

LES CAHIERS

IPEMED – LA VERTICALE

N° 25 – JANVIER 2020

LES CAHIERS IPEMED – LA VERTICALE s'inscrivent dans la continuité de nos précédentes publications Palimpsestes

ARABIE SAOUDITE = VISION 2030

Pour une transition énergétique ambitieuse et innovante

François De Block

Étudiant en Master 2 Géopolitique

Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne – École Normale Supérieure

Cette étude a été coordonnée par Jean-Louis Guigou, Président de l'IPEMED


IPEMED
INSTITUT DE PROSPECTIVE ÉCONOMIQUE DU MONDE MÉDITERRANÉEN

Projet de la future ferme
solaire de Sakaka,
en Arabie saoudite.
PHOTO © DR



AVANT PROPOS

Le Royaume d'Arabie Saoudite (en arabe, *al-Arabiyya al-Sa'udiyya*), quatre fois plus grand que la France avec une superficie de 2 149 000 kilomètres carrés, occupe la majeure partie de la péninsule arabique. Baignée à l'ouest par la mer Rouge et à l'est par le golfe Persique, l'Arabie Saoudite est bordée au nord par la Jordanie, l'Irak et le Koweït, au sud par le Yémen et le sultanat d'Oman, et partage une frontière à l'est avec le Qatar et les Emirats Arabes Unis. Son territoire, composé de 13 provinces, est presque entièrement désertique. Peuplée de 31 millions d'habitants, l'Arabie Saoudite est le plus grand État du Moyen-Orient. Le Royaume est une monarchie absolue islamique, et en tant que berceau de l'Islam, le pays abrite deux des lieux saints de la religion musulmane, que sont La Mecque et Médine.

L'Arabie Saoudite actuelle est née le 21 septembre 1932 à l'issue de la proclamation par Abdelaziz Ibn Seoud de la fusion des provinces du Nadj et du Hijdaz, concrétisant sa conquête de la péninsule arabique entamée en 1902 depuis la ville de Riyad. Dotée, au début de son existence, d'une économie archaïque, l'Arabie Saoudite a acquis une importance stratégique considérable en raison de la découverte d'immenses réserves pétrolières sur son territoire à la fin des années 1940.

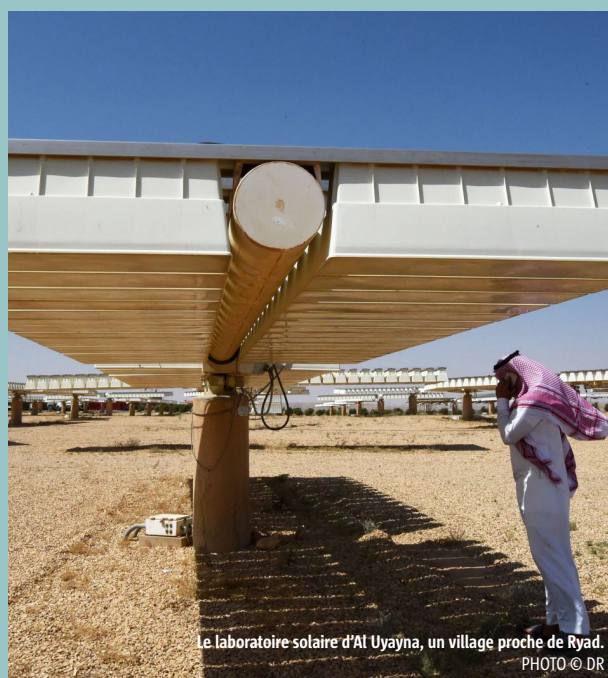
Le Royaume saoudien a acquis son importance politique, économique et géostratégique grâce à ces dotations en hydrocarbures. L'exploitation commerciale du pétrole saoudien n'a cependant vraiment démarré qu'après la Seconde Guerre Mondiale et l'institutionnalisation de la relation stratégique bilatérale entre les États-Unis et le Royaume saoudien à l'issue du « pacte du Quincy » du 14 février 1945.

À cette occasion, l'Arabian American Oil Company (Aramco) devient la principale entreprise exploitant le pétrole saoudien. Au début des années 1950, l'exportation de pétrole est devenue la première source de revenus du Royaume, supplantant les taxes du pèlerinage de La Mecque. Les découvertes pétrolières successives dans le Hassa, et la production croissante et régulière qui s'en est suivie, ont apporté une richesse considérable à l'Arabie Saoudite tout au long de la seconde moitié du XX^e siècle.

Néanmoins, depuis 2014, les transformations du marché pétrolier, le ralentissement de la croissance économique mondiale et la prise de conscience des enjeux climatiques et environnementaux ont fortement ébranlé le modèle rentier saoudien. Celui-ci présente aujourd'hui

des faiblesses économiques criantes et se révèle difficilement compatible avec les attentes d'une population jeune en quête de nouvelles opportunités économiques et de modernisation sociale. La transition générationnelle entamée au sommet de l'État, avec l'arrivée au pouvoir, en juin 2017, du jeune prince héritier Mohammed ben Salman, est l'occasion pour le pays de sortir de sa dépendance au pétrole et d'embrasser les transformations économiques, technologiques et énergétiques qui définiront l'économie du XXI^e siècle. C'est le sens du plan *Saudi Arabia Vision 2030*, un programme ambitieux de réformes élaboré par Mc Kinsey pour le gouvernement saoudien afin de concrétiser la transformation économique du Royaume. De nombreux obstacles restent cependant à lever pour mettre fin à l'ère du tout-pétrole.

Si *Vision 2030* a tracé une voie audacieuse et volontariste pour transformer l'Arabie Saoudite, des propositions additionnelles peuvent être suggérées afin de compléter la feuille de route de la transition énergétique saoudienne. Après avoir rappelé la situation dans laquelle se trouve l'Arabie Saoudite en matière énergétique et les réponses apportées par le plan *Vision 2030*, ce rapport souligne des leviers supplémentaires qu'il pourrait être utile de mobiliser afin de maximiser l'efficacité de la transformation énergétique du Royaume.



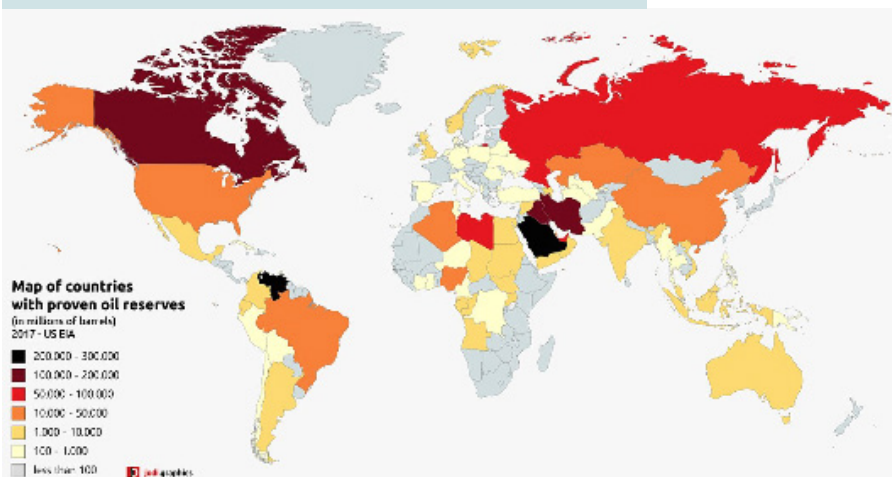
Le laboratoire solaire d'Al Uyayna, un village proche de Ryad.
PHOTO © DR

Une trajectoire énergétique et économique devenue insoutenable

LA CENTRALITÉ DU PÉTROLE DANS L'ÉCONOMIE DE L'ARABIE SAOUDITE

État désertique affligé d'un climat aride, charnière entre le continent africain et le continent asiatique, foyer de la religion musulmane, l'Arabie Saoudite est également dépositaire d'abondantes réserves de pétrole à l'échelle mondiale. Le royaume possède en effet les secondes réserves prouvées de pétrole les plus importantes au monde, après le Venezuela. Celles-ci sont estimées en 2019 à 268,5 milliards de barils et représentent 18 % des réserves prouvées mondiales.

Figure 1 - Carte des réserves prouvées de pétrole par pays

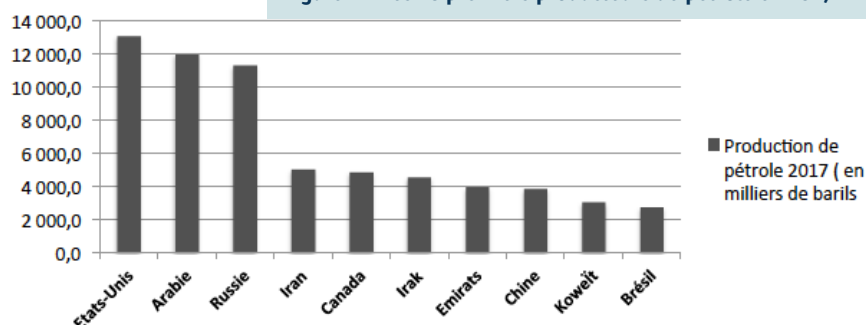


Source : https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_proven_oil_reserves

L'Arabie Saoudite est en 2017 le premier exportateur de pétrole brut avec 15,9 % des exportations totales mondiales. Elle est le second producteur de produits pétroliers au monde avec une moyenne de 11,92 millions de barils par jour, après les États-Unis qui atteignent 13,05 millions de barils par jour.

L'exploitation pétrolière se fait essentiellement dans la partie orientale du Royaume, dans la province de Hassa, dont l'immense champ pétrolier de Ghawar qui alimente à lui seul 60 % de la production pétrolière saoudienne.

Figure 2 - Les 10 premiers producteurs de pétrole en 2017



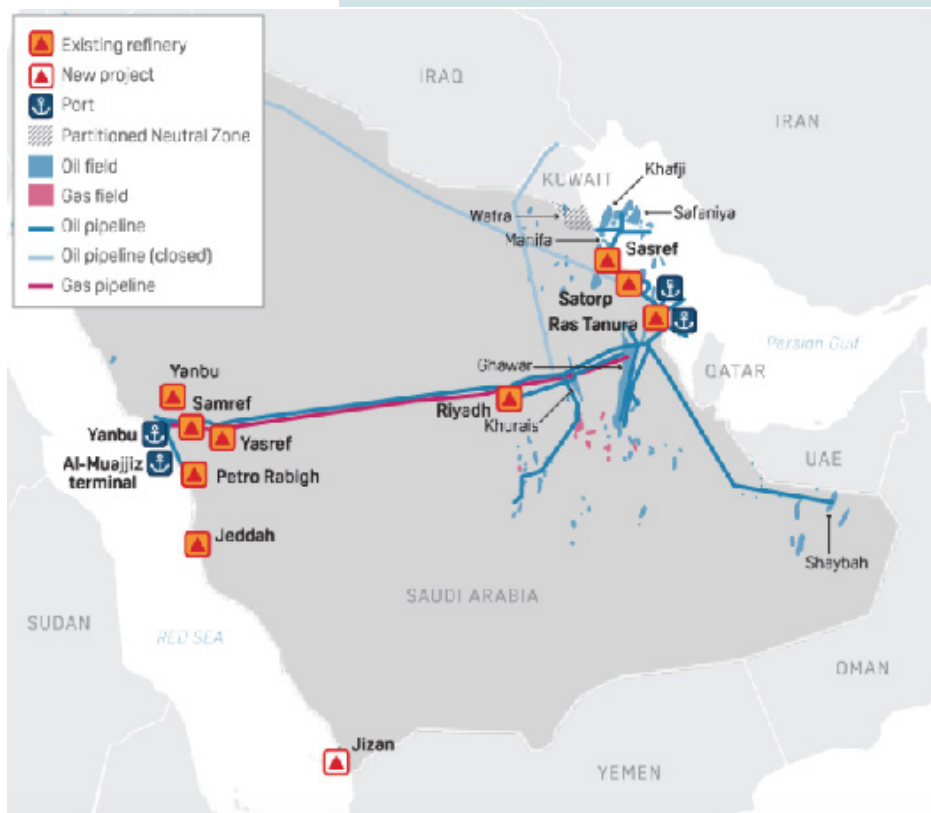
Source : BP Statistical Energy Review

Les réserves restantes de ce champ sont estimées en 2017 à 70 milliards de barils, soit près d'un quart des réserves conventionnelles totales de l'Arabie Saoudite.

La majeure partie du pétrole destiné aux marchés de consommation internationaux est exportée par voie maritime, depuis les ports de Ras Tannura et de Djuayma, sur les rives du Golfe persique. De par le déploiement d'un important réseau d'oléoducs et de gazoducs de plus de 17 000 km de longueur, l'industrie pétrolière structure fortement le territoire saoudien. En particulier, l'oléoduc et le gazoduc joignant le port de Yanbu, sur les rives

de la Mer Rouge, aux champs pétroliers de l'Est, d'une longueur de 1 200 kilomètres, ont impulsé le développement du Royaume sur un axe est-ouest en concentrant les activités économiques sur un nombre restreint de territoires, la capitale Riyad, ainsi que certaines villes et ports disposant de capacités de raffinage ou d'exportation.

Figure 3 - L'exploitation de pétrole en Arabie Saoudite



Source : S&P Global Platts, EIA

Avec la mise en exploitation des gisements de pétrole, au milieu du XX^e siècle, l'économie rudimentaire de l'Arabie Saoudite, caractérisée par la modestie de sa production agricole, un réseau de communication peu développé, de faibles réserves financières et de revenus tirés essentiellement du pèlerinage, laisse peu à peu la place à une économie de rente qui entraîne un fort développement économique du pays.

Le rôle de la compagnie Aramco dans ce développement a été primordial : la société était chargée de l'exploitation de l'ensemble de la chaîne de valeur de l'industrie pétrolière saoudienne (prospection, production, commercialisation), mais également du développement de l'ensemble des services et des biens d'utilité publique qui rendaient l'activité pétrolière possible dans les provinces orientales.

Aramco, dont le capital était à 50 % américain dans les années 1950, est ainsi à l'origine des infrastructures routières, portuaires, aéroportuaires, des télécommunications et des services publics (écoles, hôpitaux) en Arabie Saoudite. Au fil des ans, la compagnie a contribué à l'émergence d'un appareil administratif et de cadres dans le Royaume.

De par sa précocité dans l'exploitation pétrolière, l'Arabie Saoudite offre au marché mondial un pétrole peu coûteux et de bonne qualité. L'augmentation continue de la production et des recettes pétrolières jusqu'aux années 1980 a fait de l'Arabie saoudite le premier pays producteur et exportateur de pétrole, et l'acteur incontournable de l'Organisation des pays producteurs de pétrole (OPEP), de laquelle elle est un membre fondateur.

Les soubresauts qu'a connus le marché pétrolier dans les années 1980 et 1990, du fait du ralentissement de la consommation dans les pays développés et de la fin de la stratégie saoudienne de « producteur d'appoint » de l'OPEP, avaient déjà érodé les recettes pétrolières et fragilisé la situation économique de l'Arabie Saoudite. Le

Royaume avait alors engagé une première politique de diversification de son économie dans les années 1980-1990 en investissant davantage dans l'agriculture (au moyen de fortes subventions), l'industrie et les infrastructures. Cependant, la dépendance au pétrole n'en a été que renforcée dans la mesure où les investissements industriels les plus importants avaient été dirigés vers le secteur des hydrocarbures.

La stratégie de diversification a été entravée par les revenus plus modestes engrangés dans les années 1990 et les transformations du marché pétrolier qui ont amoindri l'efficacité des actions de cartel de l'OPEP.

La remontée des prix du baril à partir des années 2000 a ainsi été une aubaine pour l'économie saoudienne, qui a pu maintenir de 2003 à 2013, une production de l'ordre de 10 millions de barils par jour en moyenne, et accumuler des excédents de recettes pétrolières assurant au gouvernement des capacités de financement de plans de développement. La performance réalisée récemment par Aramco démontre, s'il en était besoin, l'importance aujourd'hui encore très prégnante du secteur pétrolier saoudien : le jeudi 5 décembre 2019, Aramco a levé 25,6 milliards de dollars, signant ainsi la plus grosse introduction en

Bourse de l'histoire. Les fonds levés valorisent l'entreprise saoudienne à 1 700 milliards de dollars, loin devant Apple (1 200 milliards), Microsoft (1 140 milliards).

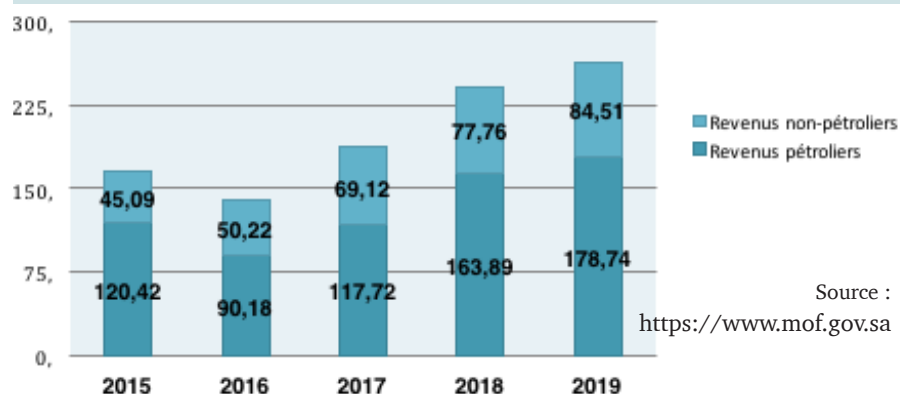
DES FRAGILITÉS STRUCTURELLES RÉVÉLÉES PAR LA BAISSÉ DES COURS PÉTROLIERS

La forte baisse des cours du pétrole à partir de 2014 – le prix du baril passe de 112 \$ à 36 \$ entre 2014 et la fin de 2016 – a illustré le fait que la dépendance accrue au pétrole de l'Arabie Saoudite, autrefois atout majeur de son économie, est maintenant devenue son talon d'Achille. La plongée du prix du baril a fortement fragilisé la situation économique du Royaume, qui accuse un déficit budgétaire chronique pour la sixième année consécutive en 2019. La chute marquée des recettes pétrolières (de 301 Md\$ en 2014 à 133 milliards en 2016) a exposé la forte dépendance

cartel de l'OPEP.

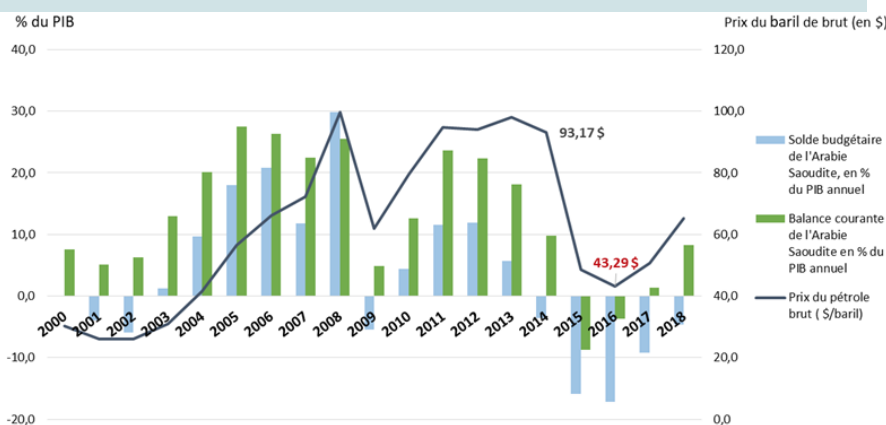
Jusqu'ici, le pétrole demeure la principale ressource économique et la première manne financière de l'Arabie Saoudite. Les exportations de pétrole brut représentaient en effet, en 2017, 65,4 % des exportations totales du Royaume, suivies par les exportations de

Figure 5 – Part des revenus pétroliers et non pétroliers dans le budget saoudien (2015-2019)



Source : <https://www.mof.gov.sa>

Figure 4 – Balance budgétaire et courante de l'Arabie Saoudite (2000-2018)



Source : Base de données du FMI

de l'économie saoudienne aux exportations de pétrole, et la réduction des dépenses publiques a provoqué le mécontentement d'une population en forte croissance et majoritairement jeune, qui demande des avantages équivalents à ceux des générations précédentes, et des opportunités économiques élargies dans un contexte de fort taux de chômage et de mesures austéritaires. En outre, le rôle de producteur d'appoint mondial que jouait l'Arabie Saoudite en ajustant sa production s'est affaibli avec l'arrivée de la production américaine de pétrole de schiste sur le marché mondial et les modifications du marché, devenu moins sensible aux actions de

produits pétroliers raffinés, qui comptaient pour 8,6 % des exportations totales. La valeur des exportations de pétrole représentait ainsi 75 % des exportations totales de l'Arabie Saoudite en 2017, contre 90 % en 2012.

La forte dépendance de l'économie saoudienne aux hydrocarbures se reflète par ailleurs dans la structure du budget de l'État saoudien.

Les recettes pétrolières représentent 70 % des recettes budgétaires du gouverne-

ment en 2018. Si la part des recettes pétrolières a été mécaniquement réduite par la baisse des cours du pétrole, celles-ci continuent de représenter plus des deux tiers des ressources budgétaires du gouvernement saoudien.

Les revenus pétroliers nets de l'Arabie Saoudite représentaient en 2017 l'équivalent de 23,10 % de son produit intérieur brut, contre 50 % en 2011, ce qui fait du Royaume le cinquième État le plus dépendant de ses exportations de pétroles dans le monde.

L'ensemble des activités pétrolières de l'Arabie Saoudite compte pour 42 % de son PIB en 2018,

ce qui expose très fortement le Royaume à la volatilité des cours internationaux. La consolidation du secteur non pétrolier est donc un enjeu majeur pour le Royaume si ses dirigeants désirent sevrer le pays de sa dépendance aux hydrocarbures.

LA CONSOMMATION DOMESTIQUE DE PÉTROLE MENACE LES CAPACITÉS D'EXPORTATION

Au-delà de ces aspects budgétaires et fiscaux, la place prépondérante que les hydrocarbures occupent dans la production d'énergie primaire de l'Arabie Saoudite risque de se révéler problématique pour l'avenir.

En raison de prix du pétrole et du gaz fortement subventionnés par les autorités, la production et la consommation d'énergie était entièrement basée jusqu'ici sur les ressources fossiles. D'après le *BP Statistical Energy Review* de 2018, l'Arabie Saoudite était le onzième plus gros consommateur d'énergie primaire avec 268,3 millions de tonnes équivalent pétrole (MTEP) par an, devant la France (237,9 MTEP en 2017). Près des deux tiers

Figure 6 – Les 10 plus gros consommateurs de pétrole en 2018

(41 %). Le Royaume est par ailleurs le 3^e plus gros consommateur de pétrole en 2018, avec 3,8 millions de barils par jour.

Pays	Consommation de pétrole (barils/jour)	Rang mondial
États-Unis	19 879	1
Chine	12 798	2
Inde	4 690	3
Japon	3 988	4
Arabie Saoudite	3 917	5
Russie	3 223	6
Brésil	3 016	7
Corée du Sud	2 796	8
Allemagne	2 447	9
Canada	2 428,3	10

Source : BP statistical energy review 2018

Ainsi, en 2017, près d'un tiers de la production saoudienne est absorbée par la consommation intérieure, ce qui préfigure une configuration énergétique insoutenable et une potentielle pénurie énergétique sur le moyen terme.

En effet, d'après les projections de la *King Abdullah Petroleum Studies and Research Center* (KAPSARC), la consommation de pétrole domestique pourrait être amenée à plus que doubler d'ici à 2028, ce qui amènerait cette consommation à 8,3 millions de barils/jour. En outre, dans un rapport de recherche largement cité, Citigroup a affirmé en 2012 que si la demande intérieure du Royaume continuait de croître au même rythme que depuis 2000, l'Arabie Saoudite pourrait devenir un importateur net de pétrole d'ici à 2030.

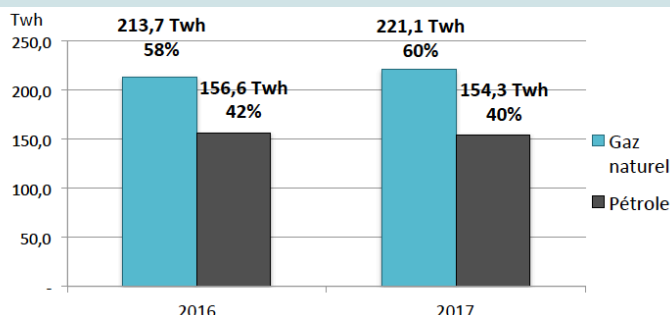
Cette trajectoire de consommation énergétique est problématique pour le Royaume : l'augmentation continue de la demande d'énergie érode le volume et les recettes des exportations de pétrole du pays, ce qui nourrit une spirale négative dans un contexte de prix bas.

Le développement de nouvelles capacités de production, s'il peut s'avérer tentant pour répondre à la demande croissante, entraîne également des coûts réels. Par exemple, la construction de raffineries plus performantes entraînerait une diminution de la disponibilité en fuel pour les centrales électriques, car des carburants plus efficaces (diesel, gasoil) seront produits afin de répondre à la demande de consommation de la population sur le court terme. L'appareil productif et industriel saoudien devrait donc subir une rénovation importante et vraisemblablement très coûteuse. Au vu de la faiblesse actuelle des marges de manœuvre budgétaires, cela ne semble pas envisageable.

À ce titre, le président de Saudi Aramco, Khalid al-Falih, avait averti en 2010 que, même si la production saoudienne augmentait dans ces conditions, la capacité d'exportation de pétrole de l'Arabie Saoudite pourrait être réduite de 3 millions de barils par jour en 2028, si l'augmentation de la demande énergétique intérieure n'était pas rationalisée ou contrebalancée par une meilleure efficacité et une plus grande diversification énergétique.

Ces caractéristiques de la structure énergétique se retrouvent évidemment dans la composition du mix électrique saoudien. La production d'énergie électrique totale de l'Arabie Saoudite repose à 52 % sur le gaz naturel et à 40 % sur le pétrole. Les centrales au gaz naturel représentent la moitié du parc électrique, tandis que les centrales au fioul représentent l'autre moitié. Cependant, les centrales thermiques à fioul consomment, à elles seules, 1 million de barils par jour, ce qui en fait du parc électrique saoudien le plus énergivore au monde. À cela s'ajoute une consommation de

Figure 7 - Production d'électricité par source d'énergie en Arabie Saoudite



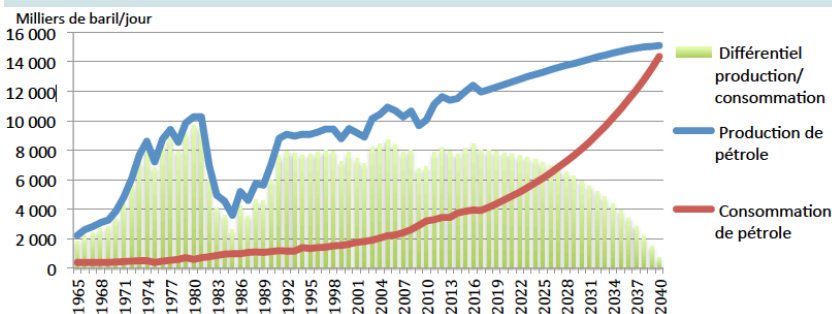
Source : International Energy Agency (EIA).

Figure 8 - Les secteurs les plus consommateurs d'énergie primaire en Arabie Saoudite (2017)



Source : Service économique régional de Riyad

Figure 9 - Trajectoire de la consommation et de la production domestique de pétrole de l'Arabie Saoudite, à l'horizon 2040



Source : Extrapolation à partir des données du BP Statistical Review

700 000 barils par jour des usines de dessalement implantées dans le Royaume.

Ainsi, en prenant en compte une demande en électricité qui croît de 7 % par an en moyenne depuis 2010, une structure de la production électrique reposant exclusivement sur les énergies fossiles n'est pas viable sur le long terme. La consommation énergétique excessive du Royaume s'explique par une combinaison de facteurs qui catalysent la croissance de la demande en énergie : la forte croissance démographique, l'insuffisante isolation des bâtiments – notamment résidentiels – les

contraintes liées à la climatisation, le niveau élevé de subvention de l'électricité, qui favorise les gaspillages et, plus globalement, l'absence jusqu'ici de politiques publiques incitatives visant à diminuer la consommation d'énergie du secteur industriel et des ménages. Avec une population qui a doublé en vingt-cinq ans pour atteindre 30 millions d'individus, le niveau de réserves de pétrole en proportion de la population sur la même période a été divisé par deux, preuve de la pression qu'exerce la démographie sur la soutenabilité du modèle économique et énergétique saoudien.

En matière de consommation, le secteur industriel est de loin le plus énergivore et représente en 2017 près de 44 % de la consommation d'énergie totale du Royaume.

La production d'électricité et le dessalement de l'eau de mer représentent 50 % de cette consommation d'énergie. Vient ensuite le secteur du bâtiment (résidentiel, gouvernemental, commercial), qui représente 29 % de la consommation d'énergie. Enfin, le secteur du transport est le troisième secteur économique consommant le plus d'énergie, avec 21 % du total.

Au rythme où croît la consommation d'énergie, l'Arabie Saoudite risque effectivement de ne plus pouvoir exporter du pétrole à l'horizon 2040.

LE SECTEUR PÉTROLIER NE SUFFIT PLUS À FOURNIR DES EMPLOIS À LA JEUNESSE

Dans un contexte de forte croissance démographique, la spécialisation du Royaume dans les hydrocarbures est par ailleurs problématique pour les opportunités et les emplois proposés à sa jeunesse. L'industrie pétrolière est en effet très intensive en capital et génère peu d'emplois directs pour les nationaux. Tout comme les autres pays membres du Conseil de coopération du Golfe, les Saoudiens sont majoritai-

rement employés dans le secteur public, tandis que la majorité des emplois dans le secteur privé sont occupés par des non-Saoudiens.

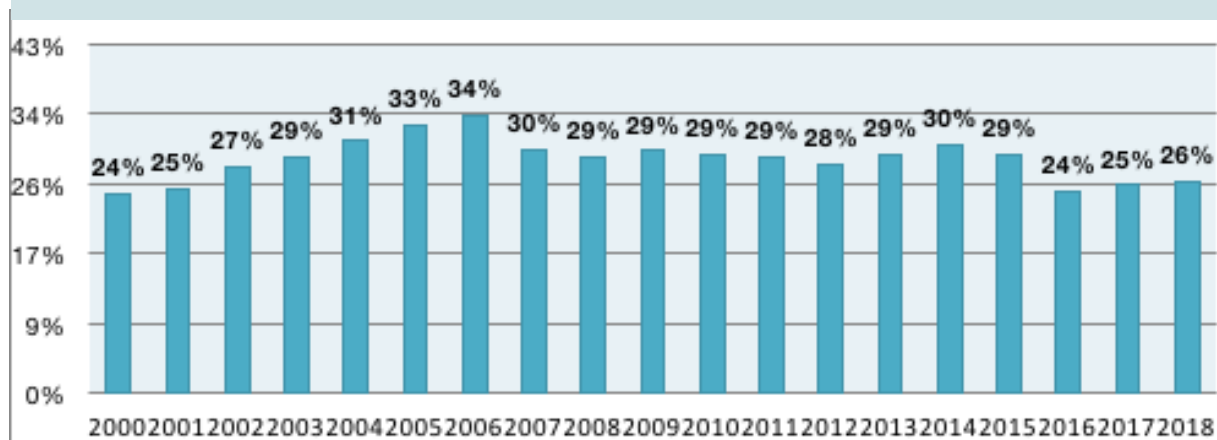
À l'heure où la jeunesse est en demande d'opportunités et d'emplois rémunérateurs, les industries énergétiques et les industries lourdes ne peuvent structurellement pas répondre à leurs attentes, et Saudi Aramco n'est plus en capacité d'être le seul creuset où former des cadres et l'élite économique saoudienne. Malgré de récents progrès sur les formations et l'employabilité, le taux de chômage des jeunes (15-24 ans) reste à un niveau très élevé en 2018, à 26,4 (et à près de 36 % pour les 20-24 ans).

DES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX PRESSANTS QUI APPELLENT UN CHANGEMENT DE PARADIGME ÉNERGÉTIQUE

Enfin, la trajectoire énergétique de l'Arabie Saoudite est incompatible avec la lutte contre le réchauffement climatique et l'amélioration des conditions environnementales. L'Arabie Saoudite, en tant que membre du G20, s'était engagée à lutter contre les émissions de gaz à effet de serre à l'issue de la Conférence des parties de Paris (COP 21) et à éviter l'émission de 130 millions de tonnes de CO₂. Les actions concrètes sur ce sujet tardent à venir, tandis que l'attitude des représentants saoudiens lors des COP successives montre une grande réticence à endosser les conclusions du rapport du GIEC, et qu'ils s'opposent à la mention de l'accord de Paris et de ses orientations dans les rapports officiels.

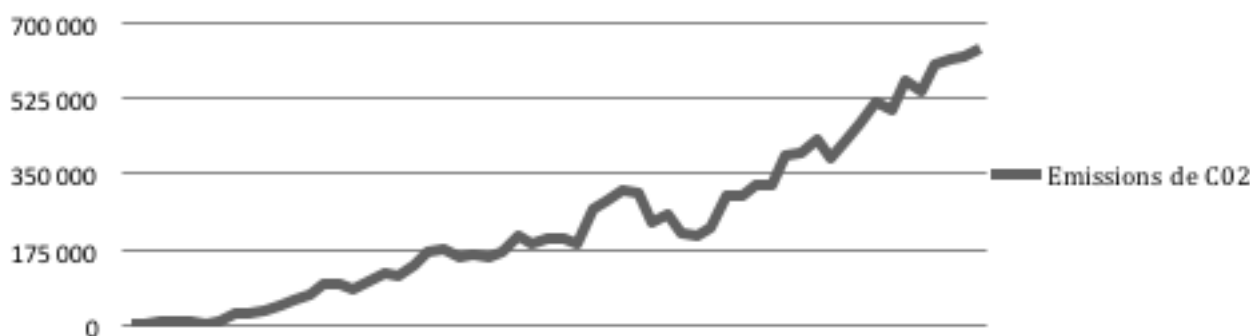
Du fait de l'importance de son industrie extractive, l'Arabie Saoudite demeure bien l'un des pays les plus émetteurs de gaz à effet de serre au monde, avec un total d'émission de 638 millions de tonnes, ce qui place le Royaume au 9^e rang mondial dans ce domaine.

Figure - 10 - Évolution du taux de chômage des 15-24 en Arabie Saoudite (2000 - 2018)



Source : données de la Banque mondiale

Figure 11 - Émissions de CO₂ de l'Arabie Saoudite (1960-2017)



Source : BP statistical energy review, 2018.

Le Royaume est également 9e mondial en ce qui concerne les émissions de CO₂ par habitant. Conséquence de ses hauts niveaux d'émission, le Royaume est l'un des pays où la qualité de l'air est la plus mauvaise.

Les usines de dessalement, déjà fortement consommatrices d'énergie, rejettent en outre des eaux hautement toxiques dans la Mer Rouge. Combinés à la forte concentration de gaz à effet de serre, ces rejets toxiques participent de l'acidification de l'environnement marin de l'Arabie Saoudite.

En outre, l'urbanisation rapide de ces dernières années, portée par la croissance économique, a accentué la pollution atmosphérique, de par la concentration des activités et l'émergence de phénomènes de congestion de trafic urbain. Les hauts standards de niveau de vie en Arabie Saoudite ont largement encouragé le recours aux moyens de transport individuels fonctionnant au carburant, au détriment d'un système de transport public, qui est pour ainsi dire inexistant dans les agglomérations.

Le transport individuel est un facteur majeur de la contamination de l'air en Arabie Saoudite. La qualité de l'environnement urbain y est ainsi médiocre. Les villes de Riyad et de Yanbu sont d'ailleurs classées par l'OMS parmi les 100 villes les plus polluées au monde en matière de particules fines. De récentes études tendent à montrer que l'espérance de vie des Saoudiens est réduite de 1,5 an du fait de la pollution atmosphérique, qui est également responsable de nombreuses maladies respiratoires chroniques.

De plus, les activités humaines et la construction de bâtiments résidentiels et touristiques ont entraîné une forte pollution des sols et des nappes phréatiques.

L'absence de système performant pour traiter les eaux usées en milieu urbain contribue à renforcer ce phénomène. Si cette tendance se prolonge, les autorités saoudiennes ne seront plus capables de fournir de l'eau potable à la population, d'autant plus que l'Arabie Saoudite est confrontée à l'épuisement de ses nappes phréatiques principales, qu'elle exploitait avec des pratiques agricoles inadéquates.

Le Royaume fait donc face à une situation extrêmement délicate sur le plan économique, social, énergétique et environnemental. Une double diversification, économique et énergétique, s'impose à lui, alors même que sa jeunesse est en attente de réformes structurelles profondes. Son statut de pays exportateur de pétrole est menacé sur le moyen terme, tandis que sa configuration énergétique est sur une pente non soutenable, tant sur le plan économique qu'environnemental.

La diversification énergétique pose notamment un certain nombre de questions, comme celle de la faisabilité à grande échelle de l'intégration d'une production électrique renouvelable et décentralisée dans les réseaux traditionnels.

L'acceptation par les populations de la fin des prix subventionnés de l'énergie, et la modification de leurs modes de consommation, représentent de lourdes barrières économiques et sociales à lever par les gouvernants. Des méthodes d'opérationnalisation d'un continuum eau-énergie-déchets comme base d'une économie circulaire restent à développer dans le pays.



Usine de dessalement par osmose inverse, Al Khafji, Arabie saoudite.
PHOTO © DR

Les solutions apportées par le plan VISION 2030 en matière énergétique

VISION 2030 ET LA TRANSITION ÉNERGÉTIQUE

L'arrivée au pouvoir du prince Mohammed ben Salmane en 2015, à l'heure de la montée d'une contestation politique interne, a accéléré la nécessité d'engager la transformation de l'économie saoudienne, qui jusque-là n'avait eu véritablement qu'à redistribuer la rente pétrolière.

Les ambitions réformatrices de Mohammed ben Salmane en matière économique visent à sortir le pays de sa dépendance au pétrole et à faire émerger un secteur privé dynamique dans le cadre du plan *Vision 2030*, que le prince a présenté à ses concitoyens en avril 2016.

Ce plan, élaboré par le cabinet de conseil McKinsey, repose sur trois axes :

- Consolider le *soft power* de l'Arabie Saoudite en tant que berceau du monde islamique en créant une « société vibrante ».
- Diversifier l'économie du Royaume par la promotion du secteur privé, d'une meilleure exploitation des ressources humaines, minières et industrielles du pays dans de nouveaux secteurs (services, numérique, tourisme religieux et culturel).
- Construire une nation ambitieuse.

L'un des piliers essentiels de la diversification de l'économie saoudienne est donc celui de la redéfinition de la place du pétrole dans son économie. Le programme *Vision 2030* s'appuie pour cela sur plusieurs programmes opérationnels (*Vision Realization Programs*), parmi lesquels le Plan de transformation nationale (*National Transformation Plan*, NTP), le Programme de transformation budgétaire (*Fiscal Balance Program*) et le Fonds d'investissement public (*Public Investment Fund*, PIF). Ces programmes concourent à la politique de diversification économique et énergétique que veut mettre en œuvre l'Arabie Saoudite.

Les enjeux sont capitaux, dans la mesure où l'augmentation continue de la demande énergétique intérieure peut représenter sur le long terme des pertes importantes de recettes budgétaires tout en érodant la capacité de l'Arabie Saoudite à peser sur les évolutions du marché pétrolier mondial. La configuration actuelle de l'économie saoudienne, les transformations sociales à l'œuvre et le spectre de la conjugaison d'une crise énergétique et d'une crise d'approvisionnement en eau, mettent le

pays sur une trajectoire économique et sociale insoutenable.

La transition énergétique de l'Arabie Saoudite dans le cadre de *Vision 2030* vise donc à préserver le pétrole comme produit d'exportation. Ce plan de développement est bâti sur de grandes orientations stratégiques en matière d'énergie et d'environnement. Trois lignes de forces peuvent être identifiées : la mise en œuvre des politiques publiques visant à rationaliser la consommation d'énergie et à améliorer l'efficacité énergétique ; la diversification du mix énergétique saoudien s'orientant vers les énergies renouvelables (EnR) et le nucléaire ; faire des villes des actrices de la transition énergétique et promouvoir la ville du futur, écologique et connectée, comme modèle à atteindre pour les localités saoudiennes.

LES AMBITIONS DE VISION 2030 EN MATIÈRE ÉNERGÉTIQUE ET LES PREMIÈRES RÉALISATIONS

En matière opérationnelle, *Vision 2030* propose une réforme du secteur énergétique qui s'appuie sur cinq piliers :

- Encourager l'efficacité énergétique par la conduite de campagnes de sensibilisation ; élaborer et adopter des lois sur les normes d'efficacité énergétique (par exemple, fixer des normes d'efficacité énergétique pour les appareils de climatisation) ; poursuivre les initiatives d'économie d'énergie en cours pendant les heures de pointe, par exemple l'initiative d'économie d'électricité liée aux climatiseurs pour les principaux utilisateurs.
- Augmenter la part des renouvelables dans le bouquet énergétique, en particulier le solaire. Le MEIM a démarré le programme d'énergie renouvelable saoudien, qui vise à générer une puissance de 3,45 GW d'ici à 2020. L'Arabie Saoudite a également lancé un programme d'énergie nucléaire dirigé par l'AIEA.
- Continuer à améliorer l'efficacité de la production d'électricité grâce au remplacement des générateurs diesel par des générateurs plus performants et moins polluants.
- Maximiser la valeur ajoutée sectorielle via : l'augmentation de la puissance électrique exportée vers les autres pays du Conseil de coopération du Golfe et l'établissement de

critères pour aider les fabricants locaux, et la mise en place d'incitations et d'exigences.

- Définir précisément des rôles et des responsabilités entre les différents acteurs du secteur et élaborer un cadre de gouvernance global.

Dans le cadre de *Vision 2030*, les autorités saoudiennes se sont fortement engagées sur les deux premiers volets de l'efficacité énergétique et la diversification vers les EnR et le nucléaire.

***Vision 2030* et les réalisations en matière d'efficacité énergétique**

Dans le domaine de l'efficacité énergétique, les autorités ont notamment lancé le Saudi Energy Efficiency Program (SEEP). L'un des volets majeurs de ce programme est l'instauration d'un système de normes afin d'évaluer la consommation énergétique des bâtiments. Dans le secteur domestique et résidentiel par exemple, le programme a remis à jour le code du bâtiment et les spécifications des normes obligatoires pour les matériaux d'isolation thermique, les ordinateurs, les climatiseurs, les appareils ménagers, l'éclairage. En outre, dans le secteur des transports, elle a mis au point un label d'économie de carburant pour les véhicules utilitaires légers, introduit des normes d'efficacité énergétique pour les pneumatiques et réglementé l'efficacité énergétique des véhicules utilitaires lourds.

Cette initiative ne concerne pour l'instant que les nouveaux actifs construits et les nouveaux biens vendus depuis 2014. Le plan *Vision 2030* prévoit de l'étendre à l'ensemble du parc immobilier et automobile existants, d'ici à 2030.

Le gouvernement saoudien a également créé, en 2017, la Tarshid (National Energy Services Company), une entreprise publique détenue à 100 % par le Public Investment Fund, qui a pour mission de porter les appels d'offres pour l'efficacité énergétique des bâtiments gouvernementaux (écoles, hôpitaux, mosquées, ministères...).

À ce jour, plus d'une vingtaine de contrats ont été signés et le groupe ambitionne d'étendre ses activités au secteur résidentiel (l'industrie n'est à ce stade pas concernée). Cette entreprise est supervisée par le Saudi Energy Efficiency Center (SEEC), une entité gouvernementale qui deviendra, à terme, le régulateur en fixant les objectifs à atteindre pour chaque secteur.

En outre, le Centre d'efficacité énergétique saoudien a déjà mené plusieurs campagnes de sensibilisation à l'importance de l'efficacité énergétique et de la rationalisation de la consommation. Le ministère de l'Énergie, de l'Industrie et des Ressources minérales a également mis en œuvre un certain nombre de programmes visant à réduire les charges en période de pointe, notamment :

- Le contrôle des usages de climatisation des gros consommateurs (phase I), qui a réduit la consommation de 46 MW dans 19 bâtiments.
- Demander aux gros clients d'utiliser leurs groupes électrogènes aux heures de pointe.
- Coordonner avec les grands clients afin de réduire les charges en période de pointe.

Par ailleurs, le plan *Vision 2030* reconnaît que les subventions élevées accordées sans critères d'éligibilité sont devenues un frein à la compétitivité de l'industrie de l'énergie saoudienne et propose d'aligner, à terme, les prix de l'énergie domestique (carburant, fioul industriel et électricité) sur les prix de marché internationaux. Pour *Vision 2030*, la transition énergétique saoudienne passera donc, en partie, par une libéralisation des prix de l'énergie – les autorités saoudiennes ont d'ailleurs déjà acté des augmentations des prix du carburant et de l'électricité, en 2016 puis en 2018.

Les effets exacts de ces augmentations sont pour l'heure difficiles à estimer, car elles concernaient essentiellement le secteur résidentiel. Cependant, la progression de la consommation d'électricité entre 2016 et 2017 a été très faible : 0,58 % en 2016 et 0,34 % en 2017.

Mais les hausses prévues pour 2019 sur le carburant et l'électricité ont finalement été annulées. L'acceptabilité de l'augmentation des prix de l'énergie demeure une question délicate dans une société qui a été longtemps habituée aux prix subventionnés et à l'idée d'une énergie disponible et fortement abondante.

Des ambitions sur le nucléaire et les EnR, mais qui peinent à se concrétiser

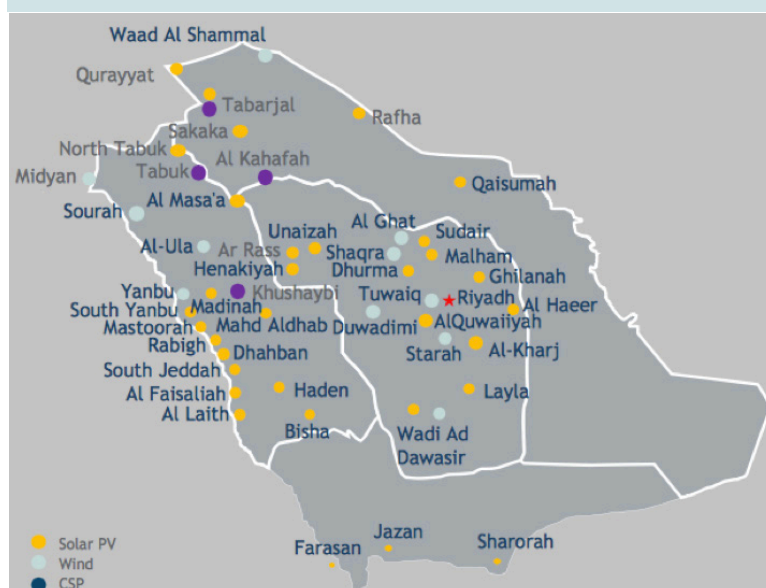
Vision 2030 a impulsé le « National Renewable Energy Program », qui est l'ossature opérationnelle de déploiement des énergies renouvelables dans le Royaume. Il vise ainsi à rééquilibrer le mix énergétique saoudien et à faciliter la tenue des engagements du pays en matière

de réduction de gaz à effet de serre.

Vision 2030 a fixé des objectifs de diversification très ambitieux pour les court et moyen termes. Le plan prévoit ainsi le déploiement de 9,5 GW de puissance électrique installée d'origine renouvelable d'ici à 2020, ce qui représente 10 % de la capacité de production de l'Arabie Saoudite. Ces cibles sont évaluées à 27 GW à l'horizon 2024 et 58,7 GW à l'horizon 2030. Les technologies renouvelables sur lesquelles s'appuie la diversification sont surtout le solaire photovoltaïque et l'énergie éolienne.

Les projets de centrales solaires et éoliennes seraient disséminés sur l'ensemble du Royaume, ce qui préfigure une nouvelle configuration, plus décentralisée, du système énergétique saoudien. Le développement de la filière solaire photovoltaïque en Arabie Saoudite, en dépit de son potentiel avéré et prometteur, n'en est pourtant qu'à ses balbutiements, et les progrès effectifs dans ce secteur restent relativement modestes. Si à la fin 2018, l'Arabie Saoudite se classait comme le deuxième pays arabe du Conseil de coopération du Golfe en termes de puissance photovoltaïque installée, avec 89 MW derrière les

Figure 13 - Répartition territoriale des projets de centrales solaires et éoliennes en Arabie Saoudite



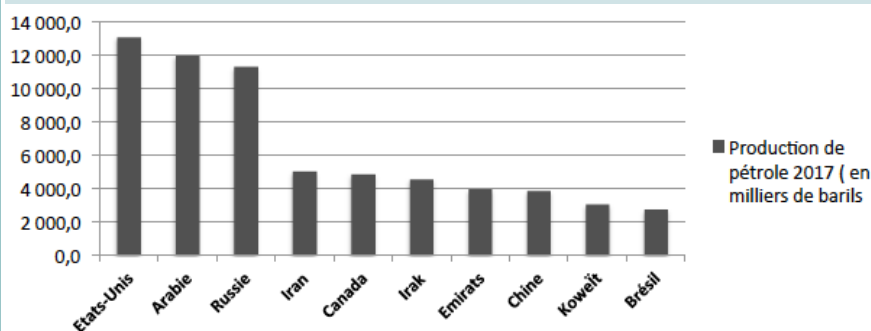
En outre, certaines sociétés saoudiennes telles que ACWA Power ont été actives tant au niveau national qu'international. Celle-ci a notamment remporté en 2018 un appel d'offre pour un projet de centrale solaire photovoltaïque d'une capacité de 300 MW à Sakaka. Selon le ministre de l'Énergie saoudien, Khalid-Al-Fali,

douze autres projets de centrales solaires, d'une capacité totale de 3,1 GW, sont en phase de pré-développement et devraient être soumis à des appels d'offre, dont des centrales à Alfaisalia (600 MW), Jeddah (300 MW), et Saad (300 MW), pour les plus importantes d'entre elles. Cependant, certains projets ambitieux planifiés par les autorités saoudiennes en matière solaire n'ont pas pu voir le jour. Le méga projet de 200 milliards de dollars de la plus grande centrale solaire photovoltaïque, d'une capacité de 200 GW, annoncé en mars 2018 par le Public Investment Fund et la Soft Bank, a finalement été annulé en raison

d'incertitudes techniques sur le raccordement de la production intermittente au réseau électrique conventionnel.

Le développement de l'industrie éolienne dans le Royaume est encore embryonnaire : à la fin de 2018, seuls 3 MW de puissance installée d'origine éolienne étaient établis. Mais un projet de grande envergure est en construction : les autorités saoudiennes ont choisi, à l'issue

Figure 12 - Prévision de la capacité électrique d'origine renouvelable en Arabie Saoudite



Source : <https://ksa-climate.com/wp-content/uploads/2018/12/Saudi-Arabia-National-Renewable-Energy-Program.pdf>

Émirats Arabes Unis (487 MW), sa capacité de production électrique d'origine solaire reste limitée.

Quelques réalisations modestes ont effectivement vu le jour. On peut citer le toit solaire KAUST de Saudi Aramco (2 MW), l'abri solaire Aramco (10,50 MW), les installations du Centre d'études et de recherches pétrolières King Abdullah Petroleum Studies and Research Center (KAPSARC) de Riyad à 3,5 MW.

d'une procédure d'appel d'offres, le partenariat EDF Renouvelables-Asdar pour développer un immense parc éolien à Dumat-Al Jandal, dans la région d'Al-Jouf. Ce projet d'une valeur de 500 millions de dollars vise une puissance installée de 400 MW (soit l'équivalent de 200 éoliennes).

En plus de l'énergie solaire et éolienne, le King Abdullah Center for Atomic and Renewable Energy (KACARE) a proposé d'articuler au plan *Vision 2030* un programme de développement de l'énergie nucléaire. Cette initiative a été approuvée par les autorités et a donné naissance au « Saudi National Atomic Energy Project ». Ce programme prévoit la construction de deux réacteurs nucléaires pilotes de petite taille à l'horizon 2020, d'une capacité totale de 2,8 GW. Le plan prévoit également de développer la filière nucléaire en construisant 16 réacteurs dans le Royaume pour 2040. Outre les 54 GW d'énergie renouvelables, *Vision 2030* prévoit ainsi 17 GW de puissance installée d'origine atomique dans son mix énergétique à l'horizon 2040, ce qui équivaldrait à 15 % de la production électrique.

Les progrès du Royaume dans le domaine nucléaire sont manifestes. En mars 2018, l'Arabie Saoudite a officiellement annoncé son intention de mettre en œuvre son programme nucléaire civil à l'horizon 2040. En janvier 2019, l'Agence Internationale de l'énergie atomique (AIEA) a publié le rapport final de sa mission d'examen de l'infrastructure nucléaire saoudienne, concluant que des « progrès significatifs » avaient été réalisés, notamment la mise en place d'un cadre législatif et le développement de l'infrastructure nucléaire. Les travaux du premier réacteur nucléaire, sur l'emplacement de la future King Abdulaziz Economic City, dans les faubourgs de Riyad, ont été entamés en novembre 2018. Celui-ci a été construit à la suite d'un accord avec la société Invap, spécialiste argentin de l'énergie nucléaire. Il serait utilisé uniquement à des fins de recherche et développement et servirait à la formation de futurs ingénieurs de l'énergie nucléaire, en attendant de pouvoir développer la filière à grande échelle. Les autorités saoudiennes envisagent la mise en service de deux autres réac-

teurs nucléaires d'ici à 2027.

Sur le plan du développement de villes durables, écologiques et connectées, le gouvernement saoudien a pour ambition de faire reconnaître trois villes saoudiennes parmi les 100 premières villes intelligentes du monde en 2030, et de développer de grands projets urbains pour valoriser le potentiel touristique et culturel du pays.

Plusieurs grands projets sur ce créneau sont en cours d'élaboration. Le plan *Vision 2030* prévoit ainsi la construction de NEOM, ville futuriste, près de la frontière avec la Jordanie et l'Égypte. Ce projet aurait une superficie de 26 500 km², soit près de 250 fois la taille de Paris, et mobiliserait 500 milliards de dollars. Le second grand projet est celui d'Al-Ula. Il vise à développer des ensembles urbains interconnectés et des institutions culturelles et touristiques, destinées à valoriser le patrimoine culturel du site archéologique nabatéen de Madain Saleh. Le troisième projet d'envergure est celui la Mer Rouge. Situé entre les villes d'Umluj et d'al-Wajh, il vise à créer une zone économique touristique haut de gamme le long de la mer, susceptible d'attirer un million de touristes par an d'ici à 2035.

Ces projets sont impressionnants sur le papier, mais pour l'heure, ils n'ont pas dépassé le stade de la communication. En outre, le prince héritier a lui-même reconnu que la mobilisation des investisseurs sur ces projets allait probablement se révéler compliquée, après l'affaire Kashoggi.

En outre, si le plan *Vision 2030* envisage de déployer les énergies renouvelables, il ne se concentre principalement que sur deux filières : les panneaux solaires photovoltaïques et l'éolien on shore. Et le petit nombre de projets effectivement concrétisés à cette heure laisse présager que la capacité de puissance installée à l'horizon 2030 ne sera pas à la hauteur des objectifs fixés. D'ailleurs, le projet de plus grande ferme solaire du monde, annoncé en 2018, a finalement été abandonné.

Le gouvernement saoudien
vise à faire reconnaître
trois villes saoudiennes
parmi les 100 premières
villes intelligentes
du monde, en 2030.

L'EXCESSIVE CENTRALISATION DES DÉCISIONS

Par ailleurs, la forte centralisation du système administratif et politique saoudien laisse dans les faits peu de place aux organes de gouvernements locaux et régionaux, et est susceptible d'entraver la mise en œuvre du plan *Vision 2030* sur le long terme. En février 2018, le Conseil de la Choura (Assemblée consultative saoudienne) avait publiquement critiqué le ministère des Affaires municipales et rurales (MOMRA) pour son action jugée inefficace et dispendieuse, une première pour un établissement sous l'autorité directe du gouvernement central. Cela illustre l'actuelle disparité entre les ambitions du gouvernement et la capacité des instances de gouvernance centrales saoudiennes à les mettre en place. De plus, bien que *Vision 2030* mentionne les autorités régionales et municipales comme des rouages essentiels de la mise en œuvre de la transformation économique et énergétique du pays, il n'explique pas comment et ne contient pas de plan clair pour réformer la structure bureaucratique complexe et décentraliser le pouvoir en matière de développement local.

La gamme des institutions régionales et locales, censée implémenter l'essentiel de *Vision 2030*, est ainsi très complexe. Elles sont inefficaces et parfois dysfonctionnelles, en partie parce qu'elles n'ont pas été réformées depuis les années 1980 et qu'elles ne reflètent pas les changements démographiques et sociaux du pays.

L'Arabie Saoudite est divisée en treize emaras (régions), gouvernées par un émir et assistées par un Conseil régional, qui relève du ministère de l'Intérieur. Chaque région est divisée en gouvernorats dirigés par un mohafez (gouverneur) et un Conseil local qui rend compte à l'émir et au Conseil régional. Les émirs sont nommés par le roi pour gouverner les régions mais n'ont aujourd'hui aucun pouvoir réel pour mettre en œuvre des projets de développement. À l'époque des débuts du Royaume, les émirs issus des tribus locales constituaient un moyen d'assurer leur représentation politique et de répondre aux besoins de développement local. À partir des années 1960, la Couronne a commencé à nommer les émirs – généralement parmi les membres de la famille royale – afin de consolider le pouvoir central sur

les régions. En tant que gouverneurs souvent peu familiers et désintéressés des besoins des régions, les émirs ont perdu le contact avec les besoins de la population, ils sont devenus des entités gouvernementales sans pouvoir effectif et sans prise sur la politique locale de développement.

Parallèlement à cette structure gouvernementale régionale supervisée par le ministère de l'Intérieur, le MOMRA gère une structure de gouvernance en double au niveau local. La capitale de chaque région dispose d'un amanah (secrétariat), entité bureaucratique qui supervise les villes et villages de la région. En outre, MOMRA supervise des centaines de baladiyat (municipalités), qui sont responsables de la fourniture de services quotidiens, tels que la gestion des déchets et la délivrance de permis de construire.

Le budget et les opérations financières de ces entités – régions, amanat et baladiyat – sont ensuite examinés et approuvés par les conseils

municipaux, dont les membres sont nommés à moitié par le MOMRA et à moitié élus. Ces conseils ont un pouvoir limité de rejeter les propositions de projets, mais n'ont aucune influence sur la manière dont les terrains publics sont utilisés, ni sur la manière dont des services tels que le transport, la fourniture d'énergie et le traitement des eaux usées

sont fournis.

Ces services sont contrôlés alternativement par l'amanat, les antennes régionales des ministères concernés, des autorités de développement spéciales nommées par le Conseil des ministres ou le Roi (telles que les autorités de développement d'Arriyadh ou d'Almadina), des commissions royales directement contrôlées par le Conseil des ministres ou parfois par Saudi Aramco.

Ces juridictions concurrentes empiètent ainsi sur les prérogatives des unes et des autres tout en étant neutralisées par le pouvoir central, qui garde l'initiative dans les projets de développement local.

Le plan *Vision 2030*
se concentre sur deux
filiales EnR : les panneaux
solaires photovoltaïques
et l'éolien.

Propositions additionnelles pour une transition énergétique réussie en Arabie Saoudite

LES ORIENTATIONS ÉNERGÉTIQUES SUPPLÉMENTAIRES À IMPULSER AU NIVEAU DE L'ÉTAT CENTRAL

Développer l'éolien offshore en Mer Rouge et dans le Golfe Persique

La diversification énergétique du Royaume se fonde sur un déploiement important d'énergie solaire et éolienne. Cependant, les projets de centrales éoliennes ne sont pour l'instant que des projets *on shore*. Si l'Arabie Saoudite veut bénéficier de toutes les potentialités énergétiques et économiques qu'offre la technologie éolienne, le développement de fermes éoliennes en mer (*off shore*) devrait également être étudié. Les éoliennes *off shore* ont grandement tiré parti de l'avancée technologique de l'éolien terrestre, ce qui en fait une filière technologique possédant un haut degré de maturité.

L'éolien *offshore* possède en outre deux avantages majeurs sur l'éolien *on shore* : la vitesse moyenne des vents en mer est supérieure à celle des vents terrestres, et les effets de turbulences des vents y sont moindres, ce qui implique moins d'usure et une durée de vie plus élevée pour les pales des éoliennes. Les vents sont également plus constants. À puissance égale, une éolienne *off shore* peut ainsi produire deux fois plus d'électricité qu'une éolienne *on shore*.

En plus du désert, la mer offre de vastes espaces libres d'obstacles, ce qui permet l'implantation de nombreux mâts éoliens. Leurs impacts visuels et sonores sont ainsi diminués, ce qui peut accroître leur niveau d'acceptabilité par la population. Un déploiement simultané de l'éolien terrestre et en mer permettrait de maximiser les impacts de cette filière en matière de puissance installée et d'atteindre les objectifs saoudiens prévus à moyen terme de diversification du mix énergétique.

Seules de rares études ont mis en évidence le potentiel éolien *offshore* de l'Arabie Saoudite, pour des estimations néanmoins prometteuses

sur ses deux littoraux. Sur la côte ouest du Royaume, en Mer Rouge, dix sites potentiels ont été récemment identifiés comme susceptibles d'accueillir des installations éoliennes *off shore*, pour une capacité de génération maximale comprise entre 6,4 et 12,3 GW, selon la puissance des turbines choisies.

Ces installations n'empièteraient pas sur les voies maritimes commerciales fréquentées de la Mer Rouge, et pourraient être conçues de sorte que leur installation ait un impact limité sur la biodiversité marine et les activités de pêche. Sur la côte ouest, la région centrale du Golfe persique est par ailleurs celle où les vents sont les plus puissants. L'Arabie Saoudite dispose là du second gisement venteux en termes de densité de puissance annuelle, avec une moyenne de 277 W/m².

À puissance égale,
une éolienne *off shore*
peut produire deux fois
plus d'électricité
qu'une éolienne *on shore*.

Le partenariat avec EDF-Energies Nouvelles représente une opportunité pour l'Arabie Saoudite dans la mesure où l'entreprise est également présente sur la filière éolienne *off shore*. Des investissements coûteux seront donc nécessaires pour développer une production *off shore* significative.

Capitaliser sur le potentiel géothermique

L'énergie géothermique provient des flux de chaleur contenus dans la croûte terrestre. Cette énergie peut-être exploitée pour produire du chauffage et de l'électricité. La chaleur terrestre n'est pas exploitable partout de la même façon. Dans les zones volcaniques, à la frontière des plaques lithosphériques, la chaleur du centre de la Terre remonte et réchauffe de gigantesques poches d'eau. L'eau est alors présente dans le sous-sol sous forme liquide ou sous forme de vapeur. Cette vapeur va permettre de faire tourner une turbine, qui, accouplée à un alternateur, produira de l'électricité. Lorsque l'on produit de l'électricité par l'exploitation de l'eau chaude présente dans le sous-sol à haute température (au-delà de 150 °C), on parle de « géothermie naturelle à haute énergie ».

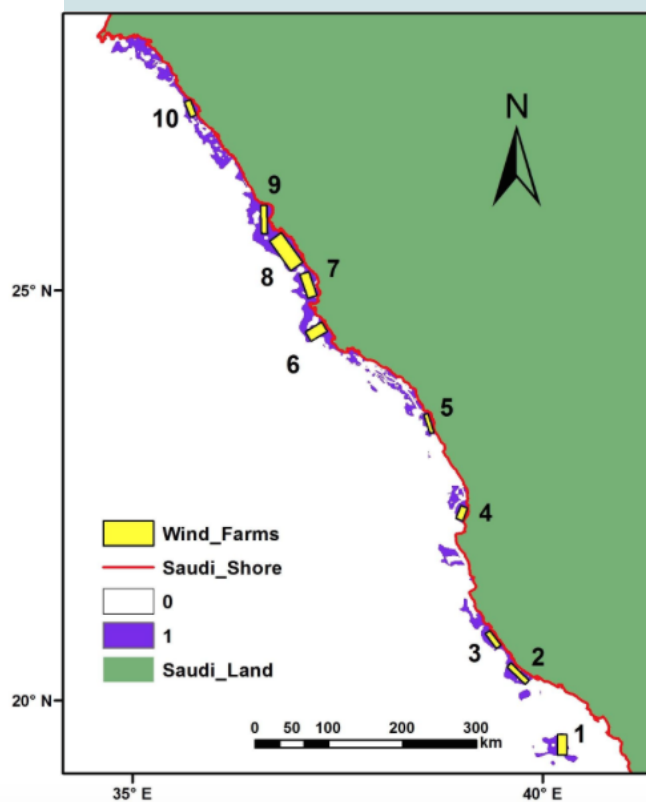
L'Arabie Saoudite dispose d'un certain potentiel géothermique à valoriser, mais très peu d'études avaient été réalisées sur le sujet jusqu'à présent. Cette énergie fait l'objet d'une attention nouvelle de la KAPSARC et de la KACARE, qui ont lancé des projets d'études sur l'exploitation potentielle de l'énergie géothermique dans le Royaume. Il s'avère que l'Arabie Saoudite est l'un des États les plus dynamiques en matière de géothermie au Moyen-Orient. Ses ressources restent pour l'instant largement sous-exploitées.

Les ressources géothermiques de l'Arabie saoudite peuvent être classées en trois catégories : les ressources à faible, moyenne et forte enthalpie. Les ressources d'enthalpie moyenne sont situées sur les côtes ouest et sud-ouest (en particulier celles situées dans les régions d'Ailith et de Jizan) et sont représentées par des sources chaudes peu profondes. Le potentiel de l'énergie géothermique est surtout illustré par les vastes champs de Harrat couvrant de grandes zones le long de la côte de la Mer Rouge. Des ressources à haute enthalpie sont localisées dans la mer Rouge, en Arabie saoudite occidentale. La plupart des sites géothermiques du Royaume ont des températures comprises entre 150 °C et 300 °C. Les ressources les plus prometteuses sont concentrées le long des côtes du sud-ouest du Royaume, en raison des émanations de chaleur volcaniques présentes au niveau de l'ouverture de la faille entre la Mer Rouge et le Golfe de Suez.

Des études ont montré que le potentiel géothermique de sources dont la température était comprise entre 150 °C et 300 °C étaient viables pour produire de l'énergie afin d'alimenter le secteur industriel saoudien. Les sources issues de la fracturation du manteau précambrien représenteraient une capacité de 3 GW à 5 GW, sur la seule côte ouest, ce qui serait suffisant pour répondre aux besoins énergétiques du secteur industriel en Arabie Saoudite. Le plan *Vision 2030* prévoit une puissance installée d'origine géothermique de l'ordre de 1 GW à l'horizon 2032.

Le développement des ressources géothermiques devra s'appuyer à la fois sur la volonté politique des autorités de valoriser ces ressources, des bénéfices économiques potentiels, une éducation de la population aux bienfaits et aux enjeux de la géothermie, ainsi qu'à des investigations géologiques poussées afin de déterminer plus en avant la faisabilité d'une exploitation significative de cette énergie.

Figure 14 – Les emplacements possibles des fermes éoliennes offshore en Mer Rouge sur le rivage saoudien



Source : Mahdy, M., Bahaj, A. S., & Alghamdi, A. S. (2017).
OFFSHORE WIND ENERGY POTENTIAL AROUND THE EAST
COAST OF THE RED SEA, KSA.

Miser sur les technologies à hydrogène et le déploiement des énergies renouvelables

L'hydrogène est l'élément le plus abondant sur Terre, mais n'est pas disponible à l'état naturel. La molécule d'hydrogène fait l'objet d'une prospection et de recherches intenses, car elle est un vecteur d'énergie possédant des aptitudes exceptionnelles : sa combustion génère trois fois plus d'énergie que le pétrole à poids constant, il peut être stocké sous forme liquide ou gazeuse et possède une dualité forte avec l'électricité, avec une capacité de transformation réciproque.

L'hydrogène constitue un moyen de stockage efficace de l'électricité sur des durées longues, et il peut être employé pour pallier l'intermittence des énergies renouvelables. En tant que vecteur énergétique, il possède des applications stationnaires (stockage d'énergie), des applications mobiles (alimentation de véhicules) et industrielles. Il peut être produit via les ressources fossiles, l'électricité d'origine renouvelable ou via la combustion de déchets.

L'hydrogène « décarboné » (green) peut être produit avec de l'électricité par électrolyse de l'eau. De récentes recherches ont montré qu'il était possible de réaliser des électrolyses à base d'eau salée, abondante sur les rivages maritimes saoudiens.

Développer une filière hydrogène en même temps que l'électricité solaire et éolienne pourrait permettre à l'Arabie Saoudite de stocker les surplus d'électricité sous forme de gaz (procédé *power to gas*) et de la restituer au moyen de piles à combustibles et de petits transformateurs *power to gas* disséminés sur le territoire en cas de forte sollicitation sur le réseau. L'hydrogène peut en outre produire simultanément de l'électricité et de la chaleur, et peut alimenter non seulement les réseaux électriques, mais aussi les réseaux de chaleur et de froid. On parle à ce sujet de micro cogénération d'électricité décentralisée. Le *power to gas* permet ainsi de créer des passerelles entre les réseaux d'électricité et les réseaux de gaz naturel.

Le réseau et les infrastructures de gaz naturel de l'Arabie Saoudite se prêtent par ailleurs bien au transport de l'hydrogène. La technologie des piles à combustible peut également servir pour électrifier les transports. Les espaces urbains seraient donc pertinents pour implanter cette technologie et créer des villes dans lesquelles la génération d'énergie est circulaire. De plus, combiné à du CO₂, l'hydrogène produit du méthane de synthèse (processus de méthanation). Associer des technologies de captage du CO₂ et des procédés *power-to-gas* pourrait ainsi permettre de diminuer les émissions de gaz à effet de serre tout en recyclant le CO₂ en le réinjectant sous forme de méthane dans le réseau de gaz.

En Arabie Saoudite, l'hydrogène pourrait également être produit à partir de la décomposition de déchets organiques des ménages et des résidus de biomasse agricole (bio-hydrogène), ce qui pourrait créer un cercle vertueux où la production de déchets serait valorisée par de la production d'électricité, créant un nexus circulaire déchet-énergie prometteur.

L'Arabie Saoudite a récemment vu s'implanter des entreprises occidentales produisant de l'hydrogène sur son territoire (Air liquide, Solvay), majoritairement par « vaporeformage » à partir du gaz naturel. L'hydrogène n'y est donc pas décarboné, et sert surtout à des applications industrielles (pour la désul-

Figure 15 - Le potentiel géothermique de l'Arabie Saoudite



Source : https://dbdh.dk/download/member_area/focus_groups/new_markets/Geotermisk%20Middle_East_Update.pdf

furisation du gaz et du pétrole). Néanmoins, avec le déploiement à grande échelle des énergies renouvelables à l'avenir, l'hydrogène et ses multiples applications pourraient servir de vecteur majeur de la transition énergétique de l'Arabie Saoudite.

FAVORISER LES INITIATIVES AU NIVEAU RÉGIONAL, INFRARÉGIONAL ET LOCAL

Renforcer la décentralisation des décisions d'investissement et d'aménagement

Le gouvernement devrait faciliter la décentralisation des processus décisionnels en matière d'aménagement du territoire, d'investissements dans les infrastructures et dans les services publics. Afin d'éviter les échecs d'aménagement comme celui de la gestion des inondations de Jeddah, et de mettre en œuvre la transition énergétique dans les territoires, le gouvernement central devrait faciliter la décentralisation et le transfert de compétences vers les émirats, les mohafetz et leurs conseils locaux. Cela passe notamment par le fait de doter les émirats de véritables budgets avec un réel pouvoir de décision en matière d'investissement dans les priorités sectorielles du développement local comme l'énergie, l'eau et les transports.

Cette décentralisation pourrait, par exemple, se faire au moyen d'un dispositif de contrac-

tualisation pluriannuelle entre l'État central et l'émirat afin de programmer et financer des projets d'aménagement du territoire et de soutenir les filières énergétiques innovantes et leur intégration dans les réseaux au niveau local. Cela permettrait d'accroître la cohérence et la pertinence des investissements du plan *Vision 2030* en renforçant les organes de gouvernance qui sont au plus près des besoins des citoyens en matière de services publics et de fourniture d'énergie.

Le dynamisme des territoires saoudiens s'en trouverait renforcé, de même que l'efficacité de la fourniture des services publics et la pertinence de projets d'infrastructures adaptés aux besoins et aux conditions locales. Ces contrats entre État et régions devraient également pouvoir associer les mohahez et les municipalités, sous réserve de contribution financière aux projets qui les concernent, afin d'accroître la cohérence des investissements en matière de transition énergétique et d'adaptation au changement climatique. Le déploiement d'une production électrique décentralisée, avec de nombreux projets répartis sur l'ensemble du territoire, pourrait ainsi être l'occasion d'accorder davantage de pouvoir aux régions et aux collectivités, quant aux investissements nécessaires à leur raccordement aux réseaux classiques ainsi qu'à leur emplacement.

L'autonomisation des collectivités en matière de transition énergétique locale peut également être encouragée par des contrats de transition écologique avec les municipalités (*baladiyat*) et intercommunalités (*amanat*). Ces contrats seraient conclus entre l'État, l'émirat et les municipalités et co-construits à partir de projets locaux associant les citoyens, les collectivités et les petites entreprises.

De plus, la décentralisation sur le plan de la transition énergétique pourrait être encouragée par une réforme du Code de la construction publique (*Saudi Building Code*). La délivrance des licences des permis de construire devrait être davantage décentralisée et confiée aux municipalités, en accord avec des stratégies de planification urbaines locales. Cela pourrait permettre une urbanisation mieux maîtrisée et adaptée aux spécificités de chaque territoire. Des clauses en matière de performance énergétique et de comptabilité du nouveau bâti, avec l'intégration de panneaux solaires sur les toits, par exemple, permettraient d'impliquer les citoyens et les collectivités dans la transition énergétique et les sensibiliser à ces enjeux, tout en limitant l'impact de l'urbanisation sur l'environnement et sur la consommation d'énergie.

Les autorisations de construire au niveau local pourraient également être conditionnées par l'adaptation des nouvelles constructions à la mise en place de systèmes de réseau de froid, qui permet de climatiser les bâtiments et d'en mutualiser la demande énergétique pour éviter de recourir aux climatiseurs individuels. En plus de favoriser les économies d'énergie et de réduire les émissions de gaz à effet de serre, le réseau de froid permet aussi de végétaliser les bâtiments et leurs façades, ce qui peut accroître l'isolation thermique, mieux retenir les eaux de pluie et avoir une action dépolluante de la végétation en milieu urbain.

Utiliser les *smart-grids* pour une production électrique de plus en plus décentralisée

La multiplication de réseaux renouvelables décentralisés et disséminés à travers le Royaume conduira probablement à un fonctionnement multidirectionnel du réseau électrique traditionnel, qui a été conçu pour acheminer l'électricité dans un seul sens.

Cela fera vraisemblablement émerger, à terme, des besoins considérables de renforcement et d'aménagement des infrastructures du réseau électrique de l'Arabie Saoudite afin de raccorder les générateurs décentralisés au réseau historique. Des capacités de stockage de l'énergie devront également être déployées à grande échelle à travers le pays afin d'améliorer la gestion de la pointe de consommation, de faciliter les transitions entre les heures de production sollicitant les énergies renouvelables, et les heures sollicitant les centrales fonctionnant aux énergies fossiles, tout en améliorant la viabilité de la production délocalisée.

Ces contraintes techniques imposées par le déploiement des énergies renouvelables peuvent être surmontées via le développement et le déploiement de *smart-grids* (ou « réseaux intelligents ») sur le territoire saoudien. Ces technologies regroupent de nombreux outils et systèmes pour la gestion des réseaux (compteur communicant, stockage de l'électricité, modèles de marché, onduleurs et charges contrôlables, etc.). Les nouvelles technologies de l'information et de la communication devront y être adjointes en parallèle afin d'optimiser la gestion des flux d'énergie, et d'assurer l'équilibre entre l'offre et la demande. À l'heure actuelle, la distribution d'électricité aux clients résidentiels, commerciaux, industriels et domestiques en Arabie Saoudite repose encore sur le système de réseau.

En développant l'observabilité, la prévisibilité, le pilotage et la flexibilité, les *smart-grids* permettront de mieux gérer l'intermittence des énergies renouvelables et de piloter plus finement la production d'électricité en fonction des besoins des consommateurs.

La complémentarité entre les réseaux de gaz et les réseaux électriques, permise par le pivot hydrogène et la technologie *power-to-gas*, pourraient renforcer les complémentarités entre les réseaux électriques, de gaz, de chaleur et de froid à l'échelle locale. Cela permettrait une meilleure gestion des pics de consommation et une optimisation de leur fonctionnement. Une telle intégration des réseaux d'énergie, combinée à une production décentralisée, ferait des villes et des collectivités saoudiennes des acteurs majeurs de la transition énergétique.

Encourager la modernisation industrielle et l'autonomisation énergétique des ports

Enfin, le déploiement de l'éolien off shore sur les littoraux et le développement de centrales électriques géothermiques le long des côtes de la Mer Rouge représenteraient une formidable opportunité de transformer l'activité industrielle des ports saoudiens. Il est nécessaire pour cela de moderniser les infrastructures portuaires et développer un tissu industriel orienté vers la fabrication d'équipements énergétiques (usines de pales d'éoliennes, conceptions de projets, assemblages, services de stockage, etc.). Le port britannique de Hull, dans le Yorkshire, est un exemple d'espace portuaire ayant entamé sa mue industrielle vers l'accueil des industries *off shore*, dont le Royaume pourrait s'inspirer.

La transition énergétique peut ainsi aider à redéfinir les fonctions traditionnelles des espaces portuaires pour les adapter aux industries nouvelles qui se développent en mer, tout en intégrant des fonctions d'aménagement du territoire. Les transformations industrielles et énergétiques que pourrait connaître le Royaume (éolien *offshore*, géothermie, biocarburants) sont ainsi propices au développement de nouveaux clusters industriels et à la territorialisation de chaînes de valeur structurées autour des espaces portuaires. En outre, l'appropriation par les ports de modèles d'économie circulaire peut aussi être un atout majeur pour l'avenir de ceux-ci. Des approches d'écologie industrielle visant à créer une symbiose énergétique entre les ports et les entreprises qui y sont implantées peuvent être envisagées.

À l'image de ce qui se fait dans le port autonome de Strasbourg, cela pourrait s'organiser par la mise en place d'installations géothermiques pour alimenter en énergie électrique et en chaleur l'ensemble des activités industrielles implantées dans la zone portuaire. Les ports saoudiens étant aménagés pour le transport et le stockage des hydrocarbures, leurs réseaux et les terminaux pourraient être adaptés pour transporter des biocarburants, du gaz naturel liquéfié ou de l'hydrogène. Les espaces portuaires pourraient ensuite alimenter les activités industrielles et les communautés environnantes en énergie, voire approvisionner de nouvelles générations de navires fonctionnant au gaz, les carburants marins actuels ayant vocation à être progressivement abandonnés en raison de leur forte teneur en soufre.

Aussi, l'État saoudien devrait encourager l'autonomisation et la libéralisation des activités portuaires et maritimes pour permettre leur adaptation aux enjeux de la transition énergétique. La modernisation et l'attractivité des ports industriels de Ras Tanura, Jubail et Yanbu, dont les activités sont essentiellement liées à l'exploitation pétrolière, devraient être étudiées attentivement par le gouvernement. Le développement des activités de conception industrielle et de production d'énergie dans les espaces portuaires pourrait être délégué aux opérateurs portuaires administrant les ports maritimes saoudiens, ou se faire dans le cadre d'un contrat entre les autorités portuaires et des entreprises, tels le port de Hull et l'entreprise Siemens. Pour développer et financer les infrastructures portuaires, l'État saoudien pourrait aussi recourir aux PPP.

Orienter dès à présent des investissements publics et privés vers la modernisation des ports et encourager leur adaptation à la transition énergétique et aux enjeux de l'économie circulaire permettrait aux ensembles portuaires de gérer la transition vers l'après-pétrole, maintenir une activité industrielle importante et s'affirmer comme des espaces compétitifs et attractifs en matière d'industrie, d'innovation et de logistique. Cela pourrait ainsi générer de nombreux emplois à l'interface de l'industrie et des services. La conversion simultanée des ports saoudiens à la transition énergétique, à l'économie circulaire et à l'écologie industrielle affirmerait leur statut de hub multimodal du XXI^e siècle.

L'Arabie Saoudite pourrait ainsi devenir l'exemple d'un État pétrolier ayant réussi à transformer son modèle économique et industriel tout en accroissant son attractivité et son ouverture aux échanges internationaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Abir, M. (2019). *Saudi Arabia in the oil era : regime and elites; conflict and collaboration*. Routledge.

- Amin, A. Z. (2019). La transition énergétique dans les décennies à venir. *Politique étrangère*, (1), 83-93.

Aoun, M. C. (2018). Le marché pétrolier à un tournant. *Politique étrangère*, (3), 119-129.

- Barré, B., & Mérenne-Schoumaker, B. (2017). *Atlas des énergies mondiales. Un monde en transition*. Autrement.

- Dazi-Héni, F. (2017). *L'Arabie saoudite en 100 questions*. Tallandier.

- Demirbas, A., Alidrisi, H., Ahmad, W., & Sheikh, M. H. (2016). Potential of geothermal energy in the Kingdom of Saudi Arabia. *Energy Sources, Part A : Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 38(15), 2238-2243.

- Levallois, A. (2017). Pays arabes du Golfe : deux décennies de basculements. *Confluences Méditerranée*, (1), 135-146.

- Gelil, I., Howarth, N., & Lanza, A. (2017). Growth, investment and the low carbon transition : A view from Saudi Arabia. *Riyadh, Saudi Arabia : King Abdullah Petroleum Studies and Research Center (KAPSARC)*.

- Matar, W., Murphy, F., Pierru, A., Rioux, B., & Wogan, D. (2017). Efficient industrial energy use : The first step in transitioning Saudi Arabia's energy mix. *Energy Policy*, 105, 80-92.

- Ruthven, M., & Dauzat, P. E. (2018). Les milliards de l'Arabie saoudite. *Le Debat*, (1), 80-92.

- Shaahid, S. M., Al-Hadhrani, L. M., & Rahman, M. K. (2013). Economic feasibility of development of wind power plants in coastal locations of Saudi Arabia-A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 19, 589-597.

- Touaibia, Y. (2018). *Arabie saoudite*. De Boeck Supérieur.

- Zell, E., Gasim, S., Wilcox, S., Katamoura, S., Stoffel, T., Shibli, & Al Subie, M. (2015). Assessment of solar radiation resources in Saudi Arabia. *Solar Energy*, 119, 422-438.



IPEMED

- INSTITUT DE PROSPECTIVE ÉCONOMIQUE DU MONDE MÉDITERRANÉEN -

www.ipemed.coop

LES CAHIERS IPEMED – LA VERTICALE s'inscrivent dans la continuité de nos précédentes publications Palimpsestes.

Ce sont des documents de travail, éléments de réflexion et de débat en prise avec l'actualité euro-méditerranéenne.

L'Institut de prospective économique du monde méditerranéen, IPEMED, est une association reconnue d'intérêt général, créée en 2006.

Cercle de réflexion promoteur de la région méditerranéenne et du partenariat euro-africain, IPEMED a pour mission de rapprocher par l'économie

les pays des deux rives de la Méditerranée et les deux continents d'Europe et d'Afrique.

IPEMED est indépendant des pouvoirs politiques, dont il ne reçoit aucun financement.

IPEMED est présidé par Jean-Louis Guigou, son fondateur.

Directeur de la publication : Jean-Louis Guigou
Infographie : TENCONCEPT - ISSN 2116-6897