA, basée sur les données jusqu'au 31 décembre 2019**)

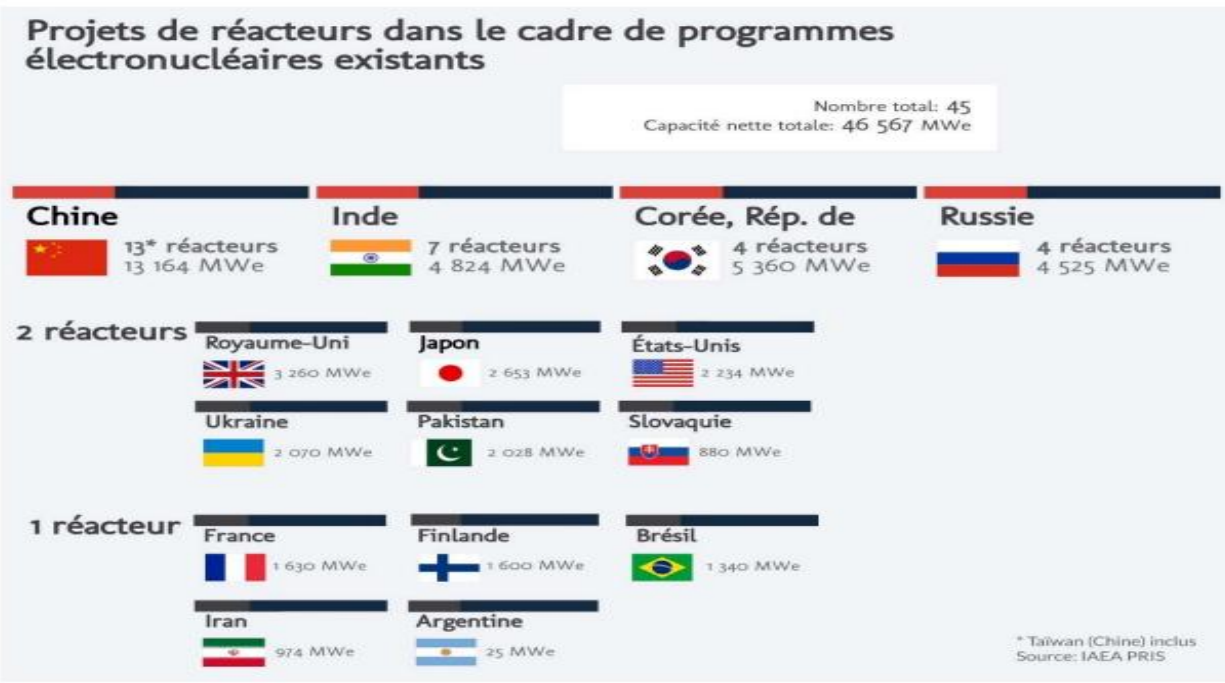
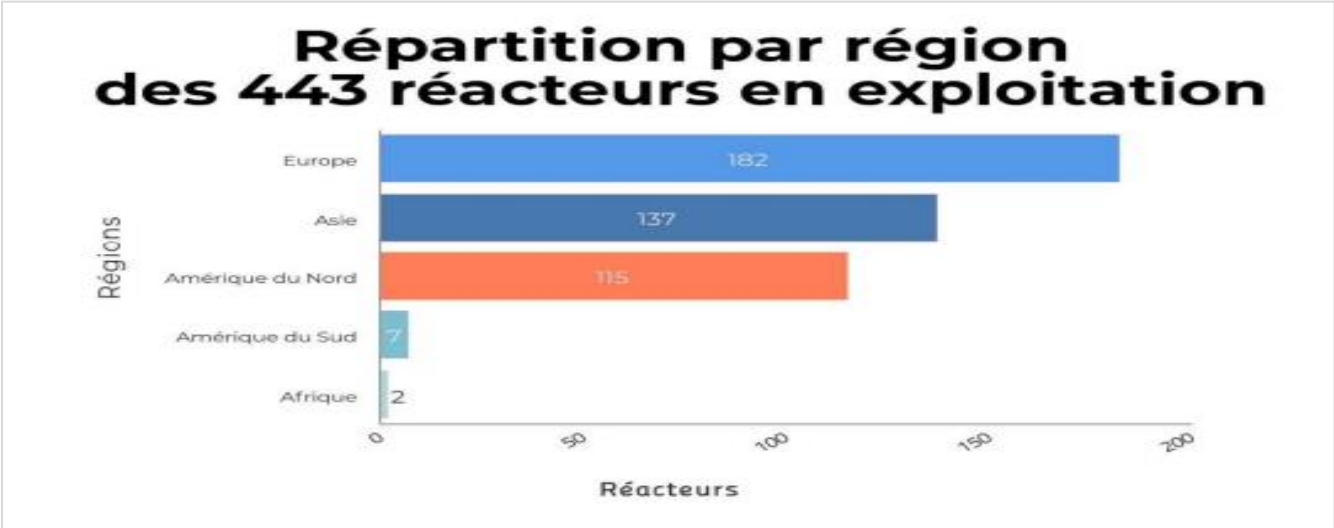
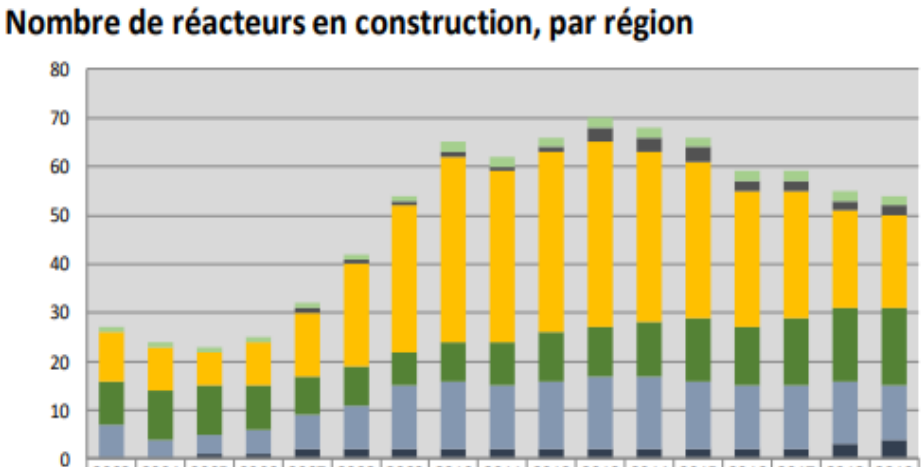


FIG. A-5. Quinze États Membres menant un programme électronucléaire construisent des réacteurs supplémentaires.





	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Amérique latine	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Amérique du Nord	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	3	3	3	2	2	2	2
Asie - Extrême-Orient	10	9	7	9	13	21	30	38	35	37	38	35	32	28	26	20	19
Asie - Moyen-Orient et Asie du Sud	9	10	10	9	8	8	7	8	9	10	10	11	13	12	14	15	16
Europe centrale et orientale	7	4	4	5	7	9	13	14	13	14	15	15	14	13	13	13	11
Europe occidentale	0	0	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	4

FIG. A-3. Nombre de réacteurs en construction, par région.
(Source : Système d'information sur les réacteurs de puissance de l'AIEA www.iaea.org/pris)

A la suite de la catastrophe de Fukushima en 2011, la plupart des pays occidentaux se sont engagés à fermer des sites.

De nombreux pays sont préoccupés par le climat et s'efforcent de parvenir à un approvisionnement énergétique plus propre, mais les solutions qu'ils proposent varient d'un pays à l'autre. Certains pays ont décidé de fermer leurs centrales nucléaires, tandis que d'autres viennent de recourir à l'énergie nucléaire et en construisent de nouvelles (comme la Finlande). Les pays qui ont opté pour le nucléaire commencent à se rendre compte que les alternatives vertes ne sont pas encore suffisantes. Dans les pays où l'énergie renouvelable est combinée à l'énergie fossile, les émissions de CO2 augmentent au lieu de diminuer.

Les pays qui envisagent l'énergie nucléaire pour leur approvisionnement énergétique futur et qui sont pleinement engagés dans la lutte contre le changement climatique font preuve d'une vision à long terme où l'économie et la décarbonisation vont de pair.

Les réacteurs du futur pour une énergie durable

En produisant de l'électricité en grande quantité, sans générer de gaz à effet de serre, le nucléaire dispose d'atouts pour lutter contre le dérèglement climatique. Mais cette industrie est aussi confrontée à des enjeux en termes de compétitivité, de disponibilité, de sûreté, de lutte contre la prolifération, de raréfaction de la ressource et de gestion des déchets. Autant d'enjeux qui imposent de poursuivre sur la voie de l'innovation technologique qui a toujours été un moteur du développement. Cette innovation passe aujourd'hui par le développement de réacteurs nucléaires à neutrons rapides, dits de « 4ème génération ».

Un triple intérêt :

Les réacteurs à neutrons rapides (RNR) présentent trois intérêts majeurs. D'abord, celui de permettre de consommer tout le plutonium produit par le parc actuel des réacteurs à eau légère.
Ensuite, la possibilité de brûler tout type d'uranium, y compris l'uranium appauvri et celui issu du retraitement du combustible usé sorti des centrales actuelles. Un rendement exceptionnel, qui, en préservant les réserves mondiales d'uranium, fait définitivement passer le nucléaire dans la catégorie des énergies durables.

Enfin, la possibilité de transmuter certains actinides mineurs, principaux contributeurs de l'émission de chaleur et de la radiotoxicité résiduelle des déchets ultimes sur le très long terme. Ce qui permettrait de réduire significativement leur volume de stockage et leur toxicité.

Pionnière dans cette filière, la France a chargé le CEA de mener les recherches sur ces systèmes nucléaires innovants. Celui-ci concentre ses recherches sur deux filières de réacteurs à neutrons rapides : l'une refroidie au gaz, et l'autre au sodium.

La filière gaz s'appuie sur un projet de réacteur expérimental de petite taille, appelé Allegro, et porté par un consortium européen constitué de 4 instituts (VUJE Slovaquie, UJV République tchèque, MTA-EK Hongrie, NCBJ Pologne). Celle-ci apparaît toutefois comme une option à long terme du fait des importants verrous technologiques qui restent à lever pour démontrer sa faisabilité.

La filière refroidie au sodium, plus mature, pourrait être déployée dès l'horizon 2040. Les études sont pilotées en France par le CEA, autour du projet de démonstrateur technologique ASTRID, actuellement en phase d'avant-projet sommaire.

ASTRID : un démonstrateur en rupture avec la technologie actuelle

Les réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium ont fait l'objet de nombreux projets dans le monde qui ont permis d'accumuler plus de 400 années-réacteur d'exploitation, dont 100 en exploitation industrielle. Ils constituent la voie aujourd'hui retenue en référence par l'ensemble des pays engagés dans le développement de réacteurs à neutrons rapides de 4ème génération.

Le projet ASTRID présente des innovations décisives par rapport aux précédents réacteurs à neutrons rapides refroidis au sodium. Il possède notamment une propriété remarquable : la capacité de produire son propre combustible dans le cours même de son fonctionnement. C'est pourquoi on le qualifie de réacteur surgénérateur. D'une puissance de 600 MWe, il devrait être construit sur le site de Marcoule et entrer en exploitation dès le début des années 2020, pour préparer un déploiement industriel à partir de 2040.

Les Small Modular Reactors : maîtriser les coûts, sans s'affranchir de la sûreté

Faible puissance (moins de 300 MWe), construction modulaire standardisée en usine, telles sont les caractéristiques de ces Small Modular Reactors (SMR), qui visent à faciliter l'accès à l'énergie nucléaire pour les compagnies d'électricité de taille moyenne, les pays contraints économiquement, ou encore les zones isolées.

Outre la production d'électricité, ces SMR peuvent fournir de la chaleur industrielle et contribuer à la production d'eau douce. Leur utilisation pour la propulsion navale civile est également envisagée à plus long terme.

Les États-Unis, la Chine, la Russie et la Corée du Sud se sont d'ores et déjà positionnés sur ce marché. En France, un consortium « SMR » réunissant le CEA, EDF, Areva et DCNS, a été mis ne place en depuis 2012 pour étudier la faisabilité technique et économique - au meilleur niveau de sûreté - de ces petits réacteurs nucléaires en vue d'élaborer l'offre française dans ce domaine. Ces études ont conduit les français à retenir la seule filière des réacteurs à eau pressurisée et une puissance unitaire autour de 150 MWe. Deux types de centrales sont envisagés : les centrales terrestres, regroupant 2 à 4 SMR un même site, et des centrales immergées, selon le concept Flex Blue.

Flex Blue : des unités sous-marines de petite puissance, à proximité des côtes

Le concept de SMR immergé Flex Blue consiste à implanter une ou plusieurs unités SMR jusqu'à 100 m de profondeur, à une distance plus ou moins éloignée de la côte, dans la limite des eaux territoriales. Ces unités sont surveillées et opérées depuis le rivage, avec la présence à bord du module - permanente ou non - d'une équipe d'intervention.

Les avantages sont multiples : la disponibilité d'une source froide illimitée permet d'optimiser le fonctionnement du réacteur, la mer assure une protection intrinsèque de la centrale contre les agressions externes et des populations face au risque radioactif, sans oublier le faible impact sur le paysage.

L'Akademik Lomonosov – première tranche nucléaire de son type

Fin 2019, la Russie a mis en service la centrale nucléaire Akademik Lomonosov. Il s'agit de la toute première installation équipée de petits réacteurs à eau sous pression parmi toute une flotte qui permettra d'approvisionner en électricité, en chaleur et en eau dessalinisée les régions russes reculées et arides. Ses deux réacteurs à eau sous pression, d'une puissance électrique de 35 mégawatts chacun, sont capables de couvrir le besoin en électricité d'une ville de 200'000 habitants.

Le nucléaire et l'impact de la pandémie Covid-19 :

La production de nucléaire a en revanche diminué "***d'environ 3 %***" sur la période, en réponse à la baisse de la demande et parce que moins de réacteurs étaient opérationnels dans certaines régions. La Covid-19 "*est la première pandémie de cette ampleur*" dans l'histoire de l'énergie nucléaire, a souligné l'édition 2020 du World Nuclear Industry Status Report.

Selon la même source, sur l'année 2019, la part de la production d'électricité à partir des énergies renouvelables (hors hydroélectricité) dans le mix énergétique a même dépassé pour la première fois celle de l'énergie nucléaire (10,39 % contre 10,35 %).

Par contre, la production annuelle d'électricité nucléaire a augmenté. Elle a atteint 2657 térawattheures nets (TWh), soit une progression de 3,7 % par rapport à 2018 "*et seulement 3 TWh de moins que le pic historique de 2006*", peut-on lire dans le même rapport. La moitié de cette hausse est liée à une augmentation de plus de 19 % de la production nucléaire chinoise.

Le nucléaire au Maroc

Le Maroc s'intéresse au nucléaire depuis trois décennies. Les premières études de faisabilité ont été menées dans les années 80, juste après le premier choc pétrolier.
Par ailleurs, des études de faisabilité technico-économiques avaient été menées il y a une vingtaine d'années pour évaluer l'opportunité de construire trois réacteurs de 1 000 MWe entre Safi et Essaouira, le long de la côte Atlantique. A l'époque, le site avait rempli l'ensemble des critères de sûreté.

Cependant, la situation économique du pays n'a pas permis de prolonger le programme. Le projet a été reporté. Par ailleurs, un programme nucléaire oblige un pays comme le Maroc à disposer d'une infrastructure technologique apte à accompagner le programme sur le long terme.

Le Maroc dispose d'un centre de recherche nucléaire qui constitue actuellement une plate-forme de développement des applications nucléaires et de radioprotection ; le CNESTEN (Centre national de l'énergie, des sciences et des techniques nucléaires) se situe à la Maâmora dans la région de Rabat dans un centre forestier d'une vingtaine d'hectares.

Le centre exploite un réacteur de recherche de 2 MW, créé en 2003 avec l'aide de la France et des Etats-Unis.

L'Agence marocaine de sûreté et de sécurité nucléaires et radiologiques dresse le bilan ci-dessous:

- 3.681 autorisations de sources de rayonnements ionisants délivrées
- 973 d'entre elles ont été accordées en 2019
- 255 établissements inspectés dans les différentes régions sur la même période
- 5.700 appareils à rayons X au niveau du parc radiologique au Maroc
- 8,5 millions de DH est la valeur des financements de projets de formation, équipement, donations et contributions aux projets et activités de l'Agence en 2019

Synthèse du nucléaire au Maroc

Le Maroc prépare les conditions de sûreté technologique pour être apte à prendre la décision en temps voulu. Tout un arsenal juridique et réglementaire se met en place.

En décembre 2020, Le projet de support de l'Union européenne (UE) à l'Agence marocaine de sûreté et de sécurité nucléaires et radiologiques (AMSSNuR) pour développer ses capacités et renforcer le cadre réglementaire national de sûreté nucléaire constitue un modèle pour l'Afrique, a indiqué le directeur général de l'Agence, Khammar Mrabit.

Avec son réacteur de recherche de 2 MW en exploitation, avec un groupe de plus de deux cents scientifiques, ingénieurs, techniciens et étudiants travaillant autour de ce réacteur et reliant le CNESTEN et son réacteur à un réseau d'universités, d'industries et d'hôpitaux du pays et de toute l'Afrique, le royaume semble prêt à générer de l'énergie nucléaire selon (Martin, 2011 ; Marfak et Krafes, 2017).

Pour pouvoir se développer au Maroc, l'énergie nucléaire devra être plus compétitive que le charbon (importé mais peu couteux). A long terme, l'atome apparaît comme une alternative aux hydrocarbures pour la production d'électricité.

Le Maroc a donc développé une base de connaissances et d'expériences dans les activités nucléaires en vue de prendre une décision éclairée sur l'introduction de l'énergie nucléaire.

Aussi, le rôle de l'Etat dans la mise en place de conditions favorables au développement des énergies bas carbone est essentiel comme le démontrent amplement la Chine et la Russie en matière de nucléaire. Cela peut concerner des domaines aussi variés que la disponibilité des compétences et des infrastructures de recherche, des standards et des processus de sûreté adaptés aux technologies nouvelles, une ingénierie financière optimisée pour les investissements capitalistiques liés sans exclusive à toutes les énergies bas carbones, une évolution du marché de l'électricité valorisant la performance carbone et la sécurité d'approvisionnement.

Dans le domaine du nucléaire, les processus d'innovation menant de la recherche au marché ralentissent significativement dans de nombreux pays de l'OCDE. Or, la disponibilité de technologies adaptées aux besoins et susceptibles de faire l'objet de décisions de déploiement dans le cadre de futures politiques énergétiques exige de réaliser dès aujourd'hui des investissements significatifs. Une part de la solution peut résider dans un accroissement de la coopération multinationale qui seule permet de mutualiser les ressources et les intelligences pour arriver à faire mûrir les technologies les plus prometteuses, qui soient à la fois plus respectueuses de l'environnement et plus efficaces économiquement.

BENCHMARK

Contexte

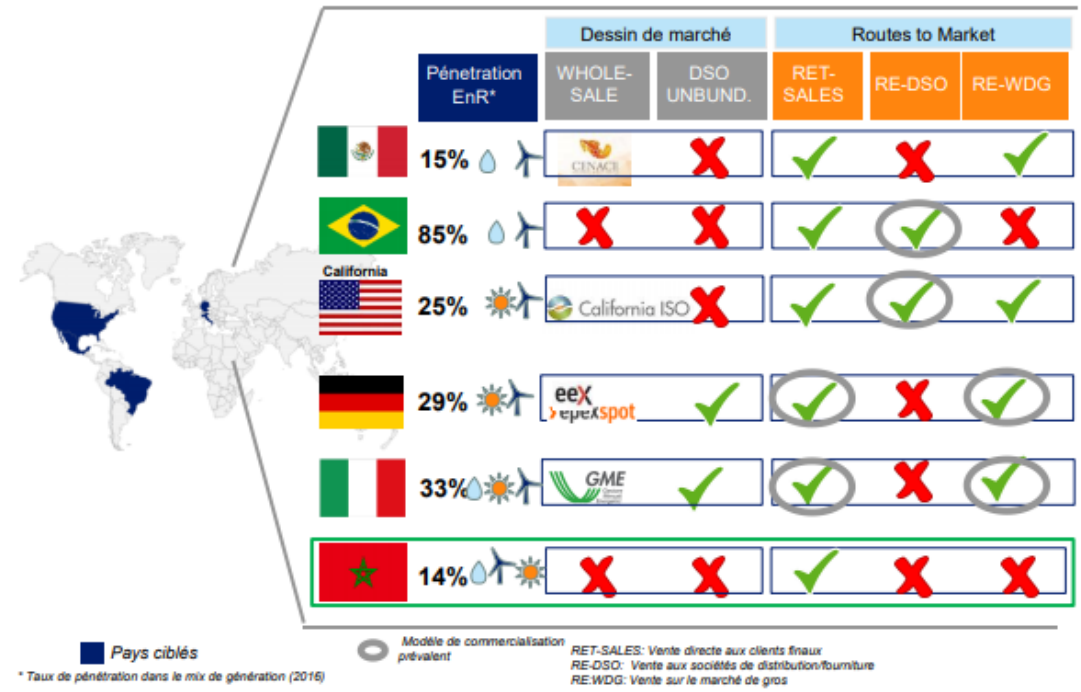
L'accès à l'énergie constitue une priorité stratégique dans le monde entier. Aujourd'hui encore, près de 1,6 milliard de personnes n'ont pas accès à une énergie moderne et trois milliards de personnes dépendent de la « biomasse traditionnelle » et du charbon comme source principale de combustible. L'absence d'accès à une énergie propre, abordable et fiable entrave le développement humain et économique et constitue un obstacle majeur à la réalisation des objectifs du Millénaire pour le Développement.

Dans ce sens, vu l'importance de l'énergie pour le développement durable et la lutte contre la pauvreté, l'Assemblée générale des Nations Unies a proclamé dans sa résolution 65/151 l'année 2012 l'initiative « Énergie durable pour tous » avec trois objectifs pivots à l'horizon 2030 :

- Un accès universel à des services énergétiques modernes ;
- Une réduction de 40 % de l'intensité énergétique mondiale ;
- Une augmentation de 30 % de l'utilisation des énergies renouvelables dans le monde.

Meilleures pratiques internationales

Les résultats d'un benchmark international sur les modèles de commercialisation de l'énergie renouvelable dans différents marchés, émergents et matures, documentent un large éventail de mécanismes et instruments utilisés pour permettre une forte pénétration des renouvelables :



Source : Pöyry Management Consulting sur la base des données nationales disponibles

Le Maroc a cependant opté pour un modèle introduisant un système de vente directe au détail (RET-Sales) pour les producteurs privés d'énergie renouvelable. Une telle approche a été développée avec succès dans certains pays grâce à :

Un cadre réglementaire clair et stable	Des règles d'accès au réseau pour les énergies renouvelables claires et transparentes	Des méthodologies tarifaires efficaces	Suivi public des avancements vers l'atteinte des objectifs en énergie renouvelable:
• Des règles claires et des mesures de stabilité à long terme sont nécessaires pour assurer l'attractivité et la profitabilité des investissements.	• En Europe, cela a été obtenu via la définition de procédures standard spécifiques pour l'accès au réseau des renouvelables. • Au Mexique,cela a été assuré grâce à la création d'une entité spécifique chargée de surveiller sur l'évaluation technique des nouveaux candidats, bien que la connexion soit négociée bilatéralement avec le distributeur-fournisseur. • Des mécanismes de support financiers diversifiés (tels Feed-in Premium ou Feed-in Tariffs, autres systèmes de support financier direct) et des règles de dispatching claires	• Une réduction des frais de réseau est envisagée pour les producteurs d'énergie renouvelable dans nombreux pays (Italie, Allemagne), on retrouve aussi des systèmes de tarification avantageux pour l'énergie renouvelable réinjectée dans le réseau (par exemple au Brésil).	• Un registre public est généralement disponible afin de surveiller et assurer les progrès du pays / région dans l'atteinte de ses objectifs • En Californie, l'Energy Commission publie chaque année un rapport de suivi qui détaille toutes les installation de production renouvelables opérationnelles et non opérationnelle admissibles au programme Renewable Portfolio Standards, • Au Mexique la CCER surveille le progrès du pays via l'Inventaire national des énergies propres.

Comparaison des règlementations existantes de déploiement des énergies renouvelables

					California		
ACCES AU RESEA	ACCES STANDARD	✗ Termes négociés avec l'operateur de système	✓ Négocié avec CFE mais garanti par CENACE	✗ Termes négociés mais présence d'un code de réseau	✓ Termes et conditions claires et transparentes (codes de réseau)	✓ Termes et conditions claires et transparentes (codes de réseau)	✓ Termes et conditions spécifiques pour EnR (i.e. TICA, REDIGI)
	PRIORITE DE CONNEXION	✗ N.D.	✗ N.D.	✗ Termes négociés mais présence d'un code de réseau	✗ Termes et conditions claires et transparentes (codes de réseau)	✓ Priorité de connexion mais conditions négociés bilateralement	✓ Assurée par les DSOs
GESTION DU RESEAU	DISPATCHING PRIORITAIRE	✓ Defini mais pas transparent	✗ N.D.	✗ Règles non-claires	✗ Economic dispatch	✓ Actuellement en discussion	✓ Pour le même prix d'offre
	CURTAILMENT TRANSPARENCE	✗ Règles non-claires	✗ Règles non-claires	✗ Règles non-claires	✓ Accès libre et en temps réels au données de marché (OASIS)	✓ Data en temps réel sur conditions du réseau	✓ Data en temps réel sur conditions du réseau
	CURTAILMENT CAP	✓ Negocié sur base annuelle annual basis	✗ N.D.	✗ N.D.	✗ N.D.	✗ N.D.	✗ N.D.
	COMPENSATION DE CURTAILMENT	✗ N.D.	✗ N.D.	✗ N.D.	✓ Prix négatifs autorisés	✓ Si perte de revenue >1%/an remboursement complet	✓ Unités programmables compansées au prix zonal
	AGGREGATION	✗ N.D.	✓ Seulement aggregation de la demande	✗ N.D.	✓ Autorisé pour installations <0.5 MW dans le marché de gros	✓ Aggregation de la demande et de la génération	✗ Aucune participation au marché (actuellement)
INCENTIFS	OBLIGATION D'ACHAT POUR LE DSO	✓ Prévu mais non operattionnel	✗ Target de géneration EnR	✓ Obligation d'intégration sur les DSO viá système d'encheres public	✓ Obligation pour les utilities	✗ N.D.	✗ Target de géneration EnR
	CERTIFICATS VERTS	✗ N.D.	✓ CELs negocié bilateralement ou dans le marché	✗ N.D.	✓ Renewable energy credits	✗ N.D.	✓ CV negocié bilateralement ou dans le marché
	FIP	✗ N.D.	✗ N.D.	✗ N.D.	✗ N.A.	✓ Ycompris CfD	✓ Ycompris CfD
	FIT	✗ N.D.	✗ N.D.	✓ FiT terminés en 2004	✓ Petites installations < 3 MW	✓ Levied tax	✓ Levied tax
	CREDITS D'IMPOTS INCENTIVES	✓ Reduction frais d'import	✓ Depreciation rapide	✓ Incintifs financiers par BNDES	✓ Incitatifs financiers directes	✓ Facilités pour l'accè au crédit	✓ Deduction fiscale pour PV pour travaux de renovation
	NET METERING	✓ Ouvert aussi aux autoproducteurs en MT	✓ Seulement pour BT (< 500 KW)	✓ Pour géneration distribuée jusqu'à 5 MW	✓ Pour génération distribuée de petite taille (résidentiel ou commercial)	✗ N.D.	✓ Economic net metering
	AUTRES	✓ N.D.	✓ Prêt à taux bonifié	✓ Deduction sur frais de connection	✓ SP programme	✓ Deduction sur frais de connection	✓ Deduction sur frais de connection

Pour situer le Maroc dans son contexte régional, nous allons faire une comparaison (benchmark) entre 3 pays de la région MENA, à savoir : la Tunisie, l'Égypte et la Jordanie.
En effet, les 3 pays du MENA, ont tous un déficit énergétique, une situation énergétique comparable, des économies similaires et une transition énergétique qui est à ses stades embryonnaires.

La Tunisie, l'Égypte et la Jordanie sont considérées comme de bons exemples pour d'autres pays de la région MENA, car ils sont entrain de relever de nombreux défis liés à l'approvisionnement en énergie, qui pèse encore sur les gouvernements et constitue un obstacle au développement social et économique de ces pays. La forte demande et la consommation d'énergie, la croissance démographique, les sources non renouvelables limitées (avec leur impact négatif sur les écosystèmes), et le développement économique ont tous incité ces gouvernements à trouver des sources d'énergie alternatives, à réviser leurs stratégies énergétiques et à prendre des décisions importantes, généralement par un changement réglementaire dans la perspective d'un recours croissant aux énergies renouvelables.

Le Maroc, la Tunisie et l'Egypte, tous trois pays méditerranéens qui se distinguent par trois critères principaux :

- L'existence d'objectifs nationaux ambitieux, de politiques de soutien et de réalisations ;
- Un fort potentiel de marché et une expérience dans les projets d'énergies renouvelables ;
- Actifs industriels locaux et niveau d'investissement dédié aux énergies renouvelables.

Le Maroc, la Tunisie et l'Egypte représentent près de 90% de la capacité actuellement installée d'EnR parmi les Pays Nord Africains. Le Maroc, la Tunisie et l'Égypte sont les seuls pays avec la Jordanie où des plans nationaux d'énergies renouvelables ont été adoptés. La définition de plans EnR est essentielle pour développer un marché local, ce qui est une condition préalable absolue pour développer une industrie manufacturière locale selon les acteurs publics et privés.

En marge de ce benchmark, nous présentons aussi trois exemples qui par leur particularité que ce soit géographique, économique ou politique, peuvent être considéré comme exemples de transition énergétique assez particuliers ; le Portugal, l'Allemagne et la Turquie.

Par sa taille et sa proximité, le Portugal, pays de l'Union européen, peut faire partie des pays benchmarqués avec le Maroc et de le prendre comme pays cible, vu les progrès réalisés par ce dernier au cours des deux dernières décennies dans la transition énergétique « sur mesure ».

L'Allemagne également pays de l'union européen et quatrième puissance économique mondiale est considéré le leader en développement massif d'installation en énergies renouvelables, notamment l'éolien et le solaire. L'Allemagne a enregistré des pas géants en développement technologiques et en innovation des EnR. Le modèle de l'Allemagne reste persuasif à être benchmarqués pour plusieurs raisons : La politique allemande doit à la fois assurer l'avenir de son industrie très compétitive et permettre une transition énergétique qu'elle souhaite exempte de nucléaire et moins dépendante des énergies fossiles. Pourtant l'Allemagne souffre encore de son impuissance à atteindre ses objectifs prévus pour la réduction des GES, le recours aux EnR sera une priorité du pays puisqu'il a décidé aussi la sortie du charbon d'ici 2038. Cette décision salutaire va nous aider à dresser nos perspectives dans notre scénario Tournesol qui prévoit lui aussi la sortie du Charbon.

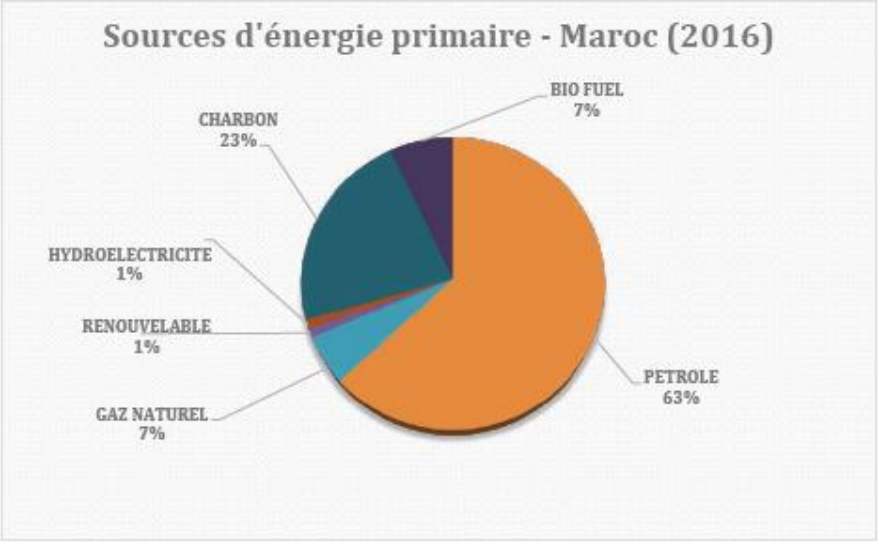
La Turquie, pays méditerranéen ne faisant pas partie de l'Union européen, et pourtant elle a connu ces derniers temps une forte émergence dans le secteur énergétique due à la forte croissance économique. Elle a réalisé de grandes avancées en la libéralisation du marché électrique local. La

Turquie actuellement développe de grands projets en solaire photovoltaïque et l'éolien offshore et exprime une grande ambition à faire augmenter sa part en EnR dans son mix énergétique.

1. LE MAROC

Ressources d'énergie

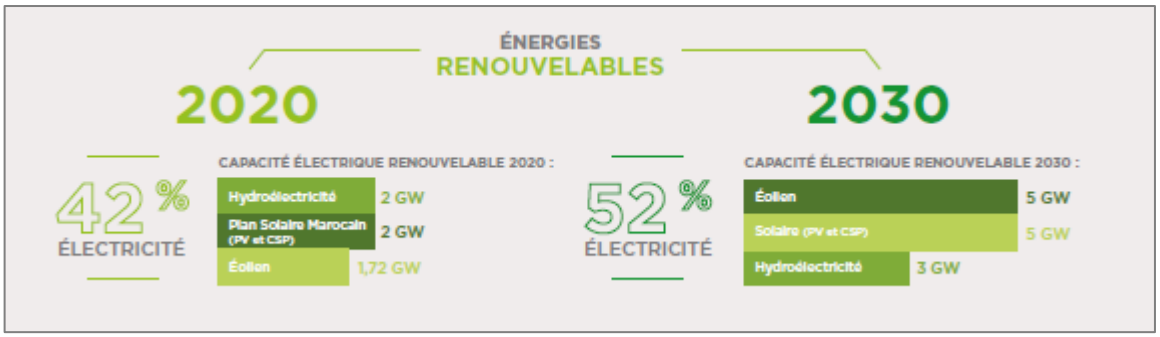
Comme le montre le graphe ci-dessous, et contrairement à ses voisins de la région, le Maroc est fortement dépendant des importations d'énergie. Plus de 90% de l'énergie fournie est importée : charbon, pétrole, gaz algérien et électricité.



Source IEA (2016)

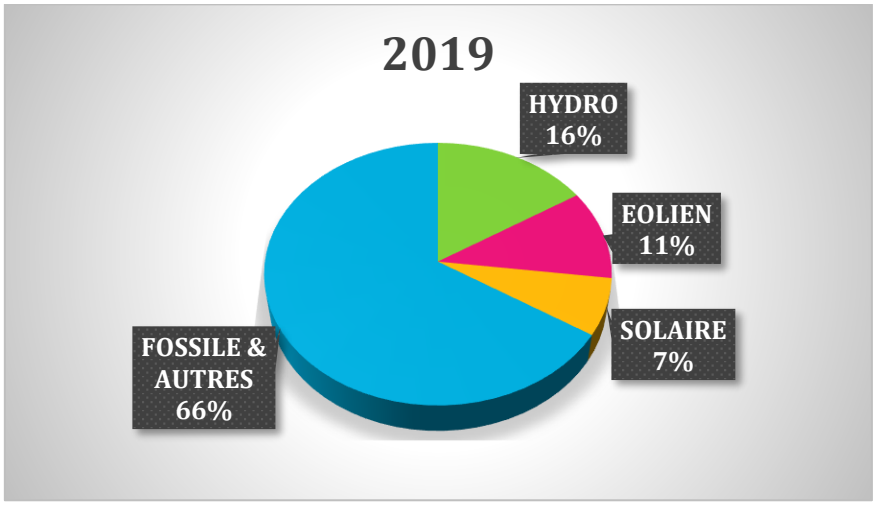
Depuis les années 1990, le gouvernement marocain a mis l'accent sur le rôle central de l'énergie dans le développement économique et social. Un programme ambitieux a été mis en place en 1995 pour étendre l'accès à l'électricité à la population rurale en général. Le réseau couvre aujourd'hui 99% de la population, contre 18% il y a une vingtaine. Cette évolution a contribué à une importante croissance économique, mais a également entraîné une forte augmentation de la demande en électricité. La production d'électricité au Maroc, dépend principalement du charbon et du pétrole à 64,5%, 19% de gaz et 16,5% de renouvelable. L'éolien représente la plus grande part du renouvelable et a été développé principalement à partir de 2009.

En 2009, le gouvernement marocain a élaboré une stratégie énergétique nationale fixant des objectifs clairs et précis. Cette stratégie couvre cinq axes principaux : optimiser le mix énergétique dans la production d'électricité, accélérer le développement des énergies renouvelables, faire de l'efficacité énergétique une priorité nationale, encourager davantage d'investissements étrangers dans le secteur de l'énergie et promouvoir une plus grande intégration régionale.
Concernant les énergies renouvelables, d'ambitieux objectifs ont été fixés : 2 GW d'énergie éolienne, 2 GW d'énergie solaire et d'une augmentation de la capacité hydroélectrique de 2 GW pour 2020. Sur cette base, les énergies renouvelables devraient représenter 42% de la capacité installée à 2020 et 52% d'ici 2030 pour la fourniture d'électricité.



Source : Euro Med Invest /UE/UM

Le Maroc, actuellement d'après les chiffres publiés par le ministère de l'Energie et des Mines et du développement Durable (MEMDD) et l'Agence Marocaine d'énergie durable (MASEN), en matière d'énergies renouvelables contribuant dans le mix électrique, cette contribution a atteint les 34% (soit un total de 3700 MW de production électrique) ; avec un taux en énergie hydroélectrique de 16% (1770 MW), éolien 11% (1220 MW) et solaire 7% (711 MW).



Source : Ministère d'énergie et des mines et de développement durable

Efficacité énergétique

Par la création de l'AMEE (Agence Marocaine d'efficacité énergétique), le Maroc commence à concrétiser ses objectifs en efficacité énergétique tels sont fixés en stratégie nationale pour la transition énergétique.

Source : Euro Med Invest /UE/UM

Cadre réglementaire marocain

Un cadre juridique et réglementaire a été mis en place en 2009. Ce cadre comprend :

- Loi relative à l'autoproduction d'électricité jusqu'à 50 MW de puissance ;
- Loi n° 13-09 relative à la production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables ;
- La loi 16-08 sur l'autoproduction autorise pour la première fois toute personne physique ou morale à produire de l'électricité pour ses propres besoins. Cette autoproduction est soumise à autorisation et assortie notamment des conditions suivantes :
    - La capacité ne doit pas dépasser 50 MW.
    - La production est destinée à l'usage exclusif du producteur.
    - L'excédent de production éventuel doit être vendu directement à l'ONEE.

- Loi n° 16-09 relative à la création de l'agence nationale pour le développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (ADEREE) ;
- Loi n° 57-09 portant création de la société « Moroccan Agency Solar Energy» (MASEN) actuellement elle s'est nommée « Moroccan Agency Sustainable Energy » ;
- Décret n°2-09-410 du 30 juin 2009 portant création de la société d'investissement énergétiques (SIE) ;
- Loi 47-09 relatif à l'efficacité énergétique par la mise en place des actions d'amélioration et d'optimisation de la consommation d'électricité dans le bâtiment, l'industrie et le transport ;
- Loi 48-15 sur la régularisation du secteur énergétique et mise en œuvre de l'Autorité Nationale de régulation du secteur de l'électricité - ANRE (2016).

Ce cadre juridique et réglementaire a pour objectifs :

- De mettre en œuvre des normes en matière d'efficacité énergétique ;
- De permettre à l'industrie privée de faire de l'autoproduction et d'alimenter le réseau ;
- De créer un régulateur (cette autorité de régulation a été créée en 2016 - ANRE) ;
- De promouvoir l'énergie solaire (Agence marocaine pour l'énergie solaire) ;
- De promouvoir la recherche et le développement dans les énergies renouvelables (Institut de recherche sur les énergies renouvelables et solaires IRESEN).
- Mise en chantier de trois instituts de formation aux métiers des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique (Institut de Formation aux Métiers des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique, IFMEREE) à Oujda, Tanger et Ouarzazate -> les premiers

La loi n° 13-09 de 2009 a mis en place les fondements de développement des énergies renouvelables au Maroc. Elle a permis, en effet, l'ouverture du marché de la production et de la commercialisation d'électricité produite à partir de sources renouvelables au secteur privé, avec un accès au réseau électrique national Très Haute Tension (THT), Haute Tension (HT), et selon certaines conditions, l'accès au réseau Moyenne Tension (MT). Le réseau Basse Tension (BT), est désormais inclus dans l'extension visée par la loi 58-15, qui est une mise à jour de la loi 13-09. Cette loi permet l'ouverture au marché électrique de sources renouvelables de la Basse Tension (BT), la vente de l'excédent cette énergie produite à l'ONEE et vise également à augmenter le seuil de la puissance installée pour les projets de production d'énergie électrique de source hydraulique de 12 MW à 30 MW et tenir en compte l'avis de l'Agence du Bassin Hydraulique dans les processus d'autorisation.

Ces programmes sont maintenant établis et financés, ils commencent à avoir un impact sur le développement de l'ensemble du secteur des énergies renouvelables, ainsi que sur l'activité de R & D au Maroc.

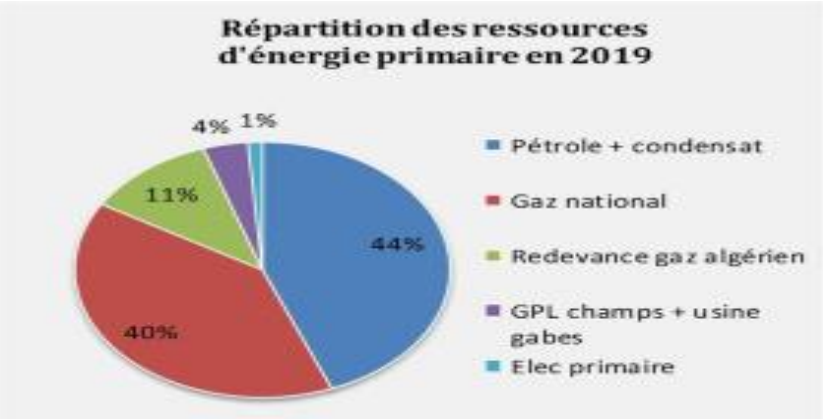
Les principaux investisseurs en EnR au Maroc, sont :

- Brookstone Partners (Etats-Unis). 2016. Platinum Power, dont le fonds est actionnaire de référence, développe 3 centrales hydroélectriques (56 MW) et un parc éolien (50 MW).
- ACWA (Arabie saoudite). 2015. Le groupe est l'actionnaire majoritaire, à 70 %, de Khalladi Wind Farm, projet de parc éolien de 120 MW situé à 15km à l'est de Tanger (126 M€).
- Voltalia (France). 2015. Voltalia, lié au fonds Creadev, crée à Rabat une filiale nommée Volta Maroc.
- Glual (Espagne). 2015. Le fabricant de composants de turbines éoliennes, mais aussi de concentrateurs solaires, héliostats, fermes photovoltaïques, crée Glual Energy Maroc.
- First Solar (États-Unis). 2014. Le fabricant de panneaux photovoltaïques se dote d'un hub commercial à Casablanca pour élargir sa présence en Afrique du Nord.

2- LA TUNISIE

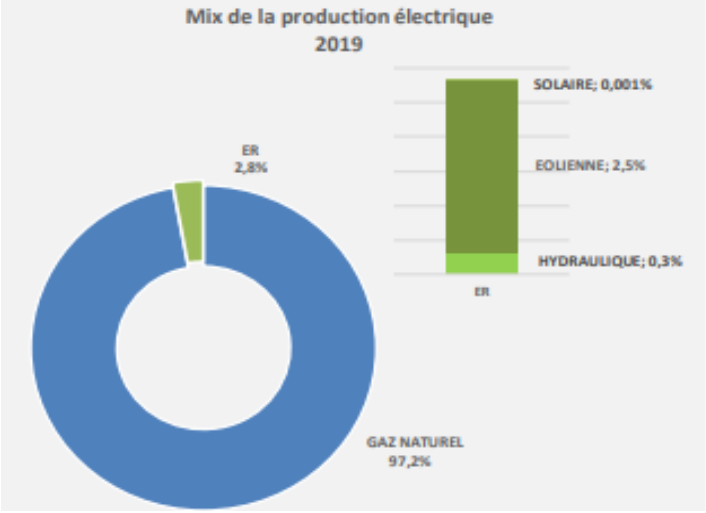
Ressources d'énergie

Les ressources d'énergie primaire restent dominées par la production nationale de pétrole et du gaz qui participent tous les deux à hauteur de 84% de la totalité des ressources d'énergie primaire. La contribution des sources d'énergie renouvelables en Tunisie est toujours non significative, avec seulement 1% du mix énergétique.



Source : Ministère de L'énergie, des Mines et de la Transition énergétique –Rapport 2019

Les seuls projets d'énergie solaire opérationnels en Tunisie sont les systèmes photovoltaïques distribués à petite échelle et sont estimés à 15 MW cumulés.
La production d'électricité à partir des énergies renouvelables représente uniquement 2.8% (en tenant compte de la production des centrales uniquement) versus 97,2 % d'électricité à partir du gaz naturel. Le graphique suivant illustre le mix de la production électrique en 2019.



Source : Ministère de L'énergie, des Mines et de la Transition énergétique –Rapport 2019

La ressource éolienne, c'est la ressource renouvelable la mieux développée en Tunisie avec 240 MW de capacité installée dans les régions de EL Alia (Gouvernorat de Bizerte) et de Sidi Daoued (Gouvernorat de Nabeul). L'éolien a contribué cette année 2019 avec une production d'électricité de 500 GWh.

Cadre réglementaire tunisien

L'organisation du secteur de l'énergie en Tunisie se fait à travers :

Les structures de l'État qui organisent le secteur des énergies renouvelables sont :

- Le Ministère de l'Industrie qui est le ministère de tutelle. Le Ministère de l'Énergie des Mines et des Énergies Renouvelables MEMER a été dissout en Aout 2018. La Direction Générale de l'Énergie (DGE) a la charge de la mise en œuvre de la politique énergétique de l'État.
- L'Agence Nationale pour la Maitrise de l'Énergie (ANME) est un établissement public chargé de la mise en œuvre de la politique de l'État en termes de maitrise de l'énergie et de la promotion des énergies renouvelables
- L'Entreprise Tunisienne des Activités Pétrolières, est le NOC (National Oil Company), l'organe opérationnel de l'état dans le secteur des hydrocarbures
- La Société Tunisienne d'Électricité et du Gaz (STEG), est l'opérateur électrique national qui gère les réseaux de distribution électrique et du gaz.

Les Lois et Décrets d'applications :

L'État tunisien a mis en place une batterie de textes règlementaires et de lois qui remontent au milieu des années 80 pour la promotion de la maitrise énergétique et la promotion des énergies renouvelables. Les principales dates à retenir :

- 2004 : Loi relative à la maitrise de l'énergie. Cette loi traite de la maîtrise de l'énergie dans ses 3 composantes :
- L'utilisation rationnelle de l'énergie,
- La promotion des énergies renouvelables

Le remplacement d'une forme traditionnelle de l'énergie par une autre forme d'énergie lorsque les conditions techniques et économiques le permettent

Cette Loi a été modifiée et complétée par la Loi 2009-7, qui permet désormais le rachat par la STEG des excédents des auto-producteurs d'électricité.

- 2005 : Loi 2005-82, loi portant création d'un système de maitrise de l'énergie - Loi 2005 -106, loi portant sur la création du Fond Nationale pour la Maitrise de l'Énergie (FNME), ce fond constitue un outil de soutien financier à la politique de promotion des énergies renouvelables.

- 2009 : Loi 2009-7 du 9 février 2009, modifiant et complétant la loi 2004-72 du 2 aout 2004. Cette loi régit les établissements de service énergétique

- 2009 : lancement du Plan Solaire Tunisien faisant partie du Plan Solaire Méditerranéen (PSM) a initié une quarantaine de projets dans le solaire thermique, photovoltaïque et éolien sur la période 2010 →2016. Le PST a été révisé en 2012, pour définir de nouveaux objectifs

- 2015 : Loi 2015-12, relative à la production d'électricité à partir des énergies renouvelables complète le cadre règlementaire existant et donne un cadre légal pour le développement des énergies renouvelables à grande échelle pour pouvoir atteindre les objectifs fixés pour 2030 à savoir 30% du mix énergétique électrique proviendrait des énergies renouvelables.

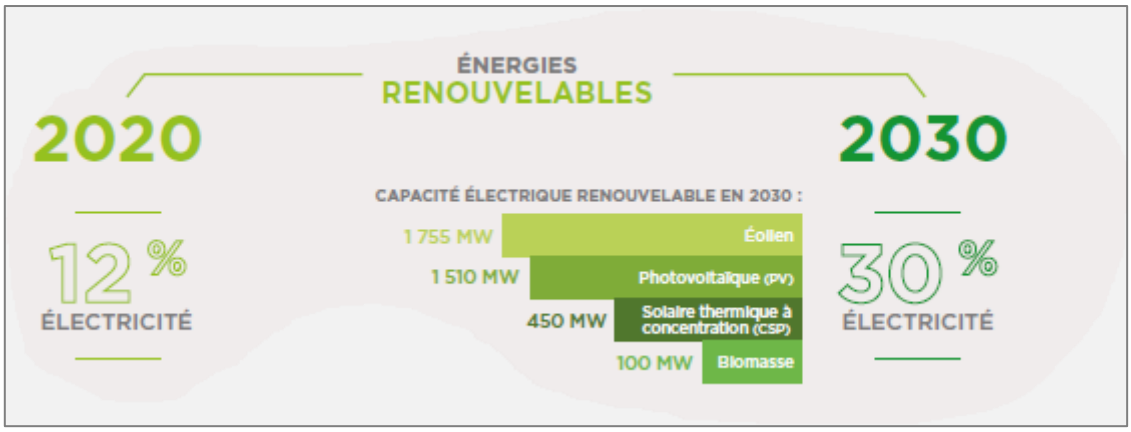
- 2016 : Le décret d'application Nº 2016-1123 de la loi 2015-12, fixant les conditions et les modalités de réalisation des projets de vente de l'électricité produite à partir des énergies renouvelables.

Efficacité énergétique

La Tunisie est le pays méditerranéen ayant engagé de plus longue date sa transition énergétique : l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables font partie intégrante de sa stratégie depuis les années 2000. La Tunisie compte atteindre 100 Mtep d'économies d'énergie cumulées entre 2005 à 2030.

Les principaux investisseurs en EnR en Tunisie, sont :

- Catecar (Suisse). 2014. Le groupe, via sa JV tunisienne axée sur l'innovation automobile, va produire la Libellule, véhicule roulant à l'énergie solaire, à Sousse.
- Fire Energy (Luxembourg). 2013. Le spécialiste de l'énergie solaire ouvre une filiale en Tunisie sous le nom de Fire Energy Tunisia, sa deuxième filiale sur le continent africain.
- Arborescence Capital (France). 2012. Le fonds établit un groupement d'intérêt économique (GIE) avec la STEG pour développer les énergies renouvelables en Tunisie.
- Saint-Gobain Solar (France). 2011. La filiale énergie solaire du groupe crée Aurasol, une société de fabrication de panneaux photovoltaïques implantée à Béja (1,32 M€).
- ENI (Italie). 2010. SITEP, la JV du groupe avec l'entreprise d'Etat ETAP, investit dans une centrale thermo-solaire pour alimenter sa concession pétrolière d'El Borma (15,4 M€).



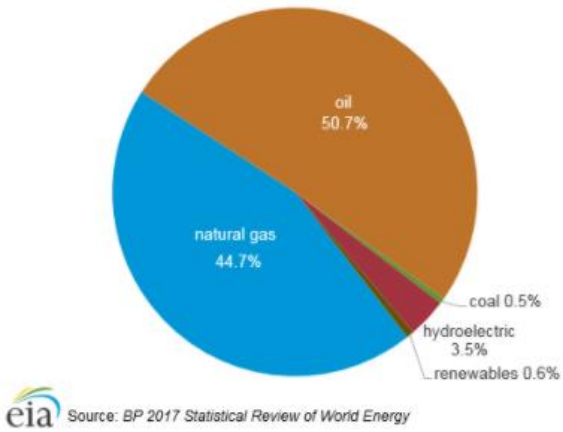
Source : Euro Med Invest /UE/UM

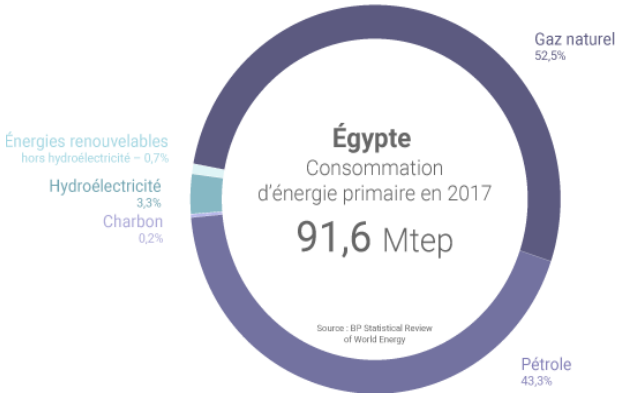
3. L'EGYPTE

Ressources d'énergie

Le pétrole et le gaz naturel peuvent être considérés comme les principales sources d'énergie en Égypte, répondant à environ 95% des besoins énergétiques nationaux.

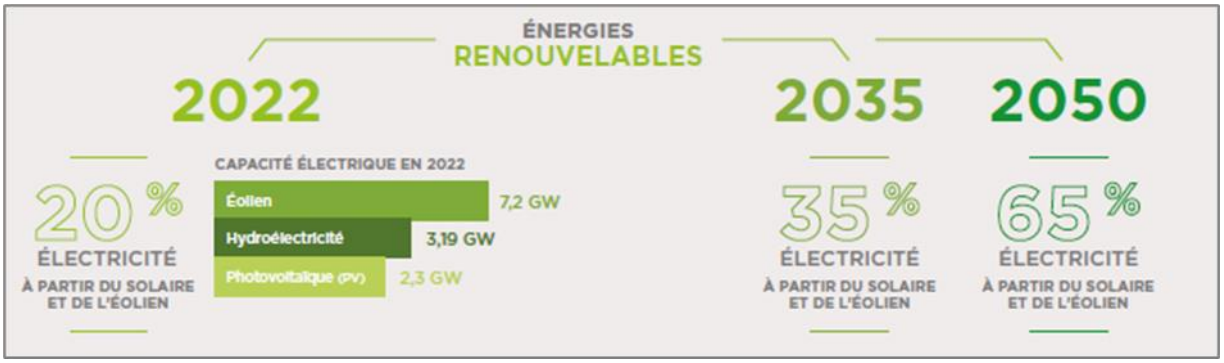
En raison de l'urbanisation rapide et de la croissance économique, la demande d'électricité en Égypte a augmenté ces dernières années, avec un taux de croissance annuel compris entre 7 et 10%, nécessitant de sécuriser environ 2 GW de nouvelles capacités chaque année. La Figure ci-dessous représente les principales sources d'électricité de l'exercice 2017. Il est clair qu'environ 89% sont basés sur des combustibles fossiles, alors que les sources d'énergie renouvelables, y compris l'hydroélectricité, représentent 11%.





La ressource renouvelable la mieux développée en Égypte est l'énergie éolienne, où elle occupe la première place dans la région arabe avec 750 MW de capacité installée grâce à gigantesque ferme éolien de Gabel El-Zayt et de Zafarana. La capacité installée totale du parc éolien de Zafarana est de 545 MW, ce qui en fait l'un des plus grands parcs éoliens terrestres au monde.

Les objectifs en termes de mix énergétique sont très ambitieux, 20% de renouvelable en 2022 et 35% en 2035. Avec ces objectifs, le solaire aussi est en cours de développement rapide, en effet, l'impressionnant site de Benban au nord d'Assouan, étendu sur plus de 36 km2, devrait être opérationnel courant 2019. Avec une puissance totale de 1GW, ce parc est composé d'une trentaine de projets, dont 15 ont été déjà signés.



Source : Euro Med Invest /UE/UM

Cadre réglementaire égyptien

L'Égypte dispose de différents mécanismes pour promouvoir les énergies renouvelables.

Tarif de rachat

Un tarif de rachat garanti (Feed-In-Tariff : FIT) est appliqué depuis septembre 2014 pour les projets éoliens et photovoltaïques. L'échelle des projets varie de petite à grande échelle. L'objectif du mécanisme FIT est d'atteindre 2000 MW d'énergie éolienne et d'énergie photovoltaïque. La capacité maximale par projet est de 50MW. Ce mécanisme prévoit 300MW supplémentaires provenant de systèmes photovoltaïques sur toiture. Les contrats d'achat d'électricité seront respectivement valables pour 20 et 25 ans pour l'énergie éolienne et l'énergie photovoltaïque.

Les appels d'offres

Environ 750 MW de projets éoliens et une centrale solaire thermique intégrée de 140 MW ont été installés dans le cadre d'un système d'appel d'offres concurrentiel.
Actuellement, plus de 1000 MW de technologies différentes sont en phase de mise en œuvre et de préparation. L'objectif de NREA est d'augmenter la capacité installée pour atteindre environ 2 000 MW, principalement à partir de l'énergie éolienne.

Producteurs d'électricité indépendants (IPP)

Grâce au programme IPP (Independent Power Producers), les développeurs peuvent vendre l'électricité à un ou un groupement de consommateurs. Ce point est très important dans le développement de l'autoproduction industrielle.

Les principaux investisseurs en EnR en Egypte, sont :

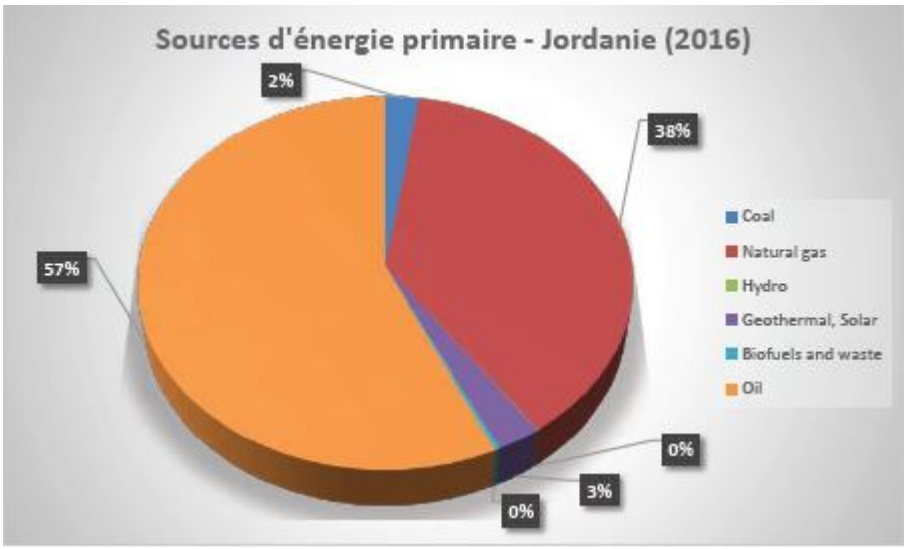
- Actis (Royaume-Uni). 2015. Lekela Power, détenue à 60 % par le fonds Actis, développe une centrale PV de 50 MW et deux fermes éoliennes dans le Golfe de Suez.

- Masdar (Émirats arabes unis). 2015. L'investisseur relance le projet de parc éolien de 200 MW à Khaleg Al Suez dans le Golfe de Suez (340 M€).
- Building Energy (Italie). 2015. L'entreprise s'associe à l'autorité publique NREA pour la construction et gestion de deux centrales PV à Benban (154 M€).
- Siemens (Allemagne). 2015. Le groupe investit dans une usine de fabrication de pales de rotors pour éolienne.
- Italcementi/Italgen (Italie). 2014. La branche énergie renouvelable du cimentier investit dans la construction d'un parc éolien de 120 MW près de la ville côtière d'El-Zaafarana (150 M€).

4. LA JORDANIE

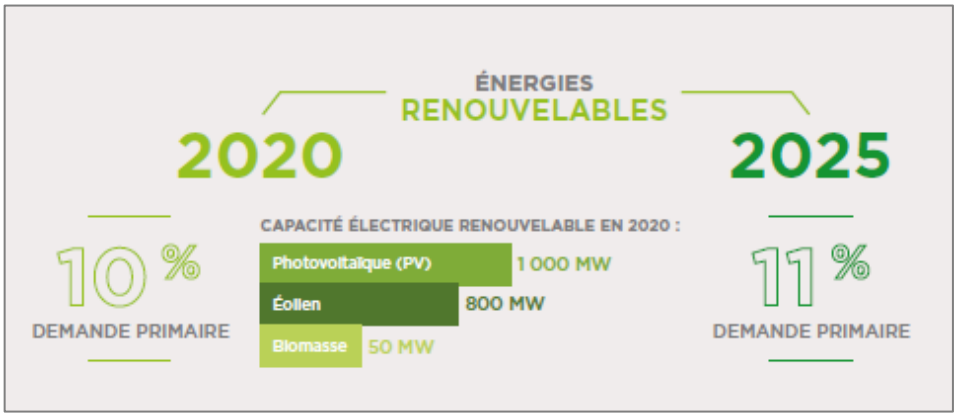
Ressources d'énergie

La Jordanie est un pays fortement dépendant des importations de pétrole, et de gaz. Pour satisfaire une demande croissante de 8% par an, la Jordanie doit importer 95% de ses besoins en hydrocarbures (pétrole et gaz). D'après le Ministère de l'Énergie et des Ressources Minérales, la facture énergétique du pays avoisine les 20% du PIB.



Source IEA : Sources d'énergies primaires - Jordanie

Dans une volonté de réduire cette dépendance aux énergies fossiles, et aux importations, le Ministère de l'Énergie et des Ressources Minérales (MEMR) a mis en place une stratégie de modernisation du secteur de l'énergie. Cette stratégie ambitionne à réduire la dépendance aux énergies fossile en introduisant un mix énergétique basé sur la diversification des sources d'énergies, principalement les énergies renouvelables (puisque la Jordanie est pays a fort gisement solaire), et l'énergie nucléaire.
Dans sa stratégie pour le secteur de l'énergie, le gouvernement jordanien a défini des objectifs pour augmenter la part des énergies renouvelables à 1800 MW soit 10% du mix énergétique total à 2020. Environ 1 200 MW seront générés par l'énergie éolienne, 600 mégawatts par l'énergie solaire et entre 30 et 50 MW par des installations de valorisation énergétique des déchets. Des études menées par l'Autorité des ressources naturelles de Jordanie ont révélé la présence d'eaux géothermiques moyennes et basses dans la vallée du rift de la mer Morte.



Source : Euro Med Invest /UE/UM

Cadre règlementaire jordanien

La loi sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique a été promulguée en 2010 et adoptée par le Parlement en 2012. Cette loi a pour objectif d'accroître la contribution des énergies renouvelables au bouquet énergétique total, contribuer à la protection de l'environnement et à la réalisation du développement durable et l'amélioration de l'efficacité énergétique dans divers secteurs.

Cette loi fournit un cadre approprié pour atteindre les objectifs définis dans la stratégie nationale d'efficacité énergétique. Selon la loi :

- Le ministère dresse une liste de sites prioritaires pour le développement des énergies renouvelables et lance des appels d'offres pour attirer les investisseurs.
- À l'exception des sites développés par adjudication publique, toute personne peut soumettre une proposition directe au ministère pour développer un projet d'énergie renouvelable, à condition qu'elle remplisse certains critères.
- L'entité responsable de la fourniture en vrac et de la vente au détail devrait accepter la livraison et l'achat de toute l'énergie électrique générée par l'installation de production d'énergie renouvelable, quelle que soit sa taille.
- Le coût d'interconnexion d'une installation d'énergie renouvelable au réseau devrait être à la charge du titulaire de la licence de fourniture en vrac.
- Tous les systèmes et équipements utilisant des sources d'énergie renouvelables et l'efficacité énergétique (qu'ils soient fabriqués localement et / ou importés) seront exemptés de tous droits de douane et de toutes taxes de vente.
- Un fonds pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique sera créé pour soutenir les activités liées aux énergies renouvelables et à l'efficacité énergétique.

Pour promouvoir le développement des énergies renouvelables et atteindre les objectifs fixés (10% du mix énergétique en 2020), le gouvernement jordanien a mis une série de mesures pour encourager les investissements :

- Les investissements dans les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique bénéficient d'allégements fiscaux ;
- Tous les systèmes et équipements d'énergie renouvelable et d'efficacité énergétique sont exemptés de tous droits de douane et taxes de vente, qu'ils soient fabriqués localement et / ou importés.

- Une exemption de 100% de l'impôt sur le revenu sur 10 ans pour les producteurs d'énergie indépendants produisant de l'énergie renouvelable.

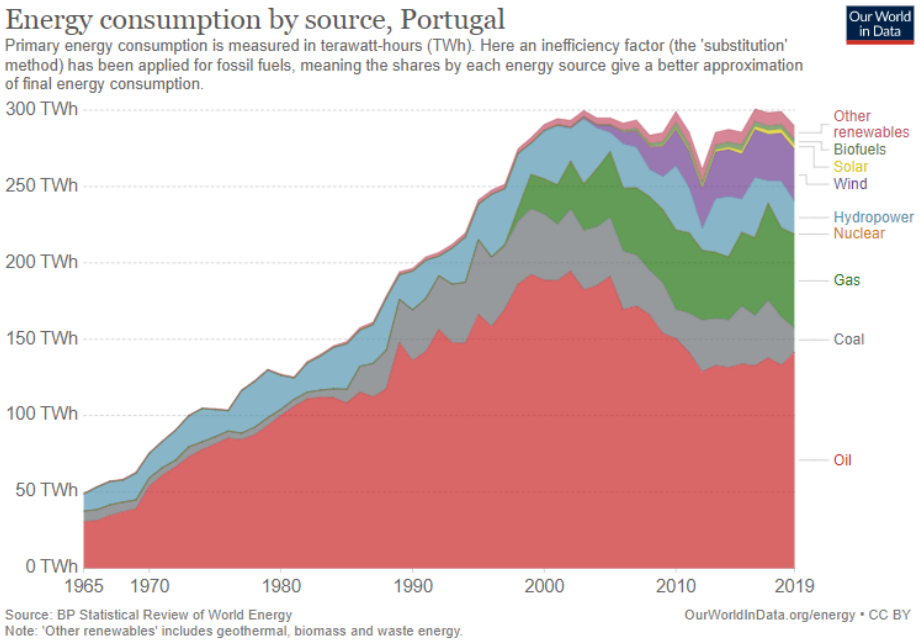
Les principaux investisseurs en EnR en Jordanie, sont :

- SunRise PV systems (Grèce). 2015. La PME remporte l'un des quatre contrats BOT prévus de centrale solaire de 50 MW en Jordanie, sa première opération à l'étranger.
- Mitsubishi (Japon). 2015. Le groupe développe Shams Ma'an, la plus grande centrale solaire du pays, en partenariat avec le qatari Nebras et le local Kawar (45,8 M€).
- Nebras Power (Qatar). 2015. Le groupe développe, en partenariat avec Mitsubishi et le local Kawar, la plus grande centrale solaire du pays d'une capacité de 52 MW située à Ma'an (45,8 M€).
- SCATEC SOLAR (Norvège). 2014. Le groupe lance, avec trois partenaires jordaniens, la construction en BOT de trois centrales solaires situées à Ma'an dans le sud de la Jordanie (50,5 M€).
- Sun Edison (États-Unis). 2014. Le fournisseur d'énergies renouvelables construit une centrale solaire de 23 MW dans le gouvernorat de Ma'an avec le soutien de la BERD et de l'OPIC (49,7 M€).

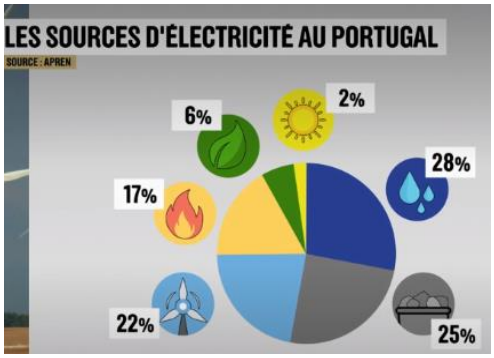
5. LE PORTUGAL

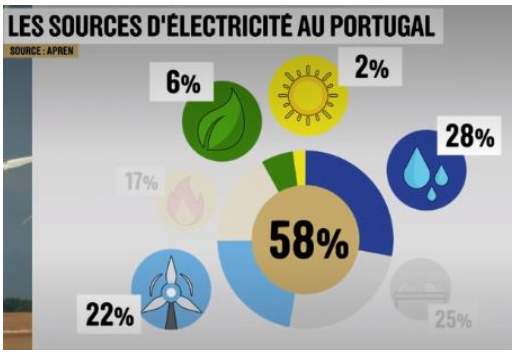
Ressources d'énergie

Le Portugal a un important déficit énergétique, puisqu'il ne produit ni pétrole ni gaz et importe la totalité de son énergie fossile, soit 80% des besoins en énergie primaire du pays.



Un important développement des énergies renouvelables dans la composition du mix énergétique du pays, a contribué à améliorer la situation énergétique du pays. En effet, la production d'électricité à partir des énergies renouvelables a atteint 58% en 2018, avec une grande part d'hydroélectricité (28%) et d'éolien (22%) de production électrique, suivi de 6% de biomasse et de 2% de solaire photovoltaïque.





Source : Association Des Energies Renouvelables (APREN)

Le Portugal est devenu un des leaders européens dans la production et l'utilisation des ressources renouvelables. La production d'énergies renouvelables a atteint l'un des plus hauts niveaux d'Europe. En mars 2018, un pic a même été atteint, le pays ayant généré 143% de sa consommation électrique grâce aux énergies vertes.

Cadre réglementaire

Le Portugal a reformé et élaboré une politique énergétique depuis le milieu des années 2000.Ces politiques, ont mis l'accent sur le développement d'une activité économique accrue dans le secteur de l'énergie, une augmentation rapide du déploiement des énergies renouvelables, libéralisation accrue des marchés dans les secteurs de l'électricité et du gaz naturel et un renforcement de l'efficacité énergétique.
Dans le cadre des objectifs européens «20-20-20 » visant à atteindre en 2020 :

i. Une réduction de 20% des émissions de gaz à effet de serre par rapport aux niveaux de 1990 ;
ii. Une part de 20% d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation brute finale et,
iii. Une réduction de 20% de la consommation d'énergie primaire par rapport aux prévisions de consommation pour 2020 (sur la base du scénario de référence de 2007 en appliquant le modèle PRIMES de la Commission européenne), une nouvelle stratégie énergétique en adéquation avec ces objectifs a été élaborée. Cette stratégie a permis une action concertée pour la réalisation d'objectifs énergétiques nationaux et européens, une réduction des coûts d'investissement et une plus grande compétitivité nationale. La nouvelle stratégie comporte également des propositions visant à renforcer les interconnexions avec les réseaux européens d'électricité et de gaz naturel, ainsi que des mesures visant à promouvoir la durabilité économique et environnementale.

Deux plans d'actions pour traduire cette stratégie énergétique en actions sont élaborés :

- Résolution du Conseil des ministres n° 20/2013 du 10 avril qui approuve le Plan National d'Action pour l'Efficacité Énergétique (PNAEE 2016) pour la période 2013-2016 et le Plan National d'Action pour les Énergies Renouvelables (PNAER 2020) pour la période 2017-2020. Ces plans fixent notamment des objectifs d'intégration et de promotion des ENR à l'horizon 2020, conformément à la directive européenne 2009/28/CE.
- Le Plan National de l'Energie et du Climat (PNEC 2030), soumis à la Commission Européenne en Janvier 2019, devrait être validé à l'été 2019 et déterminera la nouvelle stratégie à suivre. Ce document a pour ambition de planifier les moyens et objectifs en matière de changement

climatique, afin de répondre aux “Accord de Paris” et de moderniser l’économie en favorisant les énergies renouvelables.

- En matière de certification des bâtiments, tous types confondus, la législation portugaise semble moins sévère que la législation française. Ce système de certification énergétique des bâtiments (privés et publics) est devenu obligatoire en 2016 afin d'informer le citoyen de la qualité thermique des bâtiments lors de la construction, de la vente ou de la location. C’est l’ADENE, l’Agence pour l’énergie qui est en charge de reconnaître et d’homologuer les entreprises de certification énergétique en activité. Au Portugal, près de 1,5 M de propriétés possèdent déjà une classification énergétique.

Le Plan d’Actions National sur l’Efficacité Énergétique (NEEAP) a élevé l'efficacité énergétique au rang des priorités politiques. Pour ce faire, le Portugal a défini un objectif général à atteindre en 2020, soit une réduction de 25% de la consommation d’énergie primaire, ainsi qu’un objectif spécifique de 30% pour l’administration publique. Dans le cadre du plan d’utilisation de l’énergie provenant de sources renouvelables locales, le Portugal s’efforce de faire en sorte que les objectifs définis pour 2020, à savoir 31% de la consommation finale d’énergie brute et 10% de l’énergie utilisée pour les transports doivent provenir de sources renouvelables, au moindre coût pour l’économie.

Le Plan National de l’Energie et du Climat (PNEC 2030), présenté par le Gouvernement portugais début 2019 établit également des objectifs en matière d’efficacité énergétique, de sécurité énergétique, de R&D et de compétitivité. Les investissements globaux que le Portugal devra réaliser pour atteindre les objectifs du PNEC 2030 pourront atteindre 18,7 Mds EUR.

Ce Plan National Energie et Climat 2030 (PNEC), a pour ambition de porter à 80% la part des énergies renouvelables dans la production d’électricité d’ici 2030. Le gouvernement portugais a procédé à l’organisation de 2 enchères par an pour porter la capacité de production d’énergie solaire du pays à 7 GW en 2027. La 1 ère enchère prévoit l’attribution de 54 lots correspondant à la mise à disposition d’une capacité de connexion au réseau électrique de 1 350 MW. La 2 -ème enchère, de 700 MW prévu en 2020.

D’ici 2021, 31 nouvelles centrales photovoltaïques seront construites sur l’ensemble du territoire portugais et permettront de tripler la puissance photovoltaïque installée, passant des actuels 572 MW à près de 1 600 MW. L’investissement global est estimé à 800 M EUR.

Le recours à la biomasse pour la production d’énergie s’est fortement développé au Portugal. Parmi les 3 catégories de ressources disponibles (forestière, agroalimentaire et urbaine), c’est la biomasse forestière qui est aujourd’hui la plus utilisée. En 2017, le Portugal disposait de 624 MW de puissance biomasse installée et d’une vingtaine de centrales biomasses dont 9 exclusivement dédiée à la production d’électricité.

L'augmentation de la pénétration des énergies renouvelables a eu de nombreux avantages, notamment une moindre dépendance aux combustibles fossiles importés et une réduction des émissions de dioxyde de carbone dans le secteur de l'électricité. Un dispositif progressif pour la micro et la mini-production d'électricité à partir d'énergie renouvelable a été introduit.

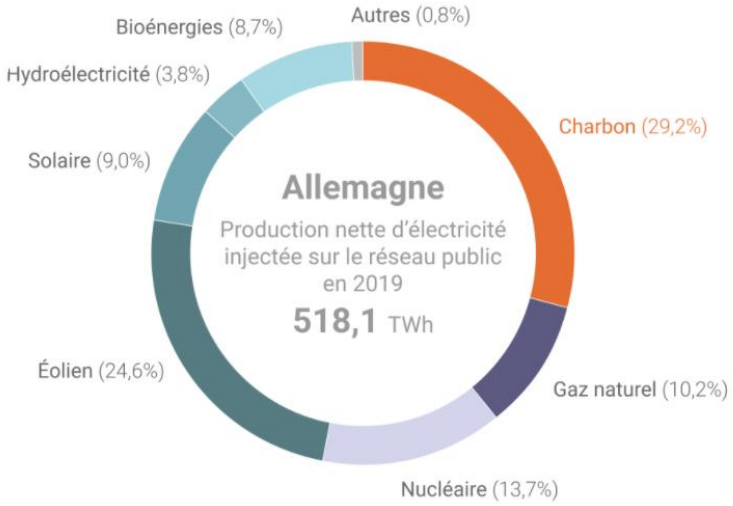
6. L'ALLEMAGNE

Ressources d'énergie

L'Allemagne est un importateur important de l'énergie fossile et le premier producteur au monde de Lignite, utilisée pour produire 22,5 % de son électricité en 2018. En ce qui concerne les énergies renouvelables, l'Allemagne en a développé rapidement sa puissance pour couvrir 13,8% en offre d'énergie primaire contre 79,6% par des sources fossiles. Dans le secteur électrique, 46% de la production provenait d'EnR en 2019, dont 24,6 % d'éolien, 9 % de solaire, 3,8% d'hydraulique et 8,7 % de biomasse.

Le nucléaire ne contribuait qu'à hauteur de 10,8 % d'énergie primaire en 2010, et cette part a fortement baissé en 2011 : 8,7 % suite aux fermetures de centrales post-Fukushima ; elle n'est plus que de 6,3 % en 2018 (11,8 % de la production d'électricité). La sortie du nucléaire a été décidée définitivement pour 2022 et sa part contributive en production d'électricité sera remplacée par les ressources renouvelables.

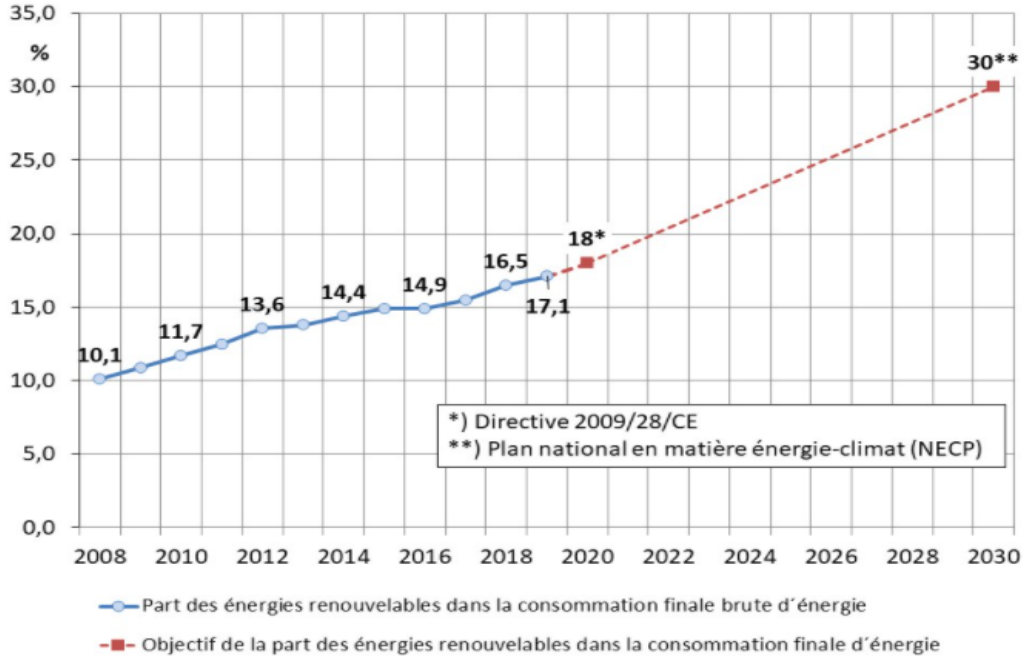
En 2019, le charbon et l'éolien étaient de loin les deux principales sources d'électricité en Allemagne. (©Connaissance des Énergies).



Source : Fraunhofer ISE

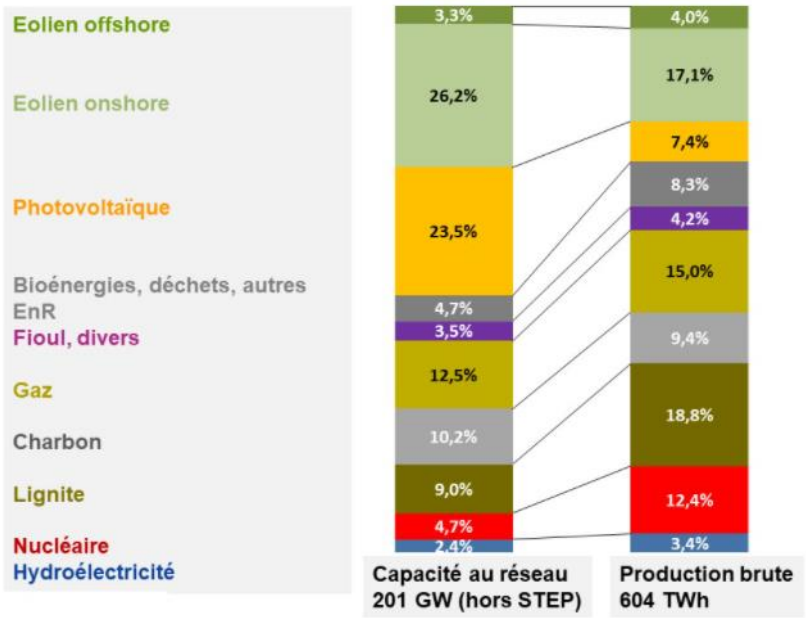
L´Allemagne s'est fixé un objectif de 18% dans la consommation énergétique finale brute à l´horizon 2020 et de 30% d´ici 2030.La capacité nette installée des énergies renouvelables intermittentes (éolien et photovoltaïque) représente environ la moitié de la capacité totale installée en Allemagne fin 2019. Cependant, éolien et photovoltaïque ont produit moins de 30% du courant en 2019.

Part et objectifs des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d´énergie (BMWi 2020a; Eurostat; BMWi 1)



L´Allemagne se concentre sur le développement massif des énergies renouvelables dans le secteur de l´électricité, mais est moins ambitieuse dans les autres secteurs.

Le gouvernement allemand s'est fixé comme objectif d'atteindre une part de 65% d'énergies renouvelables dans la consommation d'électricité d'ici 2030 sous condition que le réseau puisse accueillir la capacité supplémentaire.



Source : *Capacité au réseau (hors STEP et centrales en réserve ; pour les énergies renouvelables la capacité installée au 30.6.2019 est utilisée pour le calcul du pourcentage de production) et production brute en 2019*

La stratégie de transition énergétique

En Allemagne, la stratégie de transition énergétique, formalisée en 2010, a été revue à la suite de la décision, des autorités allemandes, de sortir du nucléaire à l'horizon 2022. La nouvelle version de cette stratégie maintient les mêmes axes stratégiques mais définit des objectifs beaucoup plus ambitieux.

Le premier axe porte sur la thématique de la sécurisation de l'approvisionnement qui doit par ailleurs être respectueux de l'environnement. Le principal objectif qui y est associé est celui du développement des énergies renouvelables et son corollaire le renforcement et l'adaptation du réseau de transport de l'électricité. Le gouvernement vise maintenant une part de 65% d´énergies renouvelables à la consommation brute d'électricité d´ici 2030.

Le second axe traite de l'offre d'une énergie respectueuse de l'environnement et à un prix accessible. L'objectif principal correspondant vise à renforcer le rôle du marché de l'électricité dans la synchronisation entre offre et demande. C'est cette synchronisation qui est susceptible de garantir la sécurité, la compétitivité et la sobriété environnementale de l'offre.

Le troisième axe concerne la réduction des gaz à effet de serre à travers notamment la consolidation des efforts d'efficacité énergétique.

Cadre réglementaire allemand

En Allemagne, c'est la loi EEG6 (Erneuerbare-Energien-Gesetz, EEG), promulguée en 2000 et amendée à plusieurs reprises (2004, 2009, 2012, 2014, 2017, 2020) depuis, qui régit les énergies renouvelables. Elle cible notamment :

- Le raccordement prioritaire des énergies renouvelables aux réseaux électriques ;
- La réception et la transmission prioritaires de l'électricité de source renouvelable par les exploitants de réseaux ;
- La répartition de cette électricité sur tout le territoire fédéral ;
- L'obligation de rachat, de l'électricité produite, par les exploitants des réseaux électriques ;
- L'obligation de paiement, de cette électricité, par les exploitants des réseaux selon les conditions prévues aux articles 6 à 12 ;
- Un système de prix de rachat garantis (Feed-in Tariffs-FIT) sur une période variante entre 15, 20 et 30 ans. Ces prix sont fonction de la technologie utilisée (éolien onshore ou offshore, solaire photovoltaïque ou thermique concentré, biomasse solide ou biogaz des décharges, …), et de la capacité de production développée. Certains de ces prix sont dégressifs ;
- Un système de certificats d'origine.

Dans la version amendée de 2014 qui tient compte de la stratégie de transition énergétique de 2012, des cibles ont été définies par source d'énergie. Il s'agit de :

- 2.500 MW/an pour l'éolien terrestre.
- 6.5 GW en 2020 pour l'éolien maritime au lieu 10 GW prévus initialement et 15 GW en 2030 au lieu de 25 GW.
- 2.500 MW/an pour le solaire.
- 100 MW/an pour la biomasse.

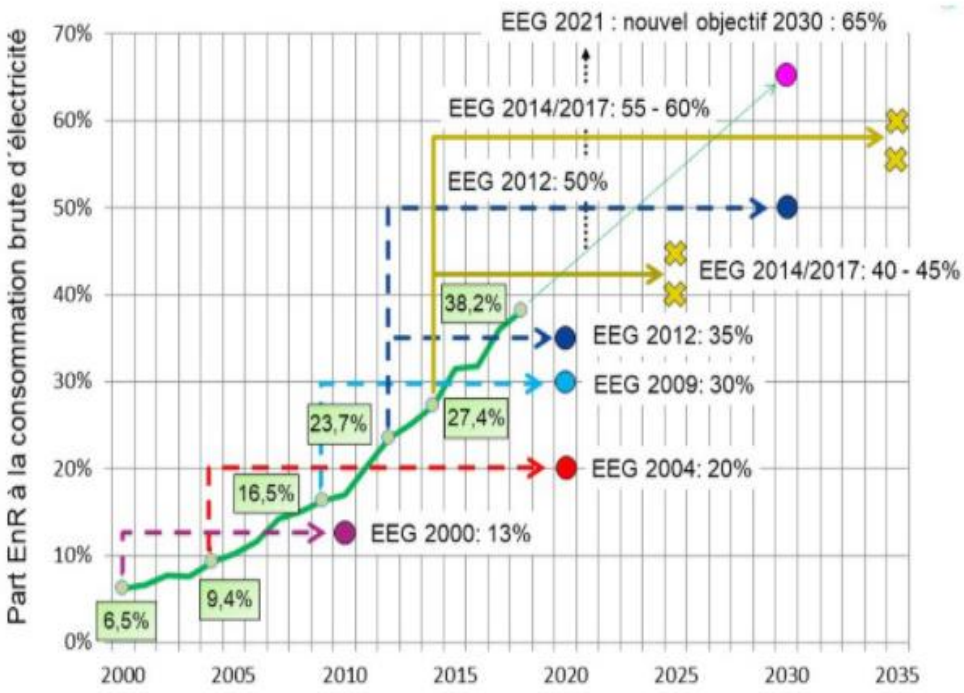
En 2017, cette même loi a fait l'objet à d'autres ajustements qui touchent les procédures de mise en concurrence par appels d'offres (BMWi 2019a). La modification la plus importante de la loi est que la

valeur de référence (EEG 2014) n'est plus fixée comme auparavant par l'État mais, comme en France, par le biais des procédures d'appels d'offres (appels d'offres bi-technologiques, appels d'offres pour l'innovation technologique et appels d'offres transfrontaliers).
Au fil du temps, le développement des énergies renouvelables a été freiné par certaines dispositions contreproductives de la loi EEG 2017 :

- Les privilèges des « sociétés de citoyens » dans le cadre des appels d'offres pour l'énergie éolienne,
- Le plafond, fixé à 52 GW pour l´ensemble des installations photovoltaïques jusqu`à 750 kW en raison des coûts élevés du soutien du photovoltaïque dans le passé
- La discussion sur la distance entre les éoliennes terrestres et les habitations.

L´avenant à la loi, entrée en vigueur en décembre 2020, entérine les nouveaux objectifs d´une capacité installée de 20 GW à l´horizon de 2030 (au lieu de 15 GW) et de 40 GW d´ici 2040. Le nouvel objectif de 2030 a rendu nécessaire l'adaptation des procédures d'appel d'offres

Après le feu vert du Parlement fédéral allemand (Bundestag) et du Conseil fédéral (Bundesrat) en décembre 2020, la nouvelle loi EEG 2021 est destinée à remplacer à partir de 2021 la loi actuelle de 2017 par une version fondamentalement modifiée (BMWi 2020b).
Son objectif est de créer les conditions juridiques permettant de garantir que toute l'électricité produite en Allemagne soit neutre en carbone à partir de 2050. L'objectif intermédiaire est une part des énergies renouvelables de 65 % à la consommation brute d'électricité en Allemagne en 2030. Dans ce contexte, la loi fixe, de manière contraignante, la feuille de route pour y parvenir.



Source : www.allemagne-energies.com

Adaptation régulière de la loi sur les énergies renouvelables (EEG)

Système d'interconnexions énergétiques

L'Allemagne a renforcé ses interconnexions énergétiques dans le domaine de l'électricité par son réseau le plus maillé d'Europe reliée à tous les pays voisins. En domaine gazier, l'Allemagne dispose également d'un réseau de gazoduc assez important avec la Norvège, la Russie, les Pays-Bas et encore en cours de développer d'autres gazoducs.

le gouvernement allemand a décidé de plafonner la charge de soutien aux énergies renouvelables électriques (EEG-Umlage) à 65 €/MWh en 2021 et à 60 €/MWh en 2022 grâce à une subvention de l´État de 10,8 milliards d´Euros et aux recettes provenant de la taxe carbone en vigueur dès 2021 pour toutes les émissions de CO2 en Allemagne générées par l'utilisation des combustibles dans les secteurs non couverts par le système européen d'échange de quotas d'émission.

Capacités de stockage énergétiques

L'Allemagne vise également à développer ses capacités de stockage de l'énergie. Actuellement, la capacité de stockage disponible est de 0,04 TWh.

On distingue également les systèmes de stockage sur deux échelles de temps suivant leurs capacités de stockage

- Stockage de court-terme et à l'échelle journalière ≤ 24 h, comme par exemple les batteries de tous types, le stockage d'électricité par air comprimé et les stations de transfert d'énergie par pompage – turbinage (STEP)
- Stockage infra-hebdomadaire et inter-saisonnier ≥ 24 h comme par exemple les grandes STEP, et le procédé « Power-to-Gas-to-Power »

Futurs projets d'énergies renouvelables

- Eolien terrestre : lancement d'appels d'offres pour un volume brut de 2 800 MW annuels pour les années 2017 à 2019, puis de 2 900 MW à partir de 2020 ; baisses du tarif de référence pour les installations autorisées avant le 1er janvier 2017 et mises en service avant la fin de 2018 ; critères simplifiés pour les projets éoliens citoyens et participatifs ; limitation du volume de développement éolien dans les régions de saturation du réseau électrique ;
- Eolien en mer : objectif inchangé de 15 000 MW de puissance installée d'ici 2030 ; appels d'offres pour un volume annuel compris entre 700 et 900 MW à partir de 2021 ; passage à un modèle « danois » pour le développement des projets : une première analyse et les pré-études sur les sites susceptibles d'accueillir des projets éoliens en mer seront réalisées par l'État ;
- Solaire photovoltaïque : lancement d'appels d'offres pour 600 MWc annuels ; possibilité pour les Länder d'autoriser sur territoire l'implantation de centrales photovoltaïques sur certains terrains agricoles ;
- Biomasse : lancement d'appels d'offres pour 150 MW annuels pour les années 2017 à 2019, puis 200 MW annuels pour 2020 à 2022.

Constat important

Malgré ses efforts, l'Allemagne n'a pas atteint ses objectifs de réduction du CO2 à cause l'utilisation du charbon qui reste encore importante , le pays importe aussi l'éléctricité nucléaire française pour couvrir ses besoins notamment suite à l'abondan du nucléaire et à l'intermittence des EnR et aux limites des technologies de stockage . Selon l'institut Fraunhofer, 29 % de l'électricité produite dans le

pays provenait, en 2019, de sa centaine de centrales à charbon. De plus, la mise en service d'une centrale thermique flambant neuve courant 2020 souligne les paradoxes de ce gigantesque défi.

7. LA TURQUIE

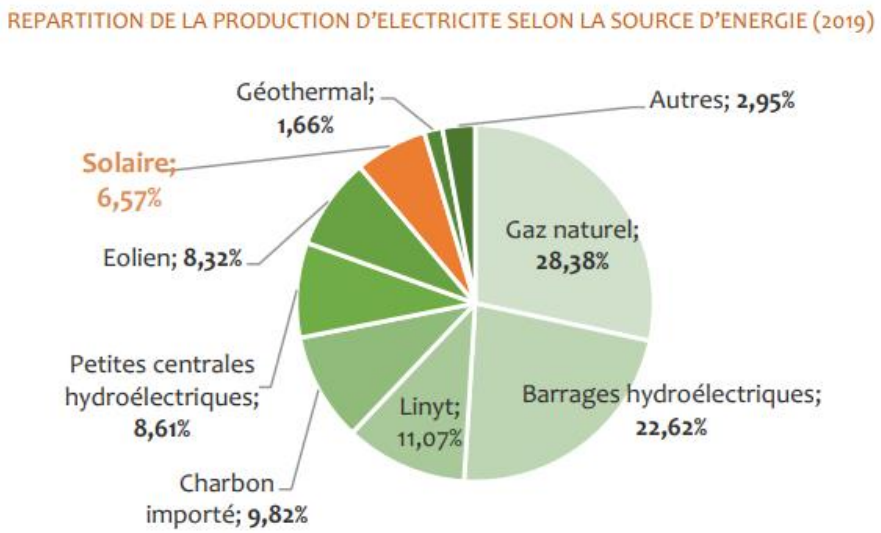
Ressources d'énergie

Le système énergétique de la Turquie repose fortement sur les hydrocarbures, que ce soit pour la production électrique ou l'alimentation énergétique des autres secteurs du pays (transport, industrie, etc.). Ainsi en 2016, l'énergie en Turquie était principalement fournie par le charbon : 28 %, gaz naturel : 28 %, pétrole : 31 %, soit au total 87 % de la consommation d'énergie primaire ; ces combustibles étaient importés à 84 %.

En 2019, la contribution des énergies renouvelables grâce aux capacités installées dans le pays a fait diminuer la part des énergies fossiles dans le mix énergétique à 75%.

En 2019, la production en électricité par le photovoltaïque à environ 6,57 % basée sur les dernières puissances installées en 2017 (2.6 GWc) et en 2019 (0.9GWc).

Le graphe ci-dessous représente la part des ER en 2019 dans le mix électrique turque avec 48% (dont 15% en éolien et solaire) soit une capacité totale de 44 767 MW.



Source : Advantis conseil

La consommation d'électricité en Turquie augmente en moyenne de 8,5% chaque année. L'électricité répond à un quart des besoins énergétiques du pays. Malgré une augmentation de 80% de la production d'électricité au cours de la dernière décennie, y compris une augmentation de 90% de la capacité d'énergie renouvelable, la Turquie peine toujours à satisfaire ses besoins en production d'électricité.

Le gouvernement turc s'est ainsi fixé l'objectif d'atteindre 30% en éolien et solaire dans sa production nationale d'électricité à l'horizon 2023. Selon l'Agence internationale de l'énergie, la capacité de la Turquie en matière d'énergies renouvelables devrait augmenter de 50% d'ici 2024 hissant le pays parmi les 5 premiers leaders européens des énergies renouvelables.

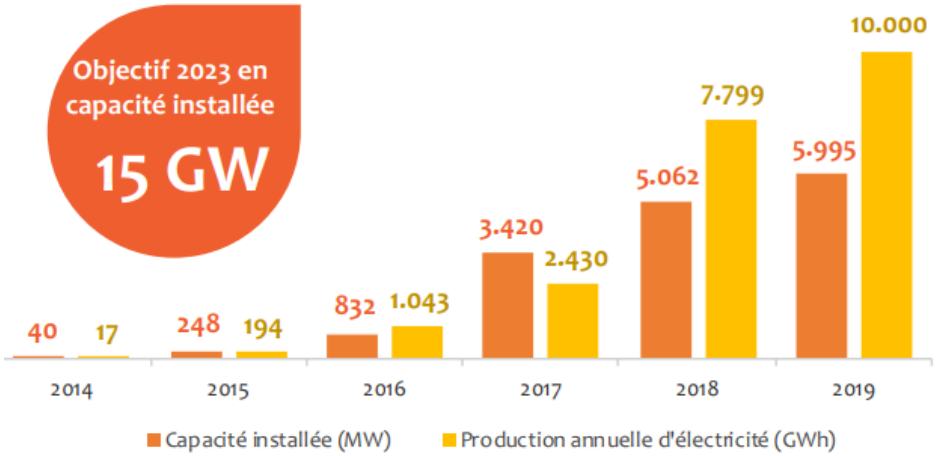
Parmi les énergies renouvelables, la Turquie opte principalement pour l'hydraulique et l'éolien. L'Hydraulique se considère la première filière d'énergie renouvelable en Turquie avec une production totale d'électricité qui a atteint 31% en 2019 dépassant la part du charbon et celle du gaz naturel dans le mix électrique 2019.

En ce qui concerne l'éolien, cette filière est en avancée sur le solaire en termes de production électrique, ce secteur est en pleine expansion avec une progression annuel de 0,5 point.

Le solaire, bien que moins exploité pour le moment, est considéré comme le domaine énergétique d'avenir puisque la Turquie offre un important potentiel solaire.

La politique de la Turquie concernant le marché solaire s'efforce depuis quelques années de promouvoir le photovoltaïque solaire sur les toits. Pour les projets de plus grande envergure, le pays a lancé le modèle YEKA en 2016 (zone de ressources énergétiques renouvelables) permettant l'allocation gratuite de terrains. Bien que les investissements dans cette ressource se soient multipliés ces six dernières années, la Turquie n'exploite pas la totalité de son potentiel solaire et les incitations gouvernementales ne manquent pas pour encourager les acteurs à investir davantage dans cette ressource inépuisable.

EVOLUTION DE LA CAPACITE INSTALLEE ET DE LA PRODUCTION D'ELECTRICITE EN ENERGIE SOLAIRE



Source : Advantis conseil

Pour les ressources géothermales, la loi sur la géothermie turque a permis de multiplier par vingt la puissance installée des centrales géothermiques, et les projets en cours pourraient encore la quadrupler.

La capacité installée dans les EnR fin 2019 est de 44,4 GW : 28,5 GW hydro, 7,59 GW éolien, 5,99 GW solaire, 1 514 MW géothermie et 801,6 MW biomasse.

En parallèle du développement des énergies renouvelables, le gouvernement mise également sur d'autres formes d'énergies comme le nucléaire

Deux projets de centrales sont en cours : l'un à Akkuyu (Sud) et l'autre à Sinop (Nord). Celle d'Akkuyu, près de Mersin, serait exploitée par Rosatom, une entreprise russe. Ankara prévoit de porter la part de l'énergie nucléaire dans la production nationale d'électricité à un minimum de 8 % en 2020 et de 20 % en 2030.

Cadre réglementaire turc

Le cadre réglementaire concernant les énergies renouvelables a été progressivement mis en place à la suite de la loi n°5346 de 2005 sur l'utilisation des ressources renouvelables pour la production d'électricité.

L'EMRA (Autorité de régulation du marché de l'électricité) est chargée de l'attribution des licences.

Le nouveau règlement sur la production d'électricité sans licence sur le marché de l'électricité a été mis en vigueur en mai 2019.

3 différents modèles d'investissement sur le marché turc des EnR :

- Modèle sans licence : les personnes physiques ou morales peuvent installer des systèmes des EnR sans avoir besoin d'obtenir une licence jusqu'à 5 MW de capacité. Dans ce modèle, sont autorisées seulement les installations sur le toit ou en façade.
- Modèle sous licence : Toutes les installations d'EnR avec une capacité supérieure à 5 MW sont soumises à l'obligation d'obtention d'une licence.
- Modèle RE-ZONE (YEKA) : Ce modèle d'appel d'offres a été créé en 2016 pour des projets solaires ou éoliens à haute capacité sur des territoires identifiés, avec des conditions de fabrication pour certains équipements ou composants et vise à contribuer aux activités de R&D par le transfert de technologies en Turquie.

Mesures incitatives : les tarifs de rachat (feed-in-tariffs) garantis avec majoration sous condition de production locale, incitations fiscales, aides à l'octroi de terrains, autorisation d'autoconsommation pour les particuliers et industriels.

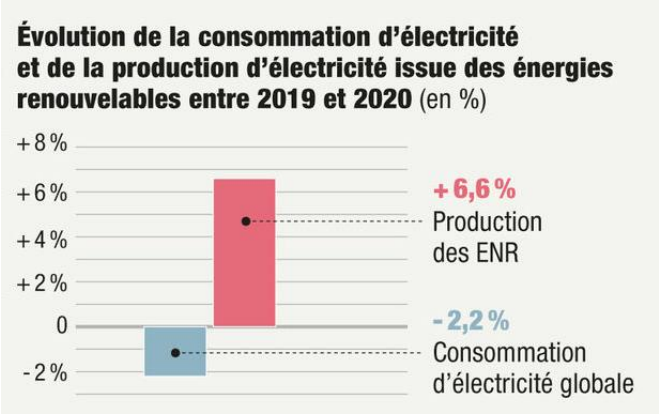
Projection dans le monde et l'impact de covid-19

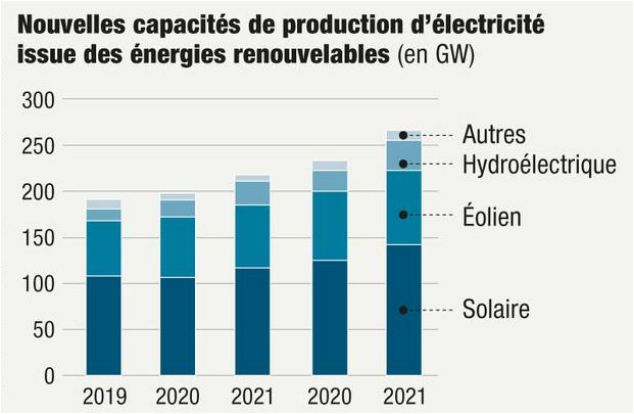
Selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE), bien que la consommation d'électricité mondiale a reculé en 2020, la production issue des énergies renouvelables a progressé de près de 7 % par rapport à 2019.

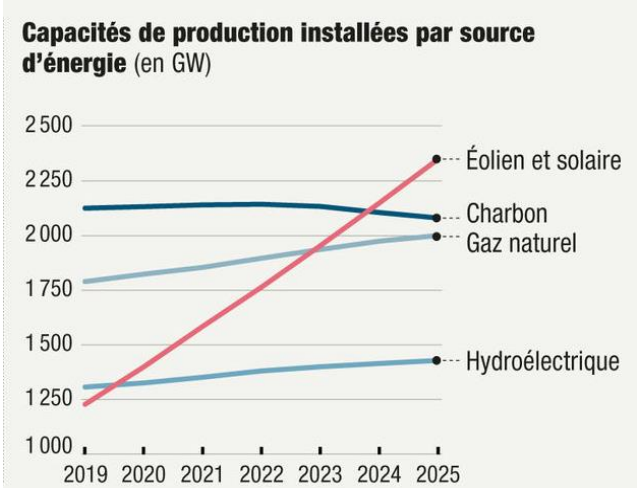
Pour 2021, l'AIE anticipe encore une progression d'environ 10 % des capacités de production, tirée par l'Inde et l'Europe.

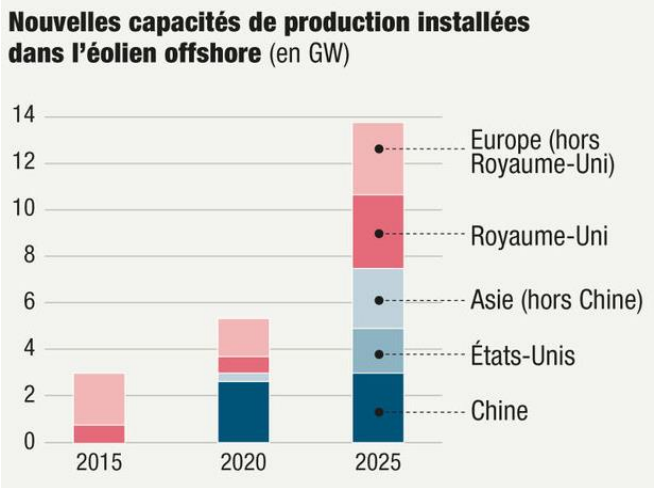
A l'horizon de 2025, 90 % des nouvelles installations de capacités de production d'électricité dans le monde devraient concerner des projets solaires et éoliens.

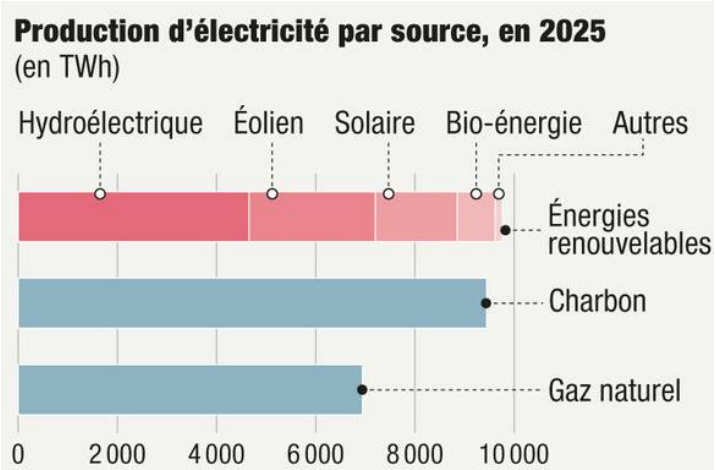
Les énergies renouvelables devraient donc être la première source de production d'électricité dans le monde, devant le charbon", avance Fatih Birol, le directeur de l'AIE.







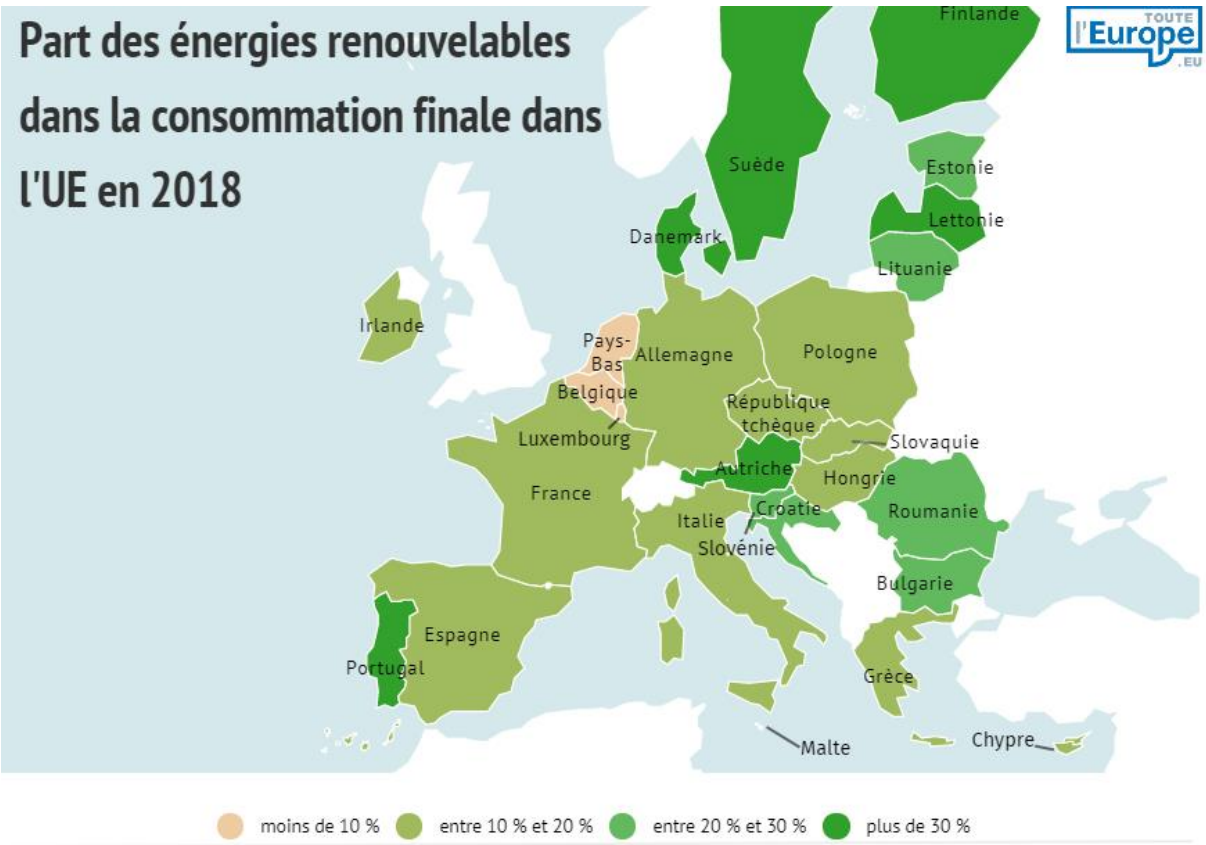




Aperçu sur la stratégie de l'Union Européenne

En 2009, l'Union européenne s'était fixée comme objectif d'atteindre 20 % d'énergies renouvelables dans sa consommation totale d'énergie d'ici 2020. Selon des estimations publiées en octobre 2020,

l'Union européenne a estimé que cet objectif devrait être atteint, bien que de fortes disparités demeurent entre les Etats membres.



Parmi les énergies renouvelables figurent notamment la biomasse, la géothermie, l'hydrométrie, le solaire et l'éolien. Bien que la part d'énergie issue de ces sources renouvelables dans la consommation finale d'énergie de l'Union européenne ait doublé depuis 2004 (8,5 %), ces énergies ne représentent toujours qu'une petite partie du bouquet énergétique de l'UE, dominé par le gaz, le pétrole et le charbon.

Douze Etats membres ont déjà atteint ou dépassé leur objectif. Avec **54,6 %** d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans sa consommation finale brute en 2017, la **Suède** est ainsi le pays de l'Union européenne le plus en avance sur le sujet.

Cependant, selon les projections de la Commission européenne, **cinq pays** sont encore loin d'atteindre leurs objectifs : la **Belgique**, la **France**, la **Pologne**, les **Pays-Bas** et le **Luxembourg**.

Ainsi pour accélérer la transition énergétique, l'Europe mise sur le potentiel marin :

25% de l'électricité européenne pourrait provenir de la mer en 2050. Un effort important qui représente l'équivalent de cinq fois le parc nucléaire français tout en contribuant à l'objectif de neutralité carbone fixé à 2050.

- **L'éolien fixe** qui a un rendement supérieur à celui des éoliennes terrestres (l'UE est numéro un mondial dans la fabrication et l'utilisation de cette technologie en mer) ;

- **L'éolien flottant**, plus flexible, pour s'adapter à la direction du vent et aux différents bassins maritimes de l'UE
- **Les technologies en courant continu** tels les convertisseurs et systèmes en courant continu à haute tension qui peuvent transmettre d'énormes quantités d'énergies renouvelables en mer vers le continent ;
- **L'énergie houlomotrice** consistant à exploiter l'énergie produite par les vagues sur lesquelles oscillent des flotteurs ;
- **L'énergie marémotrice** qui transforme le mouvement des marées en électricité, en exploitant leurs courants pour entraîner des turbines sous-marines ;
- **L'énergie solaire** flottante, encore à ses débuts, où les panneaux photovoltaïques en mer offrent la possibilité de tirer le meilleur parti de la lumière du soleil ;
- **Les algues** comme source de biocarburants (cette technologie n'en est encore qu'au premier stade de son développement).

Pays du MENA : Constat du benchmark

Il est à distinguer 2 sous-groupes, la Tunisie et l'Égypte, qui sont partiellement dépendant de l'importation de l'énergie (puisqu'ils sont tous les 2 producteurs de pétrole et gaz), et le Maroc et la Jordanie qui sont presque totalement dépendants des importations de pétrole et gaz. Ces 4 pays ont adoptés des stratégies de modernisation du secteur de l'énergie en intégrant une grande part des énergies renouvelables dans leurs mix-énergétiques. Il a été remarqué que chaque pays a son rythme d'avancement. Par exemple, l'Égypte a déjà entamé son examen des énergies renouvelables depuis les années 1970. Cependant, une stratégie en matière d'énergie renouvelable n'a été formulée qu'au début des années 80 en tant que partie intégrante de la planification énergétique nationale en Égypte. Par conséquent, les objectifs de la stratégie n'ont jamais été pleinement atteints, mis à part la création d'une autorité dédiée aux énergies renouvelables en 1986 au niveau institutionnel. Néanmoins, l'Égypte est devenue avec succès le premier pays arabe dans l'énergie éolienne, avec plus de 700 mégawatts de centrales de production des lois et règlements au cours des dernières années, déclenchant un développement substantiel des projets d'énergie solaire.

Les objectifs actuels de 20% de la demande en énergie électrique provenant de sources d'énergie renouvelables d'ici à 2020 sont ambitieux mais peuvent être atteints. D'autre part, la Jordanie a pris différentes mesures dans ce domaine de l'énergie, telles que l'approbation par le Cabinet de la stratégie énergétique 2007-2020 en 2004, après l'adoption de la loi sur les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique au début de 2012 et la mise en œuvre d'un grand nombre de projets sur les sources d'énergie renouvelables.

Le Maroc et la Jordanie, sont les pays qui avancent le plus vers leurs objectifs. Cette étape a été arrêtée en 2016, mais les années 2017 et 2018 ont vu plusieurs projets se lancer au Maroc, Égypte Tunisie et Jordanie.

Le tableau suivant résume grossièrement les atouts et les faiblesses que représente chaque pays selon sa stratégie énergétique et ses réalisations concrétisées en matière d'EnR.

+	• Des plans de développement ambitieux en ER (52% en 2030) • Croissance démographie et Intensité énergétique en phase • Climat géopolitique stable	• Système tarifaire développé (Feed-In Tarif), • Secteur PPP en électricité en avance • Expérience prouvée dans les grands projets d'infrastructure • Fonds de financement appuyés	• Plan Prosol : l'usage des chauffe-eau solaires et panneaux photovoltaïques dans le résidentiel et le tertiaire.	• Cadre réglementaire attractif • Système tarifaire d'électricité adapté • Des exemptions fiscales sont prévues pour les équipements renouvelables; • Fonds de financement appuyés
−	- Dépendance énergétique forte - Faible Partenariat public-privé en électricité - Subvention de l'énergie - Accès aux fonds de financement - Régionalisation et décentralisation	• Climat géopolitique peu stable • Croissance démographique • Lobbyisme des Energies Fossiles • Pas d'objectifs en EE	• Climat géopolitique peu stable • Lobbyisme du Gaz • Subvention de l'énergie	• Dépendance énergétique forte

Il est à noter que les pays du MENA ont été inscrits dans la stratégie « Panarabe » d'énergie renouvelable qui a été adoptée par la Ligue des Etats Arabes durant le troisième sommet de Développement Économique et Social Arabe en janvier 2013 ;

La plupart des investissements réalisés dans le secteur de l'énergie renouvelable de la région MENA ont été financés par les gouvernements, l'aide internationale au développement des énergies renouvelables et les banques régionales de développement.

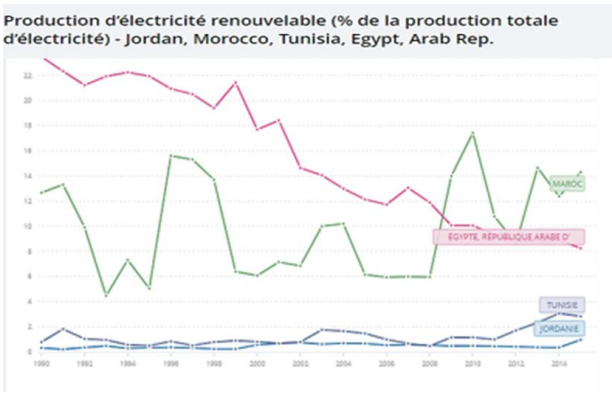
Des fonds nationaux pour l'énergie et les énergies renouvelables ont été créés en Égypte, Jordanie, Maroc et Tunisie pour investir et fournir des subventions aux projets d'énergie renouvelable à différents niveaux de maturité

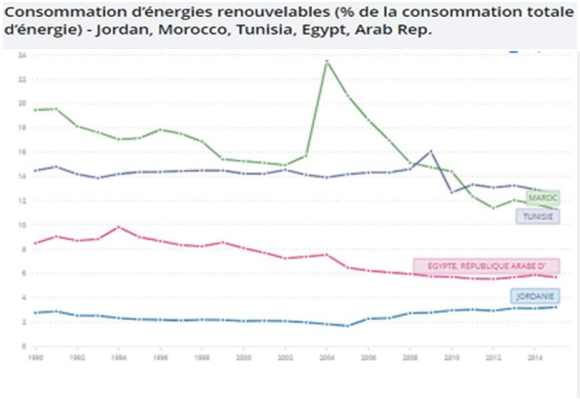
Egypte	Jordanie	Maroc	Tunisie
En juin 2012, le cabinet a approuvé l'établissement d'un fonds d'énergie renouvelable pour financer les projets d'énergie renouvelable. Détermination claire des sources de financement et des procédures pour le déboursement de fonds pour les projets d'énergie renouvelable sont encore en pourparler	Le Ministère de l'Energie et des ressources minérales a établi le Fonds jordanien d'efficacité énergétique et d'énergie renouvelable (JREEEF), qui doit être financé à travers les allocations budgétaires et des dons étrangers.	Le Fonds de développement énergétique (FDE) fut établi en 2010. Le Fonds contient un capital d'un milliard de dollars : 200 millions du fonds Hassan II, 300 millions des Emirats Arabes Unis et 200 millions de l'Arabie Saoudite.	Le fonds national pour la conservation de l'énergie (FNME) fournit le financement pour les projets d'énergie renouvelable et d'efficience énergétique.

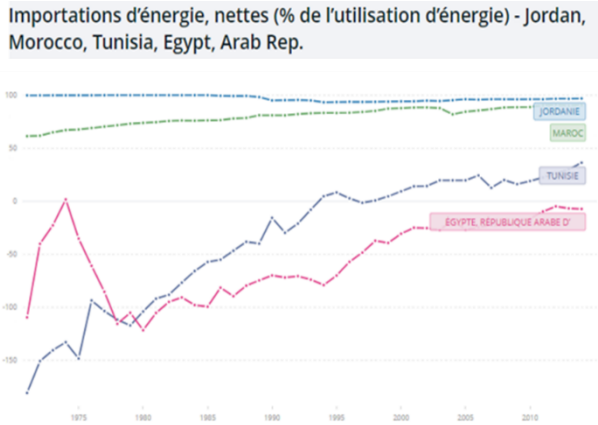
Source: International Renewable Energy Agency. Pan-Arab Renewable Energy Strategy 2030, Road Map of Actions for Implementations

Synthèse : Positionnement du Maroc dans la région MENA

Evolution Production-consommation EnR jusq'au 2015 : Le Maroc a devancé l'Egypte , la Tunisie et la Jordanie dans la production de l'électricité renouvelable







Source : *AIE*

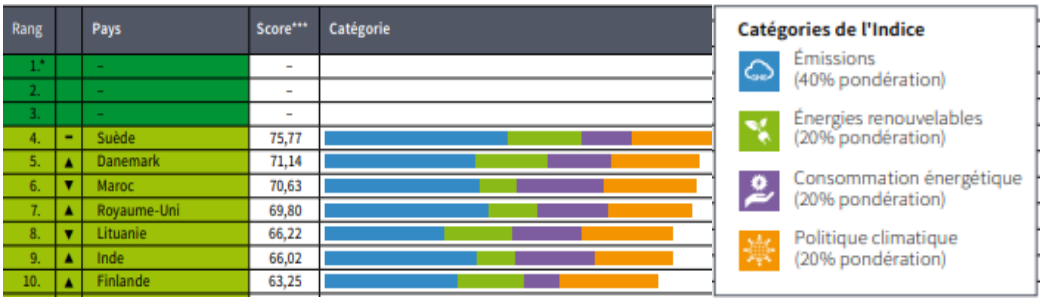
Indice de transformation énergétique mesure la performance des pays liée aux systèmes énergétiques à travers les domaines du développement économique et de la croissance, de la durabilité environnementale, et de la sécurité énergétique… en cette année 2020, le WEF (Word Economic Forum) classe le Royaume 51ème mondial sur 115 pays, et premier aux niveaux arabe et africain, avec un score de 56,5 points sur 100.

	Country name	2020 ETI Score[2]	System Performance	Transition Readiness
19	Portugal	64.2%	69%	59%
20	Germany	63.9%	64%	64%
51	Morocco	56.5%	61%	51%
67	Turkey	53.1%	57%	49%
84	Egypt, Arab Rep.	49.1%	52%	46%
89	Tunisia	48.2%	53%	43%

D'après WEF, 2020

ETI : Indice de transition énergétique

Indice de Performance climatique : la CCPI mesure chaque année cet indice qui est basé sur 4 catégories d'évaluation : Taux d'émission GES, EnR, Consommation énergétique et politique climatique. Le Maroc était bien classé parmi les trois performances mondiales après la Suède et le Danemark, avec un score de 70.63.



Rang		Pays	Score***
1.*		-	-
2.		-	-
3.		-	-
4.	=	Suède	75,77
5.	▲	Danemark	71,14
6.	▼	Maroc	70,63
7.	▲	Royaume-Uni	69,80
8.	▼	Lituanie	66,22
9.	▲	Inde	66,02
10.	▲	Finlande	63,25

Source : Organisations Non Gouvernementales Germanwatch

D'après une étude pilotée par IRENA (L'Agence Internationale pour les énergies renouvelables) entre les trois pays du Nord d'Afrique, le Maroc est en bonne voie pour attirer plus d'investissement sur son marché.

	Plans nationaux d'ER	Marché potentiels	Actifs industriels
Egypte	Des plans solaires et éoliens ambitieux avec des objectifs clairs (20% d'EnR dans la production d'électricité en 2020)	Programme de tarifs d'achat récemment défini	Existence d'une base industrielle bien structurée avec une expérience éprouvée dans les grands projets d'infrastructure
	Tarif d'achat récemment mis en place pour l'énergie solaire et éolienne	Augmentation de la demande d'électricité (besoin de 2 GW supplémentaires par an pour répondre à la demande prévue)	
Maroc	Des plans de développement ambitieux en ER (42% de la capacité électrique couverte par des centrales ER d'ici 2020)	Projets de pipeline important déjà planifié ou mis en service	Expérience avérée des industries locales impliquées dans le développement de projets d'énergie renouvelable
	Engagement fort avec le Plan Solaire Marocain (MSP) visant une capacité de 2000 MW d'énergie solaire en 2020	Augmentation de la taille du marché en raison du développement économique et de la croissance démographique	Vaste expérience dans d'autres industries qui ont réussi à attirer des investissements étrangers grâce au développement de JV (par exemple l'aéronautique, l'automobile)
	Projet éolien intégré marocain	Emplacement stratégique au cœur d'un hub énergétique (connecté au réseau électrique espagnol)	
Tunisie	Des plans de développement d'EnR ambitieux avec des objectifs clairs (capacité supplémentaire de 480 MW en 2016)	Développement rapide de la technologie solaire photovoltaïque basse tension	Capacité à développer des industries à forte intensité technologique (électronique)
	Nouvelle facture sur la production d'électricité de EnR	Emplacement stratégique (proximité avec l'Europe via l'Italie) offrant un potentiel d'exportation prometteur	Expérience avérée des PME locales impliquées dans le développement de projets EnR

Source : IRENA

Indice d'attractivité pour les ER (RECAI- 2020) : Le Maroc est l'un des pays les mieux classés d'Afrique, du Moyen-Orient et d'Afrique du Nord, en matière d'attractivités pour les énergies renouvelables, le Maroc se classe devant l'Égypte (26e) et la Jordanie (36e).

Source : Cabinet comptable britannique Ernst & Young (EY), 2020

Indice « Doing Business »- 2020 :

Le Maroc a réalisé un bond de 7 places au classement Doing Business 2020 de la Banque mondiale, pour se hisser au 53 -ème rang à l'échelle mondiale, devant la Jordanie (75e) la Tunisie (78e) et l'Egypte (114ème).

Comparaison Portugal – Allemagne - Turquie

Le Portugal, fait figure de bon élevé au niveau des pays analysés dans le cadre du benchmark réalisé et même au niveau européen. Cette avancée est le fruit d'une politique énergétique axée sur une transition énergétique vers les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique depuis plusieurs années. L'efficacité du Portugal dans sa transition énergétique est motivée principalement par la réduction du déficit énergétique et sa dépendance aux énergies fossiles.

Le Maroc, peut tirer plusieurs enseignements de chacun du modèle portugais, allemand et turc.

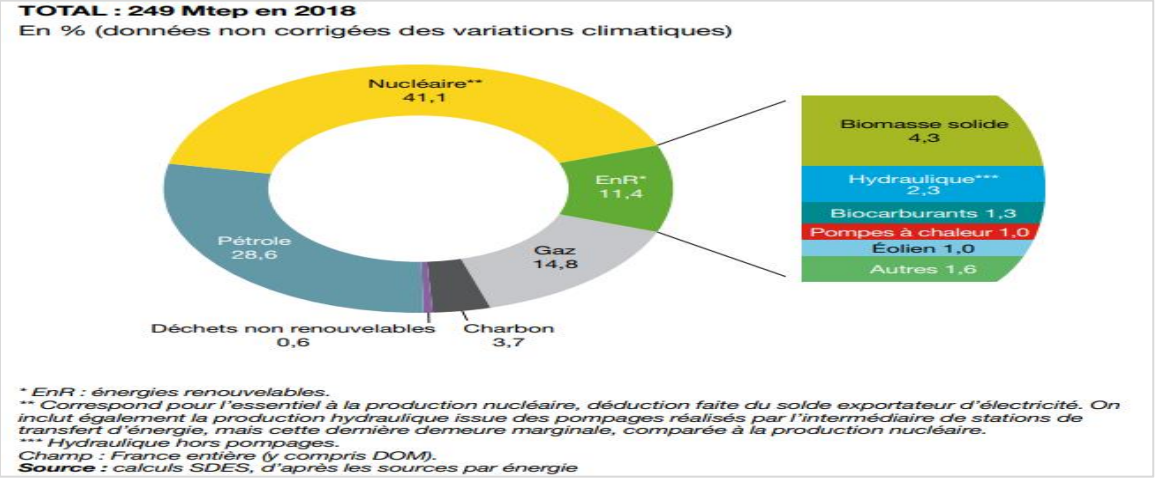
Enseignements tirés de l'expérience des pays ayant connu des avancées en transition énergétique		
PORTUGAL	**ALLEMAGNE**	**TURQUIE**
Forces et opportunités 1. La libéralisation des marchés énergétiques (électricité et gaz). • Désengagement financier partiel de l'Etat et impact positif sur le budget ; • Privatisations totales ou partielles de certains opérateurs historiques (REN, EDP) ont généré des rentrées de fonds. • Offre en termes de capacité électrique installée s'est développée (avoisinant les 20 GW). • Libre choix et possibilités de négociations des consommateurs quant aux fournisseurs. 2. La mise en place, en 2002, d'un organe de régulation a permis de rassurer les investisseurs qui ont de ce fait accepté d'investir dans tous les maillons libéralisés de la chaîne de valeur énergétique. 3. Le développement massif des énergies renouvelables a certes eu des retombées socio-économiques et environnementales incontestables (création d'emplois, réduction de la facture liée à l'importation d'énergies fossiles, baisse des émissions de gaz à effet de serre) ; 4. La législation et les réglementations mises en place garantissent les conditions de viabilité économique et financière des projets (organisation du marché, processus d'autorisation, commercialisation du productible, accès au réseau…). Le recours aux énergies renouvelables notamment l'éolien a été une occasion saisie pour développer une industrie locale dédiée (intégration industrielle).	Forces et opportunités 1. Le sujet de la transition énergétique est consensuel. Citoyens et monde d'affaire y adhère parfaitement (EE et TE) à la stratégie allemande pour la réduction des gaz à effet de serre ce qui a favorisé d'acquérir un leadership technologique et de collaborer facilement avec le gouvernement dans les prises des décisions parfois difficiles (C'est le cas notamment de l'augmentation des prix de l'énergie). La hausse des prix a contribué au financement des investissements liés à l'introduction des EnR. Ce sera également le cas dans le futur car les besoins en financement générés par la transition énergétique se chiffrent à 400 milliards € d'ici 2030. 2. La transition énergétique est un processus de long terme où les objectifs sont certes ambitieux mais le rythme de leur réalisation est raisonnable car réparti dans le temps. Une partie sera apportée par le consommateur sous la forme de tarification. Une autre partie sera puisée dans les financements Carbone. Le reste sera mobilisé auprès du marché allemand des capitaux et des investisseurs internationaux. 3. Mesures à la fois coercitives et incitatives pour l'efficacité énergétique sont appliquées. 4. Une politique de R&D est mise en œuvre pour accompagner la stratégie de transition énergétique notamment dans le domaine du stockage de l'électricité de source renouvelable.	Forces et Opportunités 1. la libéralisation progressive des marchés énergétiques (électricité et gaz) et Création d'une autorité de régulation du marché de l'énergie pour accompagner les investisseurs notamment étrangers.. • Cette libéralisation a généré un développement conséquent de l'offre en termes de capacité installée, de fiabilité des infrastructures pour l'électricité et de couverture géographique pour le gaz. • Soulager le budget de l'Etat turc en transférant au secteur privé la charge de l'investissement. • Augmenter l'attraction sur le marché turc des opérateurs énergéticiens de renom. 2. le volontarisme affiché en matière de recours aux énergies renouvelables. Un objectif ambitieux a été fixé, il s'agit de mettre en place une capacité de production égale à 30% de la capacité installée existante. Et 20.000 MW éolien doivent être réalisés d'ici 2023. 3. la prise en compte, par les textes de loi, du souci de la viabilité économique et financière des investissements. Toutes les lois prévoient en effet des dispositions (organisation du marché, processus d'autorisation, commercialisation du productible, accès au réseau, … .) qui permettent la faisabilité des projets énergétiques.

Points de vigilance : 1. L'intermittence inhérente aux énergies renouvelables impose de développer en parallèle des unités de production conventionnelles (Charbon et/ou gaz). 2. Le choix des feed-in Tariffs-FIT, s'est avéré problématique avec la survenance de la crise économique car très coûteux pour l'Etat. Sous la pression de ses créanciers, le Portugal a dû geler son dispositif de soutien.	Points de vigilance : Le mécanisme de soutien financier en faveur des énergies renouvelables a été conçu de façon telle qu'il ne permette pas des rendements excessifs. Il a été revu en 2014 et les FIT ne bénéficient plus à toutes les technologies. Les producteurs sont incités à s'adresser directement au marché pour écouler leur productible. Une prime en sus du prix du marché leur est offerte.	Point de vigilance : Le dernier enseignement a trait à l'efficacité énergétique, qui en Turquie comme dans beaucoup d'autres pays, reste le parent pauvre de la transition énergétique.

8 . LA FRANCE

Ressources d'énergie

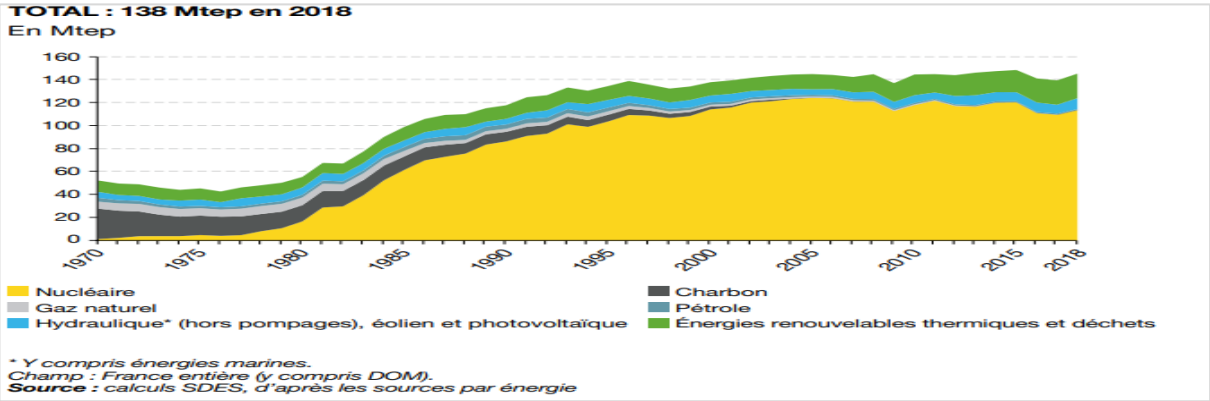
La production nationale primaire en énergie représente un peu plus de la moitié de l'approvisionnement en énergie du territoire. Si la France importe désormais la quasi-totalité des énergies fossiles qu'elle consomme et en a progressivement diversifié la provenance géographique, la mise en place du programme nucléaire lui a permis d'être exportatrice d'électricité depuis plus de 30 ans. L'électricité et le gaz, moins émetteurs de gaz à effet de serre que le pétrole et le charbon, se sont progressivement substitués à ces derniers dans les principaux secteurs d'activité économique. Les énergies renouvelables occupent une part croissante dans le mix énergétique national, soit 16,1 % de la consommation finale brute d'énergie en France en 2017.



Source : Ministère de la transition écologique

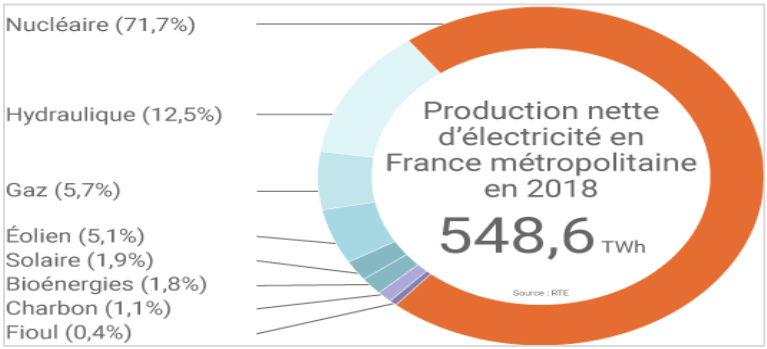
Répartition de la consommation d'énergie primaire en France (2018)-

À la suite de la mise en place du programme nucléaire, la production française d'énergie primaire est passée de 44 Mtep en 1973 (dont 9% de nucléaire) à 138 Mtep en 2018 (dont 78% de nucléaire). L'extraction d'énergies fossiles a fortement décliné, jusqu'à notamment l'arrêt de celle de charbon et de gaz naturel. La production d'origine renouvelable (éolien, biocarburants, biogaz...) progresse régulièrement depuis le milieu des années 2000.



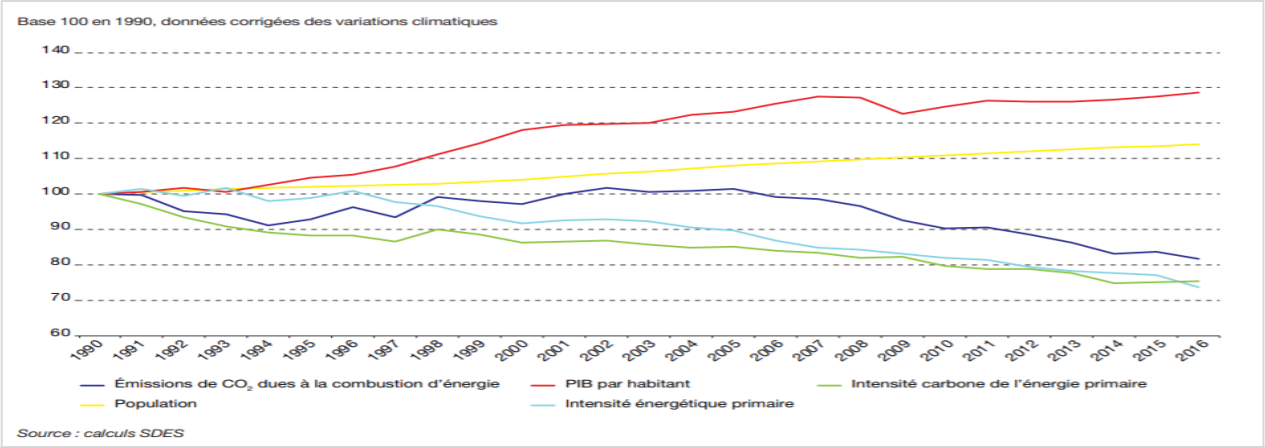
Production d'énergie primaire par énergie - Source : Ministère de la transition écologique

La France, qui évolue vers une économie sans combustibles fossiles, a opté pour l'énergie nucléaire qui est la source de production des trois quarts de l'électricité française. Avec 58 réacteurs répartis sur 19 sites différents, La France est également l'un des pays où les émissions de CO2 par kilowatt d'électricité produite sont les plus faibles. La production nucléaire a permis à la France de réduire le déficit commercial énergétique et d'assurer une certaine indépendance énergétique.



Production électrique en France métropolitaine (2018) _Source : RTE

En France métropolitaine, les émissions de CO2 dues à la combustion d'énergie ont diminué, à climat constant, de 18 % entre 1990 et 2016, malgré une hausse concomitante du PIB de 47 %. La tendance à la baisse entre 2005 et 2016 est liée à une forte diminution de l'intensité énergétique et du contenu carbone de l'énergie consommée. La réduction de ce dernier, qui était très liée au développement du nucléaire dans les années 1990, est fortement imputable à celui des énergies renouvelables depuis 2005.



Évolution des émissions de CO2 dues à l'énergie en France entre 1990 et 2016- Source : Ministère de la transition écologique

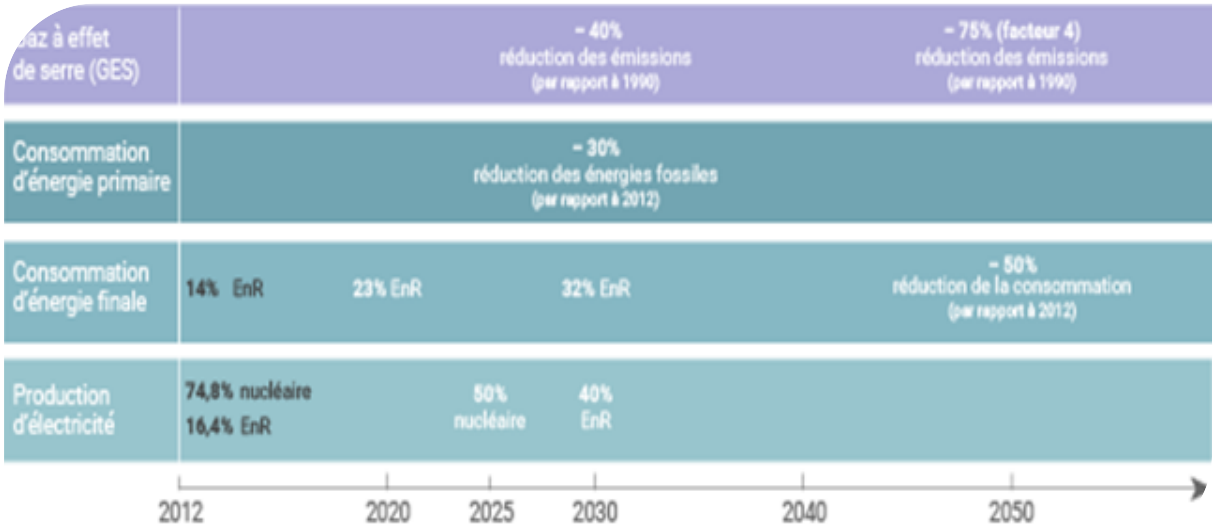
Baisse des émissions entre 1990 et 2016 25 % dans le résidentiel ; 2 % dans le transport de marchandises (hors véhicules utilitaires légers) ; 1 % dans l'agriculture ; 35 % dans l'industrie ; 4 % dans le tertiaire.

Source : Ministère de la transition écologique

La complémentarité du nucléaire et des énergies renouvelables permet déjà à la France d'être le pays du G7 le moins émetteur de CO2 pour sa production électrique. Néanmoins, la catastrophe de Fukushima a accéléré la mise en évidence du danger du nucléaire civil et l'engagement de la France dans une transition énergétique visant à terme la réduction à 50 % de l'électricité générée par le nucléaire (contre 75 % depuis trente ans). Une transition fortement saluée par les écologistes et les antis nucléaires en France après 60 ans de lobbying en faveur du développement des EnR et l'arrêt des centrales nucléaires.

Cadre règlementaire français

La France a adopté un nouveau modèle énergétique avec la loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV) votée en 2015. La loi vise à permettre à la France de contribuer plus efficacement à la lutte contre le dérèglement climatique et à la préservation de l'environnement, ainsi que de renforcer son indépendance énergétique en équilibrant mieux ses différentes sources d'approvisionnement. Elle fixe entre autres comme grands objectifs (figure ci-après) de porter à 50% la part de l'énergie nucléaire dans la production d'électricité en 2025, de réduire de 40% les émissions nationales de GES entre 1990 et 2030 et de diviser par deux la consommation d'énergie finale d'ici à 2050 (par rapport au niveau de 2012). Par ailleurs, cette loi dispose que la part du nucléaire sera réduite à 50 % en 2035, ce qui correspond, en ordre de grandeur, à l'arrêt de 14 réacteurs sur les 58 du parc actuel.



Source : La loi de transition énergétique en France

Conclusion du benchmark

Tous les pays qui ont signé l'accord de Paris ont le même objectif et pourtant chacun a sa méthode. L'analyse de plusieurs indicateurs de compétitivité énergétique a révélé que le secteur énergétique au Maroc reste compétitif au niveau de la région MENA en matière de diversification du mix énergétique, de niveau de subventions accordées, d'intensité énergétique et de durabilité environnementale.

Le Maroc a certes ouvert plusieurs chantiers visant la consolidation des énergies renouvelables dans le paysage énergétique, mais sera néanmoins toujours dépendant du marché mondial pour des produits difficilement remplaçables comme le pétrole, le gaz et le charbon, qui continueront à alimenter la consommation d'énergie d'une manière importante.

La production des énergies renouvelables au Maroc connait une progression rapide grâce aux importants investissements internationaux, notamment dans le secteur solaire.

SCENARIOS

1. Scénario Hybride

Enoncé

Le scénario **hybride ,** le scénario le plus probable en optimisation des politiques publiques actuelles **,** consiste à s'appuyer sur un mix énergétique équilibré qui prend en considération le potentiel des énergies renouvelables comme leur limite ainsi que la dépendance aux énergies fossiles et la difficulté de s'en séparer brutalement.
Le but est de tenir les engagements internationaux pour la préservation de l'environnement, créer de nouvelles opportunités et réduire la dépendance énergétique.

La stratégie sera donc de compter sur les sources d'énergie ci-dessous :

- L'énergie solaire
- L'énergie éolienne
- L'énergie hydraulique
- La biomasse
- Les énergies fossiles
- L'hydrogène vert
- Le gaz naturel liquéfié

Pré requis

Comprendre les motivations

1. Le Maroc ne dispose pas de ressources énergétiques en quantité suffisante autre que les ressources renouvelables
2. Le recours aux énergies renouvelables a pour vocation :
    a. Améliorer la sécurité d'approvisionnement
    b. Baisser la dépendance énergétique
3. L'accès à des financements internationaux de projets d'exploitation sources renouvelables est plus aisé que pour les conventionnels avec des taux d'intérêt plus bas.
4. Création d'emploi autour de l'installation, l'exploitation et la maintenance des énergies renouvelables.
5. Face au charbon, au pétrole et au gaz naturel, l'exploitation des énergies renouvelables permet de réduire les émissions de gaz à effet de serre et donc de limiter le réchauffement climatique
6. Les qualités du GNL (faible impact de sa combustion sur l'environnement), sa performance énergétique et ses réserves abondantes largement réparties à travers le monde en font une énergie d'avenir.
    a. L'accès à des financements internationaux de projets d'exploitation du GNL dans le cadre du partenariat stratégique avec les pays exportateurs du GNL (l'Australie et le Qatar).

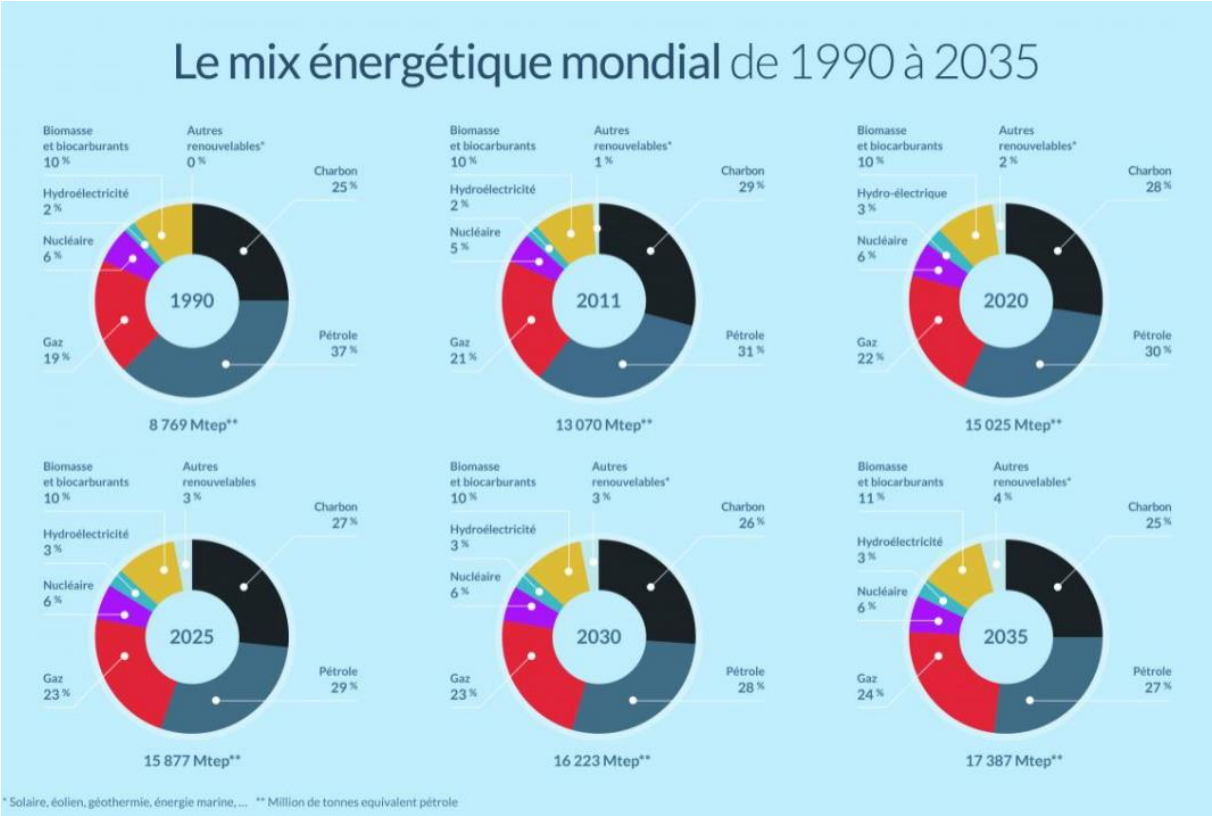
b. Le GNL offre une excellente complémentarité dans le cadre d'un mix énergétique avec les énergies renouvelables (solaire, éolien…) pour produire de l'électricité ou du carburant.
c. Le GNL va jouer un rôle crucial en continuant à remplacer le charbon (le Maroc est parmi les pays de la région disposant de centrales électriques au charbon).
d. Le GNL comme source d'énergie pour les industries et les communes.

À titre de comparaison, une centrale thermique fonctionnant au gaz naturel au lieu du charbon réduit ses émissions de :

- 81% de dioxyde de carbone (CO_2),
- 80 % d'oxydes d'azote (NOx),
- 100% d'émission de dioxydes de soufre (SO_2) et de particules fines.

L'impact réduit du gaz naturel sur l'environnement est tel que si les centrales thermiques à charbon étaient remplacées par des centrales thermiques fonctionnant au gaz naturel, les émissions de CO_2 du secteur énergétique européen seraient réduites de 60%, et de 20% à l'échelle mondiale.

Au niveau mondial, le mix énergétique semble bien avancer :



Source : AIE

Projets futurs ou en cours

Solaire/Eolien : un exploit à renouveler

Les énergies renouvelables du Royaume sont actuellement produites par quatre centrales solaires et 11 éoliennes. La centrale solaire de Noor Ouarzazate a la capacité la plus élevée, avec 580 MW. Dans le secteur éolien, la centrale de Tarfaya a la capacité la plus élevée, avec 301 MW, suivie d'Aftissat et Akhfenir, avec 200 MW chacune.

Les projets prévus qui n'ont pas encore été lancés comprennent les centrales solaires de Noor Midelt I et Noor Midelt II, avec des capacités de 800 et 230 MW respectivement, ainsi que d'autres projets totalisant une capacité de 1150 MW d'énergie solaire et 640 MW d'énergie éolienne.

Hydrogène vert : sur la bonne voie

L'hydrogène vert aura une place importante dans la production de l'énergie, notamment dans le secteur des fertilisants.
Une usine de démonstration de quatre tonnes par jour est en cours de construction en collaboration avec un institut allemand.
Elle permettra à OCP group de répondre à une partie de ses besoins en ammoniac vert entrant dans la fabrication des fertilisants.

L'hydrogène peut servir de matière première, de carburant, de vecteur d'énergie et de solution de stockage, et peut trouver de nombreuses applications dans les secteurs de l'industrie, des transports, de l'électricité et de la construction.

Biomasse : De la théorie à la pratique

Une étude qui repose sur une évaluation de la ressource biomasse avec une analyse des flux de matières issues de la gestion des déchets, de l'agriculture et de la sylviculture ainsi que les études menées dans ce domaine, conclut que :

Le Maroc présente un total en énergie primaire estimé à **11,5 millions de mégawattheures par an (MWh/a)**, répartis sur trois secteurs clés à savoir les déchets verts, l'agriculture, la foresterie et les eaux usées.

Pour le directeur général de l'Agence marocaine pour l'efficacité énergétique (AMEE), Said Mouline, la valorisation énergétique de la biomasse offre, en plus de limiter la déforestation, la particularité de préserver un environnement propre et de contribuer à la création d'emplois.

A cet effet, l'étude avance que l'installation et la fabrication des projets de biomasse pourraient à long terme générer de 7.600 à 10.310 emplois dans les chaines d'approvisionnement en biomasse et favoriser la réduction de 6,2 à 8,5 millions de tonnes de CO2 d'émissions de gaz à effet de serre (GES).

Hydraulique : au fil de l'eau

A ce jour, la capacité installée de l'énergie hydraulique s'élève à 1.777 MW. Un potentiel qui est déjà suffisamment exploité. «A brève échéance, l'on ne peut plus s'attendre qu'à la construction de petites

centrales ou de microcentrales. Par ailleurs, la production d'hydroélectricité est fortement tributaire du régime de précipitations.

Le projet du complexe hydroélectrique d'El Menzel, d'une puissance de 125 MW est également très attendu. Compte tenu des apports intermédiaires entre le barrage de M'dez et celui de Aïn Timedrine, l'ONEE étudie les possibilités de redimensionnement pour tenir compte des nouveaux débits entrants en coordination avec la Direction des aménagements hydrauliques et l'Agence du bassin hydraulique de Sebou. Le coût du projet est estimé **à 2,1 milliards de DH .**

GNL : Son rôle dans le mix énergétique ?

Une volonté étatique devrait se dessiner avec une évaluation stratégique quant à l'organisation du secteur industriel en incluant le périmètre de sécurité économique et les enjeux de puissance.

Deux volets majeurs se dénichent pour le déploiement du GNL au Maroc :

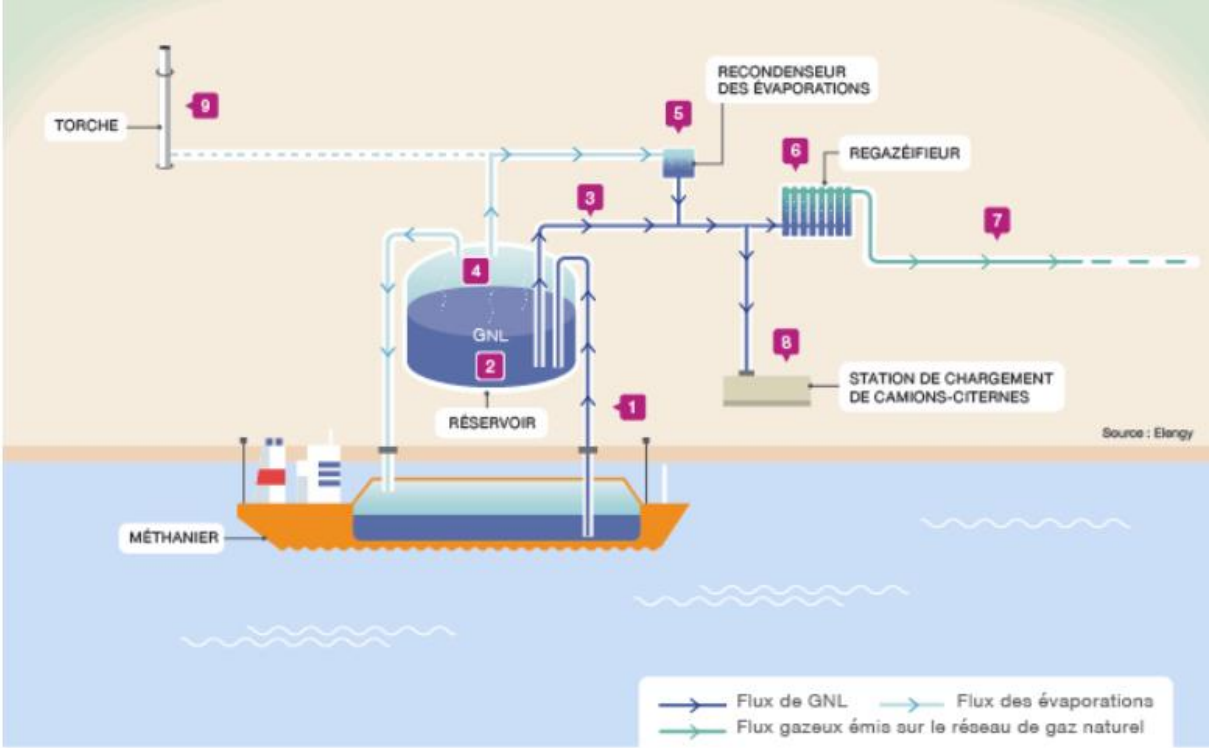
Construction d'un port équipé d'un terminal méthanier :

Les ports d'export et d'import de GNL nécessitent des installations spécifiques et complexes : des usines de gazéification à l'import, en plus pipelines pour l'acheminer dans les centrales de production d'électricité, des usines ou des stations de gaz.

Un terminal méthanier est une installation permettant de regazéifier du gaz naturel liquéfié (GNL) transporté par voie maritime par les expéditeurs depuis les zones de production.

Un terminal classique a quatre fonctions :

- Réceptionner les navires méthaniers et décharger ou recharger leur cargaison.
- Stocker du GNL dans des réservoirs cryogéniques (- 160 °C).
- Regazéifier du GNL en fonction des besoins du réseau.



- Remettre ce gaz sur le réseau de transport national.

Basculement de la chaine de valeur industrielle vers GNL

La flotte du transport devrait se convertir au GNL, de même les centrales thermiques au charbon. Dans la perspective d'une maitrise budgétaire des communes et des particuliers aussi des industriels, la recherche se focalise sur une source d'énergie économiquement stable et accessible : en effet, le GNL est une alternative au fioul, au GPL et au charbon, qui permet aux industriels de réaliser une économie sur leurs coûts d'approvisionnement en énergie et sur leurs coûts de maintenance de leurs équipements.

Charbon, pétrole, gaz... : quel avenir ?

L'agence internationale de l'énergie (AIE) indique que la consommation d'énergie primaire du Maroc repose encore à presque 90% sur les énergies fossiles :

- 62% sur le pétrole,
- 21,7% sur le charbon
- 5% sur le gaz naturel

(Selon les dernières données de l'Agence portant sur 2017).

Le rapport économique et financier publié par le ministère de l'Economie, des Finances et de la Réforme de l'Administration renseigne que le taux de dépendance énergétique du Maroc est passé de 93% en 2010 à 88% en 2020.

La production nationale d'hydrocarbures est « *négligeable* » selon l'AIE (malgré quelques projets prometteurs en développement, notamment autour du permis gazier de Tendrara), le Maroc dépend très fortement des importations. La facture énergétique du Maroc liée à ses importations s'est élevée à 69,5 milliards de dirhams en 2017.

L'AIE souligne « les risques d'approvisionnement » du Maroc, en particulier depuis la fermeture de sa dernière raffinerie pétrolière (Samir), placée en liquidation judiciaire en 2015.

Budget

Le secteur de l'éolien, et vu sa contribution majeure dans la transition énergétique du royaume, a été traité à travers deux appels à projets lancés en 2013 et 2014 en mobilisant une enveloppe budgétaire de **25 millions MAD.**

L'IRESEN a lancé en 2014 le premier appel à projets visant l'utilisation des énergies renouvelables pour une valorisation énergétique de la biomasse. Ce dernier appel a mobilisé un budget de **20 millions MAD** et a ouvert de nouvelles perspectives dans l'implication des chercheurs nationaux spécialisés dans la biomasse dans le domaine des énergies renouvelables.

Noor I est constituée d'un champ de 480 hectares de miroirs courbes (cylindro-paraboliques) avec une puissance installée de 160 MW. Le projet, dont le coût a dépassé **7 000 millions de MAD**, est géré par Masen et construit par Acwa Power.

Noor Ouarzazate II est la deuxième centrale du complexe solaire Noor Ouarzazate, elle s'étend sur 610 hectares. Sa puissance installée est de 200 MW. Le coût total du projet est estimé à plus de **9 000 millions de MAD**.

Noor Ouarzazate III est la première centrale solaire utilisant la technologie solaire à tour, à refroidissement sec au Maroc, elle s'étend sur une superficie de 582 hectares, et sa puissance est de 150 MW. La centrale est en service depuis août 2018, et son coût est estimé à **7 180 Millions MAD.**

Noor Ouarzazate IV est la quatrième et dernière centrale du complexe solaire Noor Ouarzazate mise en service en juin 2018 et fait partie du programme Noor PV I16.

Elle est aussi la première à utiliser la technologie photovoltaïque. La centrale a été financée par la KFW Bankengruppe.

S'étalant sur une surface de 137 ha, la centrale a une puissance installée de 72 MW. Son coût est estimé à plus de **750 Millions MAD .**

SWOT

FORCES	FAIBLESSES	OPPORTUNITÉS	MENACES
-Fort potentiel solaire et éolien - Stratégie énergétique affirmée. -Futur projet de gazoduc Maroc-Nigéria (ralliant le Nigéria au Maroc en traversant 14 pays)	-Difficulté de mise en œuvre -Appropriation des technologies insuffisante - Coût de mise en place -Artificialisation des terres.	-Attractivité pour les investissements étrangers -Potentiel pour exporter l'électricité. -Promotion de la recherche et du développement, de l'innovation technologique et du transfert de technologie dans le domaine des EnR.	-Dépendance à la volatilité des prix des combustibles. -Dépendance des puissances énergétiques historiques. -Coopération régionale suspendu aux blocages de l'UMA

Suivi de mise en œuvre

Est-il pertinent de tout miser sur les énergies renouvelables ?

La réponse selon le scénario hybride est « NON ».

Le Maroc vise, à l'horizon 2030, un mix énergétique composé à 52% d'énergies renouvelables. Cependant, il tire encore une grande partie de son énergie des centrales à **charbon.**

La croissance est prioritaire aux enjeux écologiques qui vont tout de même remettre en cause les pratiques du siècle dernier.

Il sera difficile de voir un futur où les économies reposeront essentiellement sur les énergies renouvelables. Principalement en raison de l'intermittence des ressources et des problèmes liés au **stockage de l'électricité**

Cependant, le Maroc demeure essentiellement pénalisé par le coût élevé des importations énergétiques qui lui doit un classement médiocre en matière d'accès et de sécurité énergétique.

Le compromis demeure de mener une stratégie de mix énergétique.

Pour réaliser un équilibre énergétique du futur, le Maroc doit diversifier ses sources d'énergie :

Energie fossiles :

- Développer des ressources nationales en énergie fossile par la recherche de gisement
- Exploiter un potentiel important de schistes bitumineux (Tanger, Timahdit, Tarfaya)
- Promouvoir **l'intelligence énergétique** afin de réduire la consommation et la dépendance au pétrole, gaz et charbon.
- S'appuyer sur la tendance GNL qui peut participer de la réponse apportée aux enjeux de la transition énergétique. En offrant de nouveaux débouchés à des pays exportateurs et une énergie plus propre que le pétrole ou le charbon, le gaz pourrait faire baisser plus rapidement les émissions de CO2 que le seul développement des énergies renouvelables, à échelle de temps égale

Energie renouvelables

- Accélérer le développement des énergies renouvelables (parcs éoliens, solaire photovoltaïque, microcentrale et biomasse) comme rappelé par sa majesté le roi Mohammed VI en octobre 2020.
- Renforcer le déploiement des énergies renouvelables à plus grande échelle selon une **stratégie régionale**, tel que décrit par le programme Jiha Tinou (Ma région) 2012-2020 vise à optimiser la capacité des acteurs locaux à contribuer, à la maîtrise de l'énergie à l'échelle locale, et en renforçant la capacité communale et régionale à valoriser les ressources locales en énergies renouvelables.

Cadre législatif

Malgré sa libéralisation en 2010, le secteur des énergies renouvelables ne dispose pas encore d'un cadre réglementaire finalisé, ce qui freine son développement. Autre problématique, le retard

accumulé dans la mise aux normes des bâtiments. Si la nouvelle loi rend notamment obligatoire l'audit énergétique pour les entreprises, ces dernières seront-elles enclines à investir pour réduire leur consommation ?

Où en est l'évolution réglementaire du secteur des énergies renouvelables au Maroc ?

Sur le volet réglementaire, l'amendement 57-15 a été promulgué en 2015 pour la Loi 13-09 sur les énergies renouvelables qui a été adoptée en 2009. Dix ans après, le cadre réglementaire reste incomplet.

En fait, les distributeurs freinent et retardent la sortie du décret précité relatif à l'injection de l'électricité photovoltaïque sur le réseau de distribution BT considérant principalement le manque à gagner qu'il induirait. Malgré ce handicap, le solaire photovoltaïque connecté sur le réseau de la BT se développe en l'absence de toute réglementation en raison de la baisse des prix : il est devenu rentable sans cette injection.

Le nouveau Décret 2.17.746, publié au Bulletin Officiel le 2 mai 2019, dispose que « l'audit énergétique obligatoire s'applique aux organismes dont la consommation finale totale d'énergie exprimée en tonne équivalent pétrole (tep) est supérieure à 1 500 tep/an pour les entreprises et les établissements relevant du secteur de l'industrie, 500 tep/an pour le secteur tertiaire (les secteurs du tourisme, de la santé, de l'éducation, de l'enseignement, du commerce et des services), les entreprises et les établissements de transport et de distribution d'énergie et pour les personnes physiques. » Ce décret constitue une forte impulsion qui va dynamiser les activités visant à améliorer l'efficacité énergétique des grands secteurs consommateurs incluant l'industrie, l'hôtellerie, les centres commerciaux et logistiques, etc.

Raisons pour choisir le scénario hybride

1. Toutes les énergies renouvelables ne sont pas intermittentes ; la biomasse, la filière bois énergie, les pompes à chaleur qui peuvent être considérées comme renouvelables et ne sont pas intermittentes.
2. On peut aussi s'appuyer sur l'effacement de la demande énergétique grâce au réseau électrique intelligent. On peut aussi tirer parti du foisonnement spatial des énergies renouvelables intermittentes.
3. Pour une production photovoltaïque d'1 kWh, on va émettre au sens des analyses de cycles de vie 55 g de CO2 équivalents. Donc en termes d'impact sur le changement climatique, ce n'est pas zéro mais plus avantageux en comparaison à une centrale thermique au charbon, qui est de l'ordre de 600 g de CO2 équivalent par kWh.
4. 94% de la filière photovoltaïque est basé sur du silicium, qui n'est pas une terre rare et qui n'est pas en tension en termes de demande, même pour subvenir aux besoins futurs du développement photovoltaïque.
5. Les énergies fossiles ne sont pas abandonnées mais recadrées dans une optique de baisse continue et maitrisée.

2. Scenario Tournesol

Enoncé

Le scénario **Tournesol «** un scénario optimiste » qui consiste à consacrer quasi-exclusivement les capacités électriques aux EnR et aux énergies solaires en particulier avec l'ambition d'exporter l'hydrogène vert et sortir du charbon .

La production d'électricité à partir de l'énergie solaire a connu, à l'échelle internationale, une croissance exponentielle principalement grâce à une baisse des prix des modules photovoltaïques de plus de 80% en moins de dix ans. Cette nouvelle donne économique positionne l'énergie solaire comme étant, dorénavant, les énergies les plus compétitives au monde. D'ailleurs , le Roi Mohamed VI a ainsi donné ses instructions afin de réviser à la hausse les ambitions initialement projetées en matière d'énergies renouvelables qui sont ainsi appelées à dépasser l'objectif actuel de 52% du mix électrique national à l'horizon 2030.

Le scénario Tournesol met en exergue le potentiel d'énergies renouvelables dont dispose le Maroc pour réduire sa dépendance énergétique. D'ailleurs, la majorité de l'énergie consommée sur le territoire serait produite localement et d'origine solaire à l'inverse du scénario Hybride qui préconise le maintien des énergies fossiles dans le mix électrique.

Par ce scénario « optimiste », qui rentre dans un cadre d'une « *transformation poussée* », le Maroc vise :

- A accélérer sa **transition énergétique** par la réduction au maximum de sa consommation des énergies fossiles lesquelles impactent négativement l'environnement ;
- Répondre efficacement à ses engagements internationaux contre **le réchauffement climatique**, atteindre les objectifs de la COP 21 et honorer ses engagements de la COP 22 ;
- A Consacrer quasi-exclusivement les **capacités électriques à venir aux sources renouvelables avec une majoration du solaire, suivi par l'éolien, toutes deux sources** inépuisables, - et au **stockage** y compris les batteries et technologies avancées, les autres ressources renouvelables tels que l'hydraulique garderont leur constance à court terme. L'investissement dans la production géothermique et de biomasse, sera de toute façon, gelé au profit du photovoltaïque.
- A faire sortir le charbon totalement de la production électrique en le substituant par le GNL, qui regagne actuellement avec force sa compétitivité sur le marché et se considère par l'unanimité une excellente alternative de transition énergétique en attente du rebondissement de la haute technologie en Energies vertes.
- A instaurer **la décentralisation et l'autoproduction énergétique** sur tout le territoire avec le soutien de la digitalisation à savoir la production d'énergie par le privé au niveau de la consommation,
- A activer unanimement **l'efficacité énergétique** via une politique coordonnée et déclencher une nouvelle émergence verte du Maroc.
- Développer de grands projets industriels et attirer de grands investissements internationaux en EnR sous le modèle contrat PPA « Power Purchase Agreement » ;
- Investir dans **le dessalement par les énergies solaires** dont le coût connait également un trend baissier pour adresser, en partie, la problématique du stress hydrique ;

- Développer la filière hydrogène par la mise en place des projets industriels d'envergure autour du concept nouvellement révolu Power-to-X ;
- Se repositionner géo-stratégiquement en liant le Nord et le Sud en développant l'exportation de l'énergie verte ;
- Créer davantage d'emploi dans des filières vertes sur tout le territoire du pays.

Prérequis

Le Maroc possède un potentiel d'énergie solaire exceptionnel en qualité et en quantité

Pour le Maroc, le solaire est une énergie alternative propre, inépuisable et avantageuse, et en cohérence avec le développement durable.

Sur le plan quantitatif, le Maroc dispose d'un potentiel en énergie solaire estimée en photovoltaïque PV (150 TWh) avec un taux de charge conservateur minimal de 2 500 heures.

Sur le plan qualitatif, le Maroc dispose d'un potentiel de 2 500 à 3 000 heures d'ensoleillement par an, soit en moyenne 8h15mn par jour. L'ensoleillement est réparti sur quasiment tout le territoire national et est encore plus intense sur le versant Est de l'Atlas. La répartition géographique des sites aménageables sur le territoire national permet le lissage et le maintien relatif de la disponibilité de l'énergie sur le réseau.

Positionnement du Maroc en leader de la transition énergétique

Le Maroc, très engagé dans la lutte contre le réchauffement climatique malgré un faible taux d'émissions de CO2 (inférieur à 2,5 T/hbt/an), a fait partie des premiers pays au monde à déposer sa première contribution déterminée au niveau National.

La reconnaissance des efforts consentis par le Maroc dans le cadre de l'agenda climatique, s'est concrétisée par l'organisation de la COP22 à Marrakech en 2016. Tout récemment, le Maroc s'est classé deuxième, juste après la Suède, dans l'indice de performance en matière de changement climatique (CCPI 2019).

En outre, le potentiel exceptionnel marocain en ENR, les évolutions technologiques et la chute des prix sont les trois facteurs décisifs qui doivent donc amener le Maroc à prendre une place de leader en matière de transition énergétique ;

La stratégie énergétique déjà mise en place (2009) qui a permis :

- De dépasser les problèmes d'approvisionnement que le Maroc a pu connaître ;

- De sécuriser l'approvisionnement, d'initier la libéralisation du marché de l'électricité et de positionner le Maroc à l'avant-garde de l'agenda climatique

  - Une meilleure stabilité de la disponibilité électrique : A fin 2018, le Maroc dispose d'une puissance électrique installée de 10 938 MW, dont 34% en énergies renouvelables et d'un taux d'électrification de 99,7% ; il est à noter qu'au cours des 10 dernières années, aucun incident de délestage n'a été signalé, ce qui traduit la bonne maitrise technique des équipes de l'ONEE.

- Un renforcement de la production concessionnelle par développement des partenariats publics privés (PPP) : les opérateurs privés ont pu se positionner comme producteurs indépendants (Independant Power Producer ou IPP) pour vendre l'électricité à l'ONEE via des contrats type Power Purshase Agreement (PPA) ;
- Une réforme du cadre légal et règlementaire depuis l'adoption de la loi 13-09 qui a bénéficié aux industries énergivores d'accéder à de nouvelles offres d'électricité à des prix plus avantageux que ceux proposés par l'ONEE et les distributeurs pour une grande partie de leur consommation, tout en maintenant leur accès à la puissance garantie pour leurs besoins en heures de pointe.
- la loi 54-14 de l'autoproduction de l'électricité, adoptée en 2015 autorise des personnes morales de droit public ou privé à produire, par leurs propres moyens et pour leur propre consommation, l'énergie électrique avec un droit d'accès au réseau électrique national pour les capacités dépassant 300 MW.

Grands projets solaires réalisés et en cours de réalisation :

A partir de 2016, de grands projets dans les énergies renouvelables concrétisés :

- Le Complexe « Noor Ouarzazate », le premier plus grand ensemble multi-technologies à l'échelle internationale avec une capacité installée de 580 MW, réparti en 4 tranches, a été mis en service en 2018.
- La même année, le projet de Laayoune a été déployé avec une puissance installée de 85 MW.
- Deux autres grands projets sont en cours de réalisation : la centrale solaire Noor Midelt I d'une puissance totale de 800 MW, comprenant 605 MW de PV et 190 MW CSP et Noor Tafilalt de 120 MW de PV.

A la fin 2019, la puissance installée en énergies renouvelables a atteint 3 701 MW, soit 34% de la puissance totale : 1 220 MW pour l'éolien, 711 MW pour le solaire et 1 770 MW pour l'hydraulique.

- Le programme de développement du marché marocain des chauffe-eau solaires (PROMASOL) visant l'installation de 440 000 m2 de capteurs solaires thermiques en 2012 et 1,7 million de m2 en 2020. Ce programme évitera l'émission de 920 000 tonnes de CO2 par an et créera 920 postes d'emploi permanents.
- Le programme national de pompage solaire fruit d'un partenariat entre les ministères de l'Energie et de l'Agriculture, l'ADEREE et le Groupe Crédit Agricole. Ce programme vise à permettre aux petits et moyens agriculteurs de s'équiper, à l'aide d'une subvention du Fonds de Développement Énergétique de pompes à eau fonctionnant à l'électricité produite à partir de panneaux solaires.
- Le Programme National de généralisation des Lampes à Basse Consommation (LBC) visant à installer plus de 5 millions de LBC qui ont eu pour conséquence :
  – L'écrêtement de 173 MW durant la pointe.
  – L'économie d'énergie cumulée est évaluée à 700 GWh.
- La nouvelle réglementation « loi 58-15 » complétant la loi « 13-09 » sur les énergies renouvelables et soutenant l'ouverture du secteur de l'électricité de sources renouvelables à la moyenne et basse tension.

Axes visés par le scénario Tournesol :

- Améliorer la stratégie énergétique adoptée en 2009 avec des options claires, une gouvernance adaptée et un positionnement international renouvelé
  - La nouvelle stratégie énergétique devra ainsi mettre la justice sociale et la protection de l'environnement au même rang que l'efficacité technique et économique.
  - L'accompagner d'une refonte de la gouvernance pour s'adapter aux évolutions du secteur et d'une reconfiguration des politiques publiques qui touchent à l'énergie en traitant de manière coordonnée et intégrée, plusieurs politiques connexes, actuellement, pensées et élaborées en silos.
  - Reposer sur une adhésion citoyenne élargie avec l'implication des citoyens et des territoires pour lier la transition énergétique aux enjeux du développement local.

- Accélérer la transition énergétique en plaçant les énergies vertes au centre de nouveaux choix stratégiques mieux définis

L'accélération de la transition énergétique crée de nombreux bénéfices pour les citoyens, les entreprises et les finances publiques. Plus la transition est accélérée, plus les impacts sont importants. C'est pour quoi ce scénario est favorable de maximiser ces bénéfices.

- Augmentation de la part du solaire dans la production de l'électricité dans le but de baisser les coûts et décarboner,
- Promouvoir, dans un premier temps, le déploiement d'installations solaires d'autoproduction d'électricité dans le résidentiel, l'industrie, le tertiaire ou encore l'agriculture à des fins de réduction de la facture énergétique de l'auto-consommateur.
- Accélérer en suite, la décentralisation via un cadre réglementaire qui permettra de créer un marché dynamique de la production décentralisée intégrée où tout le monde est connecté au réseau électrique national, ceci sera davantage un moyen d'appui social aux populations à faible revenu.
- Développer les réseaux intelligents (smart grids), prérequis incontournables pour muter d'un système unidirectionnel à un système bidirectionnel, permettant d'agir sur la demande, d'adapter, en partie, la consommation aux capacités instantanées de production, et d'optimiser les systèmes dits d'effacement de consommation électrique.

- Envisager le dessalement d'eau de mer, couplé à l'énergie solaire, comme l'une des solutions pour l'eau potable et pour certaines cultures agricoles, en complément d'une gestion optimale de la demande

Le dessalement des eaux marines par osmose inverse comporte essentiellement 4 étapes : Le pompage d'alimentation des eaux marines ; le prétraitement physique à base de filtres à sable et filtre à cartouche et le prétraitement physico-chimiques ; le pompage de gavage à haute pression et la filtration sur membrane d'osmose inverse.

- Mettre les assises de production d'hydrogène vert, grâce au développement de la filière Power to X (PtoX) considérée comme énergie compétitive

- Créer d'opportunités de marché de partenariat autour de la filière d'hydrogène vert, au service de la croissance économique, de la création d'emplois et pour un système énergétique durable.
- Développer la production des molécules vertes moyennant la filière Power to X comme l'ammoniac vert pour des fabriquer des produits agricoles (engrais) et produits industriels (fibres, plastique, produits pharmaceutiques…) ; le méthanol vert pour la fabrication des produits d'automobile et le méthane vert comme combustible propre.

➢ Pousser l'appropriation technologique et intégration industrielle

- Développer les assises industrielles pour la fabrication locale des briques technologiques (lingots de Silicium, cellules PV, onduleurs) ;
- Mettre en place un cadre d'investissement incitatif pour encourager les investisseurs locaux et renforcer l'attractivité du Maroc dans ce domaine et démultiplier les IDE ;
- Participer à la fabrication des batteries utilisées pour le stockage d'énergie, l'automobile, l'électronique et l'outillage industriel, avec une prédominance de l'électromobilité ; cette production est visée par le potentiel en cobalt dont dispose le Maroc, également via le phosphate qui rentre dans la fabrication des batteries lithium-fer-phosphates.

➢ Pousser la formation, recherche, développement et innovation

- Constituer un vivier de compétences métiers et de réseaux de chercheurs et d'ingénieurs engagés dans une dynamique globale, à la fois nationale et régionale et la placer auprès d'acteurs économiques notamment des industriels disposant de projets innovants.
- Développer des clusters spécialisés dans l'énergie solaire et de l'hydrogène vert ;
- Intégrer différents clusters métiers dans les partenariats publics-privés ;
- -opter pour des projets pilotes

SWOT

FORCES	FAIBLESSES	OPPORTUNITÉS	MENACES
• Cadre stratégique nationale ambitieux et incitatif en faveur de l'adoption massive des énergies propres ; • Un potentiel d'énergie solaire exceptionnel réparti sur quasiment tout le territoire national (de 2 500 à 3 000 heures d'ensoleillement par an, soit en moyenne 8h15mn par jour) ; • Gain en compétitivité sur le marché d'énergie par la tendance baissière des coûts de vente du PV ; • Une expérience et technicité assez avancée en solaire CSP et une infrastructure déjà présente en place ; • Le solaire demeure fort en couverture de l'intermittence produite par l'éolien	• Dépendance aux pays producteurs des matières premières pour la construction des panneaux solaires etc... • Investissements initiaux très coûteux ; • Eventualité d'un non-respect du chronogramme des Plans • La fabrication des panneaux solaires participe indirectement à l'émission du CO2	• Accroissement continu de la demande mondiale et nationale ; • Volonté politique avec des objectifs chiffrés ; • Mise en place d'un fonds dédié ; • Possibilité de faire appel à des mécanismes et à des financements avantageux (Mécanismes de Développement Propre MDP, Fonds Carbone, Coopération internationale) ; • Renforcement de l'intégration régionale (Plan Solaire Méditerranéen et Desertec) ; • Volonté d'une approche industrielle • Création d'emploi temporaire et permanent • L'engagement envers l'Afrique en faveur d'un déploiement et d'échanges accrus d'énergie durable et propre. • Réglementation locale incitatrice	• Probabilité d'occurrence d'un risque technologique ; • Concurrence actuelle du gaz subventionné par l'Etat ; • Dépendance aux énergies fossiles en particulier pour l'industrie et transport

Suivi de mise en œuvre

L'adoption des ENR et de l'énergie solaire en particulier à une large échelle, en tant qu'énergie propre et durable, permet à l'Etat de réduire les émissions de CO2 et de gaz à effet de serre, de développer une économie verte, de créer plusieurs opportunités de travail dans le milieu rural et de rationaliser l'usage des ressources hydriques. Pour tirer profit de ce potentiel, nous recommandons de suivre les recommandations ci-après :

- Accélérer la mise en œuvre du programme solaire lancé en 2011 pour l'atteinte de 2000 MW en 2021 ;
- Augmenter la capacité du solaire dans la production électrique à 85% d'ici 2030 ;
- Une sortie complète du charbon d'ici 2030, sera substituée par le GNL ;
- Garder les projets éoliens en cours, et orienter les éventuels projets éoliens vers particulièrement les provinces de sud sur la façade Atlantique à fort potentiel éolien ;
- Garder la filière Hydraulique avec ses capacités prévues en objectifs de 2020 (2000 MW), par contre, les sites hydrauliques seront sujet au développement de stations de stockage par pompage (STEP)
- Développer la filière d'hydrogène au près des grandes installations solaires pour le stockage d'énergie, maitrise d'excédent de production afin de pallier à l'intermittence des énergies (solaires et éoliennes). En raison de son potentiel, le Maroc doit donc clairement se positionner pour attirer les acteurs de référence internationale et développer des partenariats pour produire et vendre de l'hydrogène vert compétitif ;
- Mettre en place du système Grid-Smart pour la rationalisation et la gestion du flux électrique dans le réseau principal national
- La parité réseau devrait être établie dans plusieurs régions. Pour un foyer, il sera alors plus intéressant de consommer l'énergie produite par les modules photovoltaïques installés sur son toit que d'en acheter sur le réseau. Cela amènera son lot de défis techniques pour les gestionnaires des réseaux de distribution, mais la tendance ne pourra pas être bloquée ou ignorée.
- L'essor du photovoltaïque interpelle également l'économie de l'électricité : le coût marginal quasi nul et l'intermittence de sa production se traduiront par une importante volatilité du prix de l'électricité échangée sur les marchés. La combinaison du photovoltaïque décentralisé, le stockage par batteries et une gestion intelligente de la consommation est un scénario réel à envisager dans les dix années à venir, avec des conséquences importantes sur l'industrie électrique.

3. Scénario fluorescent

Enoncé

Le scénario **fluorescent** « un scénario ambitieux » qui consiste à s'appuyer sur l'énergie nucléaire ainsi que la recherche et le développement des nouvelles technologies énergétiques. Il vise en effet une gestion conjointe du nucléaire et des énergies renouvelables pour une économie bas carbone.

L'innovation, les progrès technologiques et les nouveaux modèles économiques peuvent aider à augmenter la part du nucléaire dans le bouquet énergétique marocain et sa contribution au développement durable et à la croissance économique.

La recherche, le développement et l'innovation constitue un moteur pour réussir la transition énergétique et favoriser la croissance économique.

Pré requis

Lever les doutes sur l'aspect nocif du nucléaire

Le nucléaire est jugé dangereux à cause des déchets radioactifs qui demeurent durant des millénaires.

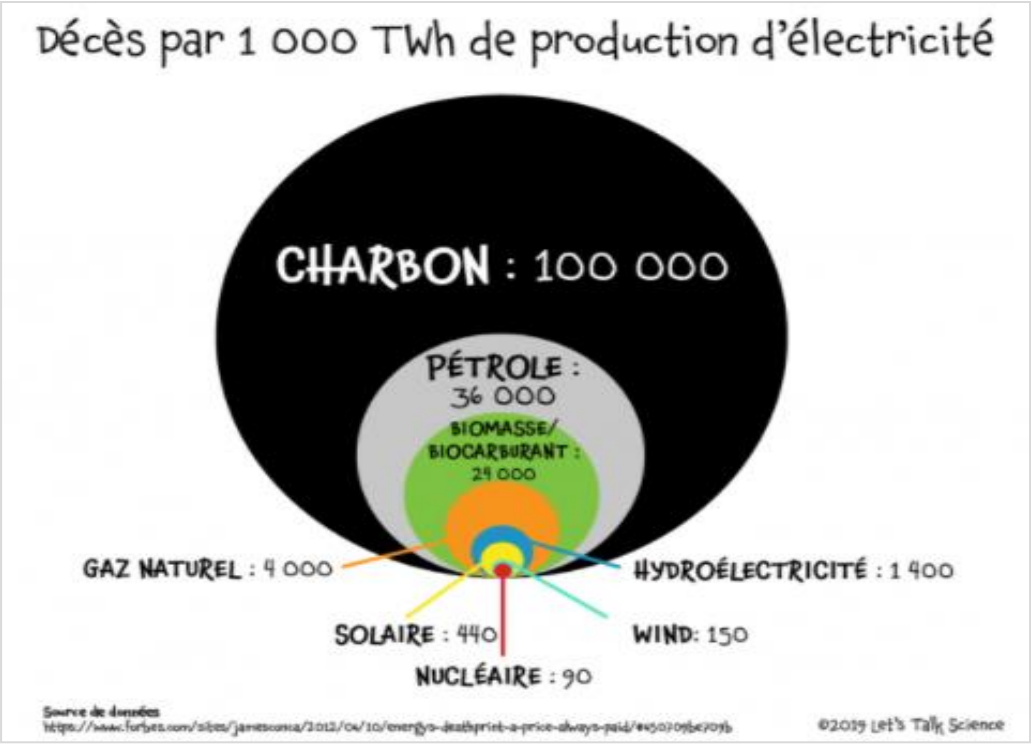
- ⇨ L'ensemble des dégagements d'une centrale sont radioactifs mais, en temps normal, les risques sont minimes et n'impliquent pas de dangers directs. La radioactivité est un phénomène naturel. Les cellules à l'origine de la radioactivité sont les radionucléides. Ces molécules sont naturellement présentes dans l'air, l'eau et les plantes mais avec des quantités négligeables (inférieure à 0,1%). Les radionucléides se transmettent de corps à corps. Comme tout ce qu'il ingère, l'homme est lui-même radioactif (0,0004 sieverts).

- ⇨ Des contrôles réguliers sont effectués à ce dessein aux alentours des installations nucléaires par des agences comme l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN).

L'énergie nucléaire est considérée comme l'une des énergies non renouvelables les plus propres. Mais en cas d'accident, elle devient la plus dangereuse.

- ⇨ Lorsqu'une catastrophe nucléaire se produit, les risques de contamination et les conséquences sanitaires sont extrêmement importants et graves. Mais la probabilité que cela se produise est très minime et les mesures de sécurité sont de plus en plus renforcées.

Une étude de 2013 de la NASA a révélé que l'énergie nucléaire présentait beaucoup moins de danger que les autres sources d'électricité. En fait, selon l'étude, l'énergie nucléaire causé moins de décès par unité d'énergie produite :



Tout comme l'énergie solaire et éolienne, l'énergie nucléaire génère de l'électricité sans émettre de gaz à effet de serre. Bien entendu, la construction des centrales nucléaires libère des gaz à effet de serre. Il en va de même pour la construction ou l'installation de panneaux solaires et de turbines éoliennes. En général, ces installations émettent beaucoup moins de gaz à effet de serre que les centrales brûlant des combustibles fossiles.

Comprendre les bénéfices à déployer le nucléaire

L'énergie nucléaire présente des avantages certains :

- Elle ne rejette pas de CO2, mais de la vapeur d'eau ;
- Elle est disponible toute l'année ;
- Elle n'est pas chère à produire et permet de produire dans de grandes quantités ;
- Les installations nécessaires à sa production ont une durée de vie assez longue, de 40 ans environ.

Les réacteurs nucléaires actuels ont été construits avec une technologie conçue avant les années 1980. À cette époque, l'âge atomique battait son plein. Beaucoup de choses ont changé depuis et les scientifiques et les ingénieurs travaillent fort pour moderniser la technologie nucléaire.

En effet, les réacteurs nucléaires fonctionnent actuellement à l'uranium mais ils pourraient bientôt se tourner vers d'autres types de carburant, comme le thorium (Th, numéro atomique 90). Comparativement à l'uranium, le thorium est plus abondant et produit moins de déchets. Ses déchets sont aussi moins radioactifs. De plus, il est beaucoup plus difficile de transformer le thorium en armes nucléaires.

Innovations en énergie

Dans le domaine des énergies propres, le nombre de dépôts de brevet a augmenté d'environ 20% par an depuis 1997(source OEB). Il a dépassé celui des énergies traditionnelles (énergies fossiles et énergie nucléaire). Cette montée a coïncidé avec l'adoption du protocole de Kyoto en 1997, par lequel il est devenu manifeste que pour stimuler le développement des technologies énergétiques propres, il importe que des décisions politiques soient prises afin de mettre en place des cadres adéquats.

Les six pays en tête de l'innovation et de l'activité brevets dans les technologies énergétiques propres sont le Japon, les États-Unis, l'Allemagne, la République de Corée, le Royaume-Uni et la France. La concentration de l'activité brevets dans ces pays reflète les tendances observées dans d'autres secteurs technologiques. Ces six pays les mieux placés au monde ont à leur actif 80 % des demandes de brevets dans les domaines des technologies énergétiques propres étudiés, chacun venant en tête d'un secteur différent.

Ces innovations ne sont pas encore connues de tous, mais représentent une intéressante alternative à l'épuisement des sources d'énergies fossiles et aux énergies renouvelables actuelles.

Les recherches se focalisent sur les 3 axes pivots :

- Les énergies renouvelables ;
- Le stockage d'énergie ;
- Le traitement des déchets.

Le nombre de dépôts de brevets dans les technologies énergétiques par pays de l'inventeur, seuls les premiers dépôts étant retenus : plus de 60.000 brevets déposés, voir détail ci-dessous :

Technologie		Allemagne	États-Unis	France	Japon	Total
Technologies énergétiques renouvelables	Biomasse (Bi)	393	668	183	492	1 736
	Piles à combustible (Fc)	1 893	2 647	257	5 532	10 329
	Géothermie (Ge)	183	216	55	450	904
	Hydrogène (Hy)	870	1 303	224	1 871	4 268
	Solaire (So)	2 456	2 345	845	3 889	9 535
	Forces marémotrices et vagues (Ti)	254	356	111	260	981
	Éolien (Wi)	1 409	710	359	343	2 821
Technologies énergétiques efficientes	Échangeurs de chaleur (He)	4 550	5 313	2 051	9 688	21 602
	Pompes à chaleur (Hp)	743	421	195	2 152	3 511
	Moteurs *Stirling* (St)	206	455	30	695	1 386
	Récupération de chaleur (Wh)	678	614	138	1 566	2 996
Total		13 635	15 048	4 448	26 938	60 069

Base de données Patstat de l'OEB, calculs des auteurs.

On peut en citer :

1. **Biocarburant de 2^{eme}génération**

Les atouts des biocarburants de 2éme génération tient au fait que leurs procédés d'obtention doivent permettre de convertir l'intégralité de la biomasse. La plante complète est valorisée ; à terme, une valorisation de nombreux résidus et déchets organiques peut même être envisagée y compris pour la synthèse de nombreux produits chimiques et de molécules plateformes, précurseur de nombreuses applications chimiques.

2. **Carburants à base d'algues oléagineuses – 3éme génération**

   Certains organismes photosynthétiques sont capables de capturer le CO_2 atmosphérique et de produire une biomasse riche en huile. Cette huile est considérée comme une ressource renouvelable qui pourrait devenir une alternative aux hydrocarbures fossiles.

3. **Nouveaux types d'électrodes pour les micro-super-condensateurs**

   Les micro-super-condensateurs sont des micro-dispositifs de stockage réversibles de l'énergie électrique constituant une alternative intéressante aux micro-batteries en raison de leur puissance élevée et de leur durée de vie importante. Il est notamment question de l'utilisation d'électrodes tridimensionnelles pour accroître leur densité d'énergie surfacique.

4. **Traitement des eaux par du chitosane**

   Le chitosane, biopolymère apparaît comme une alternative efficace et écoresponsable. Cette substance est devenue un acteur du traitement des eaux. Par ses propriétés de non-toxicité et de biodégradabilité, le chitosane peut représenter un substitut efficace des sels minéraux et des polymères synthétiques pour l'enlèvement de la turbidité dans le traitement des eaux potables.

D'autre part, les nouvelles technologies participent à la mutation du secteur de l'énergie, dont les processus sont désormais de plus en plus digitalisés. Avec le Big data, les données d'énergie sont désormais massifiées et peuvent être rendues intelligibles, visualisables, pour une meilleure connaissance et réduction des consommations énergétiques.

La non-optimisation des consommations des bâtiments conduit à des dépenses énergétiques considérables et à un impact environnemental négatif. Des gisements d'économies d'énergie sont souvent non exploités, alors qu'il devient essentiel de pouvoir optimiser le temps et le budget dédié à la gestion énergétique.

De nouveaux usages et outils se mettent en place pour meilleure compréhension des données d'énergie, tant d'un point de vue énergétique (kilowattheures), qu'économique (euros) et écologique (CO2). Objectif : une vision fine de son patrimoine énergétique pour engager des actions appropriées.

L'ambition est d'accompagner les administrations publiques (Etat et collectivités) et les organismes identifiés comme grands consommateurs d'énergie dans le pilotage de leurs dépenses et de leurs performances énergétiques, mais aussi dans la réduction de leur empreinte carbone et de leur émission de gaz à effet de serre.

SWOT

FORCES	FAIBLESSES	OPPORTUNITÉS	MENACES
• Coûts du nucléaire • Baisse des coûts des filières éolienne et photovoltaïque • Moins de pollution avec le nucléaire • Source d'énergie quasiment inépuisable avec le nucléaire • Création de nouvelles filières technologiques	• Résistance internationale au déploiement du nucléaire • Intérêts relatifs des investisseurs impatients de concrétiser les gains	• Favoriser la compétition internationale vers l'innovation • Améliorer la balance commerciale • Accentuer la compétitivité économique	• Risque de catastrophe nucléaire non nul • Adhésion des partis politiques non acquise • Besoin de promouvoir la recherche interne (fonds et suivis)

Suivi de mise en œuvre

Pour le nucléaire :

L'objectif est de pouvoir produire de l'électricité nucléaire à partir 2030 :

- Le développement des ressources humaines et des compétences nécessaires à la réalisation d'un programme électronucléaire : Grâce au travail entamé par l'Agence Marocaine de Sûreté et de Sécurité Nucléaires et Radiologiques (AMSNuR), le CNESTEN et les universités marocaines, nous pouvons affirmer que **nous avons les ressources humaines nécessaires, qui sont formées et capables de gérer efficacement et correctement une éventuelle centrale nucléaire marocaine**.[Rajaâ Cherkaoui El Moursli, spécialiste en physique nucléaire]
- Inclure à nouveau l'énergie nucléaire dans la stratégie énergétique avec une planification détaillée et réaliste des jalons de mise en place, du budget et des partenariats internationaux.
- Renforcement et mise à niveau du cadre législatif et réglementaire pour l'aligner sur les recommandations et les normes internationales. ;
- S'appuyer sur l'assistance technique de l'AIEA et les partenaires internationaux pour le pilotage de la mise en œuvre ;
- Convenir de critères environnementaux et de sécurité qui devront être mesurables et qualifiables.

Pour l'innovation énergétique et les EnR :

- Les subventions : Le ralentissement de la croissance des investissements dans les énergies renouvelables peut être attribué principalement à la baisse des coûts dans le solaire et l'éolien à l'échelle mondiale, et au changement des conditions du marché avec des subventions réduites dans de nombreux pays. En d'autres termes, l'investissement nécessaire est plus faible pour installer le même niveau de capacité d'énergie solaire ou éolienne. L'aide publique et l'encouragement à l'investissement sont indispensables pour favoriser l'innovation dans les technologies de l'environnement ;
- Renforcer les mécanismes de financement et d'incitation pour le développement massif – doublement du rythme actuel –de l'éolien et du photovoltaïque ;
- Lever les obstacles commerciaux en matière de législation des biocarburants et autres moyens verts remplaçant les énergies fossiles.
- Implication des universités et centres de recherches pour s'intéresser de près à ce domaine et communiquer aux ministères les avancements pertinents
- Lancer des concours d'innovation pour donner une opportunité aux chercheurs de présenter leurs inventions, se faire connaitre des investisseurs et ainsi trouver des pistes de financement.

PERSPECTIVES

L'enjeu environnemental semble étroitement lié à la transition énergétique qui sera déterminante pour l'atteinte des objectifs fixés et ainsi tenir les engagements internationaux.

En examinant minutieusement :

- La stratégie énergétique actuelle,
- Le potentiel des énergies renouvelables au Maroc,
- Le degré de dépendance aux énergies fossiles,
- La face cachée de la transition énergétique,
- Les multiples chantiers entamés,
- Les futures opportunités de partenariats internationaux,
- Le benchmarking réalisé des pays MENA et UE

Nous préconisons d'opter pour le scénario Tournesol imbriqué dans l'hybride car c'est une solution optimale pour réussir la transition énergétique, réduire les émissions de CO2 sans créer d'irréparables déséquilibres socio-économiques mais plutôt en créant des opportunités pour le pays. L'évolution de l'innovation dans les technologies propres de production, de distribution, de stockage et d'efficacité énergétique accélère cette transformation et lui donne au fur et à mesure les moyens techniques et financiers de réussir.

Toutefois, dans un horizon moyen-long terme, le Maroc devrait reconsidérer la question du nucléaire dans le bouquet énergétique car le besoin en énergie sera de plus en plus important .

Seules, les énergies renouvelables ne pourront pas- telles qu'elles existent aujourd'hui- à assurer la croissance verte promise. Afin d'atteindre leur but, elles auront besoin d'un « ami thermique » qui, si l'on veut rapidement sortir du charbon, ne pourra être que le GNL ou le nucléaire.

Ainsi, la décarbonation massive et complète nécessitera d'inclure le nucléaire du mix électrique et la production de l'hydrogène vert et du GNL pour soutenir les énergies renouvelables qui sont aujourd'hui souvent intermittents. Le nucléaire est une industrie de haute technologie présentant certains risques connus et identifiés. Elle est donc exigeante en compétence, en savoir-faire et en maîtrise organisationnelle. La réussite d'une implantation de réacteurs nécessite une volonté politique maintenue dans la durée, des partenariats étroits avec l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), avec des pays ayant une grande expérience des réacteurs nucléaires et avec des firmes industrielles fortement impliquées dans la réussite du projet.

ANNEXES

Annexe 1 : Projets Solaires réalisés et en cours

Projet solaire	Caractéristiques énergétiques du projet					Coût du projet	État d'avancement du projet	Date de mise en service prévue
	Puissance installée	Productible annuel	Technologie utilisée	Localisation	CO_2 évité			
NOOR OUARZAZATE I	160 MW	618 GWh	Capteur Solaire à Concentration (CSP) parabolique, avec une capacité de stockage de 3 heures	Ouarzazate, Région Daraa Tafilalt	280 000 T CO2/an	7000 MDH	En service	mis en service en 2016
NOOR OUARZAZATE II	200MW	600 GWh	CSP à miroirs cylindro-paraboliques avec capacité de stockage thermique de plus de 7 heures	Ouarzazate, Région Daraa Tafilalat	300000 T CO2 /an	9218 MDH	En service	2018
NOOR OUARZAZATE III	150 MW	500 GWh	CSP Tour, avec capacité de stockage thermique de plus de 7 heures	Ouarzazate, Région Daraa Tafilalt	222000 T CO2 /an	7180 MDH	En service	2018
NOOR OUARZAZATE IV	72 MW	120 GWh	Solaire photovoltaïque avec un système de tracking	Ouarzazate, Région Daraa Tafilalt	86 539 T CO2 /an.	775 MDH	En service	2018
NOOR ATLAS	200 MW	320 GWh	Solaire photovoltaïque	Boudnib, Bouanane, Outat El Haj, Enjil, Ain Bni Mathar, Tata, Bouizakarne, et Tan Tan.	204090 TCO2 /an	Environ 3519 MDH	en cours de développement	Prévue en 2022
NOOR MIDELT PHASE I	800 MW		Solaire Hybride CSP (parabolique ou tour avec stockage) et PV	Midelt, Région Daraa-Tafilalt	700 000 TCO2 /an	2 Millions USD	En cours	Prévue en 2021
NOOR TAFILALET	120 MW	220 GWh	Solaire photovoltaïque (en bout de ligne HT)	Zagora, Erfoud et Missour.	102 045 TCO2 /an	Environ 1050 MDH	En cours	Prévue en 2021
NOOR BOUJDOUR	20 MW	40 GWh	Solaire photovoltaïque avec système de tracking	Boujdour, Région Lâayoune Sakia El Hamra	23 855 T CO2 /an	302 MDH	En service	2018
NOOR LAAYOUNE	85 MW	150 GWh	Solaire photovoltaïque avec système de tracking	Lâayoune, Région Lâayoune Sakia El Hamra	104 300 T CO2 /an	968 MDH	En service	2018
centrale solaire ain Beni mathar	20 MW		CSP à cycle combiné	Province orientales			En service	2010
CENTRALE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	30 MW	67 GWh	Solaire photovoltaïque	Province Tanger-Asilah	40000 TCO2 /an		En cours de développement	Prévue en 2021

Source : Ministère de l'Energie, des Mines et de l'Environnement

Annexe 2 : Liste, étymologie et utilisations des terres rares

Numéros Atomique	Symbole	Nom	Utilisations
21	**Sc**	**Scandium**	Alliages légers aluminium-scandium : aéronautique militaire ; additif dans les lampes aux halogénures métalliques ; 46Sc : traceur radioactif dans les raffineries.
39	**Y**	**Yttrium**	Lasers : Grenat d'yttrium et d'aluminium (YAG) dopé aux lanthanides (Nd, Ho, Er, Tm, Yb) ; vanadate YVO4 dopé avec Eu : luminophores rouges (TV), dopé avec Nd : lasers, dopé avec Ce3+ : LED GaN ; ampoules fluocompactes ; oxyde mixte de baryum, de cuivre et d'yttrium (YBCO) : supraconducteurs haute température ; zircone cubique stabilisée par l'yttrium (en) (YSZ) : céramiques conductrices réfractaires ; grenat de fer et d'yttrium (YIG) : filtres micro-onde ; bougies d'allumage ; 90Y : traitement du cancer.
57	**La**	**Lanthane**	Batteries nickel-métal hydrure ; verres d'indice de réfraction élevé et de faible Dispersion ; laser (YLaF) ; verres fluorés ; stockage de l'hydrogène.
58	**Ce**	**Cérium**	Agent chimique oxydant ; poudre de polissage du verre (CeO2) ; colorant jaune des verres et des céramiques ; décoloration du verre ; catalyseurs : revêtements de four auto-nettoyants, craquage des hydrocarbures, pots d'échappement ; YAG dopé au Ce : luminophore jaune vert pour les diodes électroluminescentes ; Manchons à incandescence.
59	**Pr**	**Praséodyme**	Aimants permanents (allié à Nd) ; Amplificateurs à fibre ; colorants des verres (vert) et des céramiques (jaune) ; lunettes de soudeur (allié à Nd).
60	**Nd**	**Néodyme**	Aimants permanents (éoliennes ; petites centrales hydrauliques ; voitures hybrides) ; lasers YAG ; colorant violet des verres et des céramiques ; condensateurs céramique ; lunettes de soudeur (allié à Pr).
61	**Pm**	**Prométhium**	Applications potentielles de 147Pm : peintures lumineuses, batteries nucléaires, source d'énergie pour sonde spatiale.
62	**Sm**	**Samarium**	Aimants permanents (SmCo5) ; lasers à rayons X[7] ; catalyseurs ; capture neutronique ; masers ; 153Sm : radiothérapie.
63	**Eu**	**Europium**	Luminophores rouges (Eu3+) et bleus (Eu2+) : lampes fluocompactes, écrans renforçateurs pour rayons X, TV ; lasers ; cryptes : sondes biologiques par transfert d'énergie entre molécules fluorescentes ; barres de contrôle (réacteurs nucléaires).
64	**Gd**	**Gadolinium**	Lasers ; capture neutronique : réacteurs nucléaires ; agent de contraste en IRM; Luminophores verts ; écrans renforçateurs pour rayons X ; additif des aciers.

Numéros Atomique	Symbole	Nom	Utilisations
65	**Tb**	**Terbium**	Luminophores verts : lampes fluocompactes, écrans renforçateurs pour rayons X, TV ; lasers ; cryptates ; Terfenol-D (Tb0,3Dy0,7Fe1,9) : magnétostriction, transducteurs.
66	**Dy**	**Dysprosium**	Aimants permanents ; lampes aux halogénures métalliques ; disques durs ; lasers ; Terfenol-D .
67	**Ho**	**Holmium**	Lasers chirurgicaux infrarouges ; colorant rose des verres ; standard de calibration en spectrophotométrie ; Aimants permanents.
68	**Er**	**Erbium**	Lasers infrarouges (dentisterie) ; Amplificateurs à fibre ; colorant rose des verres et des céramiques.
69	**Tm**	**Thulium**	Luminophores bleus pour écrans renforçateurs de rayons X ; supraconducteurs haute température ; lasers YAG infrarouges ; 170Tm : curiethérapie, radiographie portable.
70	**Yb**	**Ytterbium**	Lasers proche infrarouge ; horloge atomique ; acier inoxydable ; 169Yb : radiographie portable.
71	**Lu**	**Lutécium**	Détecteurs en tomographie par émission de positons ; tantalate LuTaO4 hôte de luminophores pour électrons et rayons X.

SOURCES

Ouvrages & articles de revues

- Bouglé, F. (2019). Eoliennes : la face noire de la transition écologique. Editions du Rocher.
- BOURGUIGNAT, A. (2020). Une filière nucléaire française en transition. Responsabilité & environnement, N°97, pp.81-84.
- DEFFRENNES, M. 2020. Évolution du cadre d'activité de la filière de l'électronucléaire au niveau mondial : de 1950 à aujourd'hui. Responsabilité & environnement, N°97, pp.9-15.
- BURTIN ,A. (2020). Une gestion conjointe du nucléaire et des énergies renouvelables variables pour une économie bas carbone. Responsabilité & environnement, N°97, pp.53-56.
- Energy policies beyond IEA countries, Morocco 2019, Agence Internationale de l'Energie.
- Pitron, G. (2019). La guerre des métaux rares : La face cachée de la transition énergétique et numérique (LLL - Poche).
- Charlez ,Ph.(2019). L'utopie de la « croissance verte ». La Revue de l'Énergie. N° 646 . pp.61-69.
- BENMAHANE, M. (2018) . Économie verte et développement durable au Maroc: Bilan et perspectives. Journal d'Economie, de Management, d'Environnement et de Droit (JEMED).Vol 1. N°1, pp.39-50.
- ZOUIRI, H. ; ELMESSAOUDI, H . (2018) .Energies renouvelables et développment durable au maroc. Revista de estudios fronterizos del estrecho de gibraltar. N°6, pp.01-29.
- Bonnet, C., Hache, E., Seck, G.S., Simoën, M., Carcanague S., (2019), "Who's winning the low-carbon innovationrace? An assessment of countries' leadership in renewable energy technologies. International Economics, July 2019.
- Deshaies, M. (2015). Ambiguïtés et limites de la transition énergétique en Allemagne. *VertigO*, Vol.14. N°3, nd.

Documents officiels :

- Loi de transition énergétique pour la croissance verte, Ministère de l'Ecologie et de la transition énergétique, 2019,.

- Rapport thématique : "Démographie Marocaine : tendances passées et perspectives d'avenir", Centre des études et des recherches démographiques, Haut Commissariat au Plan
- Stratégie Nationale de Développement Durable 2015 – 2020, Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement.
- Stratégie Energétique Nationale Horizon 2030, Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement.
- Chiffres clés de l'énergie . (2019). Ministère de la transition écologique . Le service de la donnée et des études statistiques (SDES).
- Prospective énergétique du Maroc 2030 -Enjeux et défis (2011). Haut Commissariat au Plan

Webographie

- World Energy Outlook 2020 – Analysis. (2020). IEA.
- World Energy Outlook 2019. Résumé_French Translation. (2019). IEA.
- ADEME. (2016). *Mix électrique 100% renouvelable ? Analyses et optimisations*.
- CESE. (2020). *Accélérer la transition énergétique pour installer le Maroc dans la croissance verte*.
- The Future of Hydrogen – Analysis. (2019). IEA.
- A quelle logique répond le choix des scénarios RTE retenus pour la PPE ? (2018a). Revue Générale nucléaire.
- IRES. (2016). *La transition énergétique à l'aune de la géopolitique mondiale de l'énergie : quels sont les enseignements pour le Maroc* ?
- Conseil Economique et Social, *Résumé exécutif du projet de rapport sur l'économie verte*, février 2012.
- Mix énergétique : Le Maroc osera-t-il nucléaire ? (2017). Finances News Hebdo.
- Energies renouvelables : 3.685 MW de puissance installée à fin 2019. (2020). Medias24.
- Les éoliennes et les panneaux photovoltaïques : des dispositifs indispensables à la transformation de l'énergie du vent et du soleil. (2020, 14 décembre). Environnement Magazine.
- Cloris, J. (2018, 27 novembre). *Nucléaire, solaire, éolien… Comment est produite l'électricité française*. Le Parisien.

- L.U.T. University , & E.W.G. (2019, avril). *Global energy system based on 100% renewable energy*. EWG.
- Energy Outlook. (2020). BP.
- Quels sont les avantages et inconvénients des énergies renouvelables ? (2018). Vattenfall.
- Hanne, I., & Schaub, C. (2015). *Fossiles : dix raisons de sevrer la planète. Journal Liberation*.
- Les chiffres clés de l'édition 2019 des « Key World Energy Statistics » de l'AIE. (2019). Connaissance des Énergies.
- Connaissance des Énergies. (2019, 12 juin*). La « transition » bas carbone, une destination très lointaine.*
- IEA. (2020). *Energe policies beyond IEA contries Morocco 2019*.
- World Future Council. (2015). *100% Energies renouvelables : renforcer le développement au Maroc*.
- Business Guide - Opportunités de croissance en Méditerranée. (2017). EU Neighbours.