

Conclusion générale

Au terme de cette thèse, nous pouvons émettre quelques enseignements. Pour la clarté du propos, nous proposons de faire état des conclusions de cette recherche en distinguant (i) les enseignements empiriques de la thèse ; (ii) les apports théoriques et méthodologiques et enfin, (iii) les limites et perspectives de la recherche.

I. LES ENSEIGNEMENTS EMPIRIQUES DE LA THESE

Les enseignements empiriques de la thèse résultent du questionnement des hypothèses et sous-hypothèses posées au départ de notre recherche. Celles-ci sont validées, infirmées ou modérées. La transition énergétique au Maghreb est un processus impulsé « par le haut », supportée par des dispositifs euro-méditerranéens de développement des énergies renouvelables, parmi lesquels l'emblématique Plan Solaire Méditerranéen (PSM), et par des politiques nationales formalisées au plus haut niveau des États. De même que pour la promotion du développement durable ou de la lutte contre le changement climatique – fortement liées à l'échelon international –, **la transition énergétique « bas carbone » au Maghreb est mise en œuvre dans une logique descendante (top down).**

En pointant la capacité de l'énergie solaire à bouleverser le paysage énergétique traditionnel au Maghreb dominé par les hydrocarbures, nous avons pu dégager **deux grands enseignements** : [1] une intégration régionale de l'électricité est effectivement en marche en Méditerranée et elle est renforcée avec l'avènement de la transition énergétique « bas carbone », [2] l'émergence d'une nouvelle géographie de l'électricité au Maghreb est observée mais doit être relativisée.

Une intégration régionale de l'électricité en marche en Méditerranée : la cristallisation de réseaux matériels et immatériels

L'analyse de la transition énergétique « bas carbone » a été replacée dans une dynamique plus large d'intégration régionale de l'électricité en Méditerranée. **Nous avons ainsi démontré** – à travers une géographie des réseaux techniques et des réseaux d'acteurs – **que l'électricité contribue à une mise en réseau des espaces régionaux, tout en révélant, dans le même temps, les implications relationnelles de la transition énergétique « bas carbone » à l'échelle méditerranéenne.**

L'énergie : un domaine intégrateur au Maghreb

Les ambitions de l'Union du Maghreb Arabe (UMA) de mettre en place une union politique et économique régionale sont déçues, principalement en raison des différends qu'il

existe au sein du couple algéro-marocain. Les accords multilatéraux ratifiés au Maghreb sont peu nombreux comparés aux accords conclus bilatéralement. **La promotion des énergies renouvelables a donné lieu dans la décennie 2000 et 2010 à une coopération bilatérale relativement importante au Maghreb**, entre l'Algérie et la Tunisie (Accord-cadre de coopération dans le domaine de la maîtrise de l'énergie entre l'Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Énergie (ANME) et l'Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Énergie en Algérie (APRUE), ratifié le 21 décembre 2001) et entre la Tunisie et le Maroc (Accord de coopération dans les domaines de la maîtrise de l'énergie et des énergies renouvelables ratifié le 7 juillet 2009 ; Convention-Cadre de coopération entre le Centre de Développement des Énergies Renouvelables (CDER) et le Centre International des Technologies de l'Environnement de Tunis (CITET) signé le 7 mai 2010).

Bien qu'incomplète, la coopération énergétique au Maghreb est la plus poussée. Les échanges énergétiques intra-maghrébins représentent 2/3 de l'ensemble des échanges économiques de la région. Les échanges d'hydrocarbures, prédominants, se matérialisent à travers la construction de corridors énergétiques (gazoducs, oléoducs), faisant de la Tunisie et du Maroc des espaces de transit des hydrocarbures algériens. Dans le domaine de l'électricité, la coopération maghrébine, qui a devancé la création de l'UMA avec la création du Comité Maghrébin de l'Electricité (COMELEC), accuse également des résultats concrets en termes d'infrastructures d'interconnexions transnationales et transcontinentales. **À vocation commerciale ou de secours, les corridors électriques constituent des liens puissants et durables entre les territoires.** Ils sont la condition sine qua non à la constitution de marchés régionaux intégrés de l'électricité et ont une forte dimension politique en raison de leur forte visibilité. **L'action du COMELEC** a permis la constitution d'un bloc électrique maghrébin dans lequel sont électriquement reliés le Maroc, l'Algérie et la Tunisie. Mais, cette action **se poursuit désormais dans un cadre euro-méditerranéen.** En effet, l'UMA est devenue un organe de représentation à défaut d'être un cadre d'action opérationnel.

La coopération énergétique au Maghreb encouragée dans un cadre euro-méditerranéen

Les relations euro-méditerranéennes dans le domaine de l'énergie sont anciennes. Elles ont même été le prétexte ayant mené à la contractualisation des rapports entre la Communauté Économique Européenne (CEE) et les pays sud-méditerranéens. Les interconnexions électriques intra et extra-maghrébines à haut voltage construites récemment (doublement de la ligne Melloussa (Maroc)/Puerto de la Cruz (Espagne) en 2006 ; Hassi Ameer (Algérie)/Bourdim (Maroc) en 2009 ; Cheffia (Algérie)/Jendouba (Tunisie) en 2014) s'inscrivent dans le cadre d'initiatives euro-méditerranéennes distinctes mais complémentaires (projet d'Intégration des Marchés Maghrébins de l'Electricité (IMME) ; Projet de boucle électrique méditerranéenne (*Medring*), Projet de la dorsale de 400 kV ELTAM). Le projet de boucle électrique méditerranéenne vise, quant à lui, à la construction d'un **macro-système électrique méditerranéen** qui se fermerait au niveau du Déroit de Gibraltar, au travers de

l'interconnexion maroco-espagnole, et à partir de la Turquie, *via* la Grèce ou la Bulgarie. Il vise à interconnecter les blocs électriques distincts du Sud de la Méditerranée : le bloc COMELEC, le bloc LEJSL (Lybie-Égypte-Jordanie-Syrie-Liban). **Les interconnexions électriques transfrontalières structurent et rapprochent les territoires méditerranéens et a fortiori ceux de la sous-région du Maghreb.** Ces infrastructures bénéficient notamment de financements communautaires – programme MEDA de l'UE ; programme *Trans-European energy Networks* (TEN-E) –. **Les marges présentent pour l'UE un intérêt particulier parce que l'intégration y est imparfaite et en train de se faire** et parce qu'elle milite pour une extension des normes et standards européens.

Une densification des interrelations entre acteurs avec la promotion de l'énergie solaire

Les réseaux techniques n'ont pas pour seul effet le maillage de l'espace, mais créent également des regroupements et des solidarités entre les acteurs, ayant eux-mêmes un effet structurant. Avant même l'avènement de la transition énergétique « bas carbone », **de véritables synergies d'acteurs existent dans le domaine de l'électricité en Méditerranée**, qui se cristallisent au sein de réseaux d'acteurs, tels que les associations d'électriciens – COMELEC, Mediterranean Transmission System Operator (MED-TSO), son homologue européen European Network of Transmission System Operators (ENTSO-E), Union of the Electricity Industry in Europe (EURELECTRIC), Association of Power Utilities of Africa (APUA), Arab Union of Electricity (AUE) – ; des associations de régulateurs d'énergie – Association of Mediterranean Energy Regulators (MEDREG) –, des plateformes de dialogue (Observatoire Méditerranéen de l'Énergie, MED-EMIP), des réseaux d'agences méditerranéennes de promotion des énergies renouvelables (MEDENER), etc.

L'ossature électrique méditerranéenne déjà constituée ainsi que les réseaux d'acteurs formés sont autant d'acquis sur lesquels l'approche du Plan Solaire Méditerranéen (PSM) et les initiatives industrielles qui le relaient se reposent. La promotion des technologies solaires a permis de **densifier le noyau d'acteurs de l'électricité en Méditerranée**, suite à la création de nouvelles structures régionales dédiées aux énergies renouvelables – Fondation Desertec, *Transmediterranean Renewable Energy Cooperation* (TREC), l'Institut Méditerranéen des énergies renouvelables (IMEDER), *Renewable Energy Solutions for the Mediterranean* (RES4MED), le Centre Régional pour les Énergies Renouvelables et l'Efficacité Énergétique (RECREE) –. Avec **la promotion de l'énergie solaire, et plus largement des énergies renouvelables, la coopération est très inclusive.** À l'échelle euro-méditerranéenne, la transition énergétique « bas carbone » s'associe, de ce point de vue, à l'effort d'intégration régionale. L'approche du PSM est conçue dès le départ comme une construction sociale devant impliquer le plus grand nombre de parties prenantes. Une synergie entre acteurs est prioritairement recherchée pour éviter une superposition d'initiatives et de projets, plus concurrents que complémentaires, et qui ne communiquent pas entre eux.

Nous soutenons que l'intégration régionale de l'électricité est un processus voulu, pensé, plus encore avec la mise en œuvre de la transition énergétique « bas carbone ».

Le partenariat énergétique euro-méditerranéen repose désormais, avec la mise en œuvre de la transition énergétique « bas carbone », **sur trois dimensions** majeures et complémentaires : **la sécurité des approvisionnements énergétiques, l'intégration régionale et la durabilité** (compte tenu de l'état d'urgence climatique dans laquelle se trouve la région méditerranéenne).

Un avantage au système technique centralisé dans le cadre des dispositifs euro-méditerranéens de promotion des énergies renouvelables

Les **choix technologiques** privilégiés aux échelles euro-méditerranéenne et nationale **traduisent une « vision »** et **n'appellent pas à la formulation des mêmes réglementations, aux mêmes logiques d'acteurs, stratégies d'investissement, et enfin, ne mobilisent pas les mêmes espaces géographiques**. Les choix technologiques sont, par ailleurs, naturellement à même de (re)façonner les systèmes techniques.

En questionnant les logiques spatiales et organisationnelles de la diffusion de l'énergie solaire, nous avons mis en évidence deux types de systèmes techniques : un système technique centralisé et un système technique décentralisé. Le système technique centralisé, configuration dominante au Maghreb, est caractérisé par un mode de gestion et une infrastructure (unité de production électrique et infrastructure de réseau) centralisés. Dans ce cas de figure, la gestion relève le plus souvent d'opérateurs monopolistiques (Nye, 1998 ; Laponche, 2002 ; Bouneau, 2004, Bouneau *et alii*, 2007 ; Grand, Veyrenc, 2011 ; Debeir *et alii*, 2013), constituant par ailleurs les principaux porteurs de projets. L'architecture est formée autour d'unités de production électrique de plus en plus massives, et de plus en plus éloignées des points de consommation. Les systèmes techniques centralisés ont été construits au Maghreb à partir de la deuxième moitié du 20^{ème} siècle (Berthonnet, 2002 ; Berthier, 2002 ; Saul, 2002 ; Verdeil, Bennisr, 2014) et reposent sur le tryptique « nationalisation-monopolisation-planification » (Grand, Veyrenc, 2011). Dans le système technique décentralisé (Laponche, 2002 ; Labrousse, 2006 ; Dunsky, 2004, Coutard Rutherford, 2009 ; Rumpala, 2010, 2013, 2015 ; Rifkin, 2012, Evrard, 2013) en revanche, le lieu de production et le lieu de consommation d'énergie sont proches voire confluent, ce qui permet à un point du réseau électrique d'être à la fois producteur et consommateur. Ce système devrait conduire à une multiplication des sites de production (Bridge, 2010), autour d'unités de production moins massives (Rumpala, 2015), ainsi qu'à une diversification des acteurs (Dunsky, 2004 ; Rumpala, 2010, 2013, 2015), producteurs comme porteurs de projets.

Suivant les systèmes techniques, les solutions technologiques solaires adaptées sont différentes. Cela concerne à la fois la disposition de l'unité électrique (au sol/intégration au

bâti), sa taille (dimensionnement et rendement) et le procédé solaire utilisé (PV, CSP ou hybride). Dans le cas du système technique centralisé, ce sont des unités au sol de capacité installée moyenne et élevée, de technologie PV, CSP ou hybride qui sont adaptées. Dans le cas du système électrique décentralisé, ce sont des unités au sol ou intégrées au bâti de faible capacité installée, de technologie PV qui sont privilégiées.

Dans le cadre du PSM et des initiatives industrielles qui le relaient, les choix technologiques promus s'ajustent à l'option d'exportation qui prévoit une évacuation de l'électricité d'origine renouvelable à travers des lignes THT vers les pays membres de l'UE. **Cela a conduit à favoriser des solutions technologiques centralisées** de grande taille et dispatchables (c'est le cas de la technologie thermodynamique), et possédant par ailleurs un fort potentiel d'intégration industrielle locale. Les projets proposés au titre du PSM par les pays du Maghreb (BEI-FEMIP, 2010) révèlent **l'influence du cadre euro-méditerranéen sur les choix technologiques effectués au niveau national**. Ce sont là les principaux facteurs explicatifs du maintien du paradigme centralisateur au Maroc et en Algérie. Cependant, après 2013, et l'abandon provisoire de l'option d'exportation dans le cadre du PSM (désapprobation espagnole du Master Plan du PSM), ce dernier se recentre sur le déploiement de capacités additionnelles renouvelables au Sud de la Méditerranée, et soutient ouvertement des projets multidimensionnels et multi-technologiques. L'Initiative de Préparation des Projets du Plan Solaire Méditerranéen (IPP-PSM) lancée en 2015 illustre ce revirement. **De même qu'il y a un avant et un après 2013 pour le PSM sur le plan technologique, il y a un avant et un après 2013 dans les choix technologiques opérés au niveau national** : report en Algérie, projets au point mort ou sans cesse repoussés en Tunisie et réinvestissement au Maroc, le choix de ces pays ne se porte plus seulement sur la technologie CSP mais davantage sur le PV. Pour autant, le Maroc n'a pas abandonné l'idée d'exporter de l'électricité d'origine renouvelable, y compris en dehors du PSM. Le royaume est convaincu que les obstacles à ce dessein ne sont que de nature conjoncturelle.

L'émergence d'une nouvelle géographie de l'électricité au Maghreb : une hypothèse à modérer

Une reconfiguration spatiale et organisationnelle limitée des systèmes techniques maghrébins avec le déploiement des technologies solaires

L'étude des projets solaires et hybrides solaire-gaz inscrits dans les plans solaires nationaux ("Plan Solaire Marocain", "Plan Solaire Tunisien"), le "Plan Noor-PV", le "programme ONEE-PV" et enfin dans le "Programme National des Énergies Renouvelables et de l'Efficacité Énergétique" (PNEREE) algérien, d'une part, et celle des cadres législatifs et réglementaires nationaux entrepris dans le domaine des énergies renouvelables, d'autre part, nous ont conduits à dégager **trois modèles spatiaux et organisationnels nationaux dominants de déploiement de l'énergie solaire**.

Dans le cadre du "Plan Solaire Marocain" par exemple, piloté par la *Moroccan Agency of Solar Energy* (MASEN), cinq projets d'une capacité de 500 MW chacun sont mis en œuvre sur les sites de Ouarzazate, Midelt, Laâyoune, Boujdour et Tata. Dans la poursuite du "Plan Solaire Marocain", Masen prévoit la construction de quatre CPVS de grandes capacités d'ici 2020 sur les sites de Boudjour I (50 MW), Boudjour II (100 MW), Laâyoune I (20 MW) et Laâyoune II (100 MW). Le "Programme ONEE-PV" consiste à édifier des centrales photovoltaïques de capacité moyenne, de 20 à 25 MW. **La distribution des technologies solaires au Maroc continue de s'inscrire dans le système technique centralisé existant.** Ces choix s'expliquent en partie par la volonté du Maroc de s'ajuster dès le départ à la perspective d'exportation d'électricité d'origine renouvelable promue par le PSM et proposée dans le cadre de l'article 9 de la directive communautaire du 23 avril 2009. Le pays souhaite également bénéficier des financements prévus dans le cadre de l'initiative "The World Bank CSP MENA initiative", destinée à la région MENA et visant à accélérer l'adoption à grande échelle de la technologie CSP. Par ailleurs, les modalités d'application du régime de l'autoproduction prévu pour la Basse Tension (BT) – prévu par la loi n°18-15 de 2015 modifiant et complétant la loi 13-09 relative aux énergies renouvelables –, n'ont pas encore été définies, ce qui contrarie fortement l'émergence d'un marché domestique de l'énergie solaire notamment, et a fortiori d'un système technique décentralisé. La privatisation partielle du segment de la distribution et l'absence d'organe de régulation autonome sont des freins de taille à son applicabilité. L'organisation des secteurs électriques maghrébins conditionne fortement les réformes législatives et réglementaires dans le domaine des énergies renouvelables.

Dans le cadre du PNEREE, l'Algérie a lancé le projet "400 MW" mis en œuvre par une filiale de la SOCIETE NATIONALE DE L'ÉLECTRICITE ET DU GAZ (SONELGAZ), la SHARIKET KAHRABA WA TAKET MOUTADJADIDA (SKTM) qui prévoit la construction de 23 Centrales Photovoltaïques au Sol (CPVS) de capacités installées moyennes allant de 3 à 21 MW. **Ces unités électriques photovoltaïques au sol de moyenne capacité installée s'insèrent au sein du système technique centralisé existant.** Malgré l'ouverture du secteur de l'électricité (unbundling) et la création d'une autorité de régulation indépendante, la CREG, la SONELGAZ devenue une Société par Actions entièrement détenue par l'État continue d'exercer un monopole de fait. En Algérie, il s'agit d'une libéralisation « de façade ». La législation algérienne a mis en place un mécanisme de feed-in tariff qui s'applique à la BT, MT, HT, et THT mais n'a pas élaboré de cadre autorisant l'autoproduction. Pour bénéficier du mécanisme du feed-in-tariff, la capacité installée des infrastructures doit excéder le seuil de 100 MW pour le PV et 50 MW pour l'éolien, ce qui de facto constitue une entrave financière importante pour les investisseurs et porteurs de projets en raison des coûts importants des technologies solaires et contrarie la mise en place d'un système technique décentralisé. La SONELGAZ n'est guère étrangère dans la définition de ces seuils. Le PNEREE lui a été par ailleurs confié par l'État – elle est donc le principal porteur de projet – au détriment de la société NEAL. Les porteurs de

projet au Maghreb relèvent largement de l'action de l'État (MASEN, SONELGAZ, STEG, STEG ER).

En Tunisie, les projets centralisés au sol, notamment portés par la SOCIETE DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ (Steg) et sa filiale, la STEG ENERGIES RENOUVELABLES (STEG ER), n'avancent pas, principalement en raison d'un problème de financement. En revanche, la Tunisie, a initié dès 2009 le programme Prosol'élec, destiné aux secteurs résidentiels et tertiaires. Ce programme a permis la diffusion de petites unités photovoltaïques surimposées au bâti d'une capacité de 1 à 2 kWc, dans le cadre du régime de l'autoproduction. **Un système technique décentralisé émerge donc en Tunisie. Pour autant, il se structure dans un contexte où le monopole de l'opérateur historique, représenté ici par la STEG, est un des plus fort au Maghreb.**

Ajouté à la perspective d'exportation de l'électricité d'origine renouvelable, une combinaison de facteurs tels que l'équilibre du réseau, les ambitions industrielles des pays du Maghreb ou encore la mainmise des monopoles publics sur le segment de la production d'électricité expliquent le maintien d'un système technique centralisé déjà en place en Algérie et au Maroc avec la diffusion des technologies solaires. **Les opérateurs monopolitistiques, y compris en Tunisie, parviennent en effet à orienter les choix gouvernementaux et la législation en matière d'énergies renouvelables.** Ce pouvoir des opérateurs historiques tient notamment au fait qu'en Tunisie et au Maroc, la régulation du réseau électrique ne relève pas d'un organe autonome et, qu'ils possèdent, en Algérie et en Tunisie, un statut d'acheteur unique. **Les réformes réglementaires et législatives entreprises dans le domaine des énergies renouvelables ont néanmoins permis d'ouvrir davantage les secteurs électriques.**

Une légère percée de l'initiative privée dans la production d'électricité d'origine renouvelable

Le segment de la production d'électricité est resté longtemps la chasse-gardée de l'opérateur historique. En effet, les opérateurs exploitant les centrales classiques au Maghreb relèvent tous du secteur public (SOCIETE DE PRODUCTION D'ÉLECTRICITE en Algérie, filiale de SONELGAZ ; la STEG en Tunisie ; l'ONEE au Maroc), exception faite du régime d'Independent Producer Power (IPP). **L'analyse de la nature des opérateurs-exploitants présents dans les projets solaires et hybrides mis en service a révélé une percée de l'initiative privée dans le segment de la production d'électricité.** Elle se matérialise sous la forme de **sociétés de projet public-privé**, dans lesquelles l'acteur privé est l'actionnaire majoritaire (ABENER, consortium ACWA POWER). Ces sociétés de projet à capitaux publics et privés sont exclusivement mises en place dans le cadre de projets qui intègrent la composante CSP (centrales CSP ou hybrides solaire-gaz). Par ailleurs, **la mise en place du régime d'autoproduction** en Tunisie et au Maroc – inscrit dans la loi n° 2009-7 du 9 février 2009 relative à la maîtrise de l'énergie en Tunisie et la loi 13-09 relative aux énergies renouvelables au Maroc – **a également permis une diversification des acteurs avec la multiplication des « producteurs-consommateurs »**

(bénéficiaires du programme Prosol'élec, SOITEC, CIMENTS DU MAROC) exclusivement dans le cadre de l'autoconsommation. L'importance de l'initiative privée doit être néanmoins relativisée en raison du mode d'action des opérateurs historiques, qui certes confient la construction de la centrale à des sociétés étrangères dans le cadre de contrats clé-en-main principalement mais, se chargent de l'exploiter. L'acteur public se constitue aussi souvent comme actionnaire au sein de sociétés de projet à capitaux publics et privés (SKTM, STEG, MASEN, SONATRACH). En outre, des freins d'ordre légal et réglementaire existent, qui contrarient la marge de manœuvre de l'initiative privée (régime d'autoproduction non étendu à la Basse Tension au Maroc, plafond de rachat des excédents électriques fixé à 30% par la STEG en Tunisie, seuil de 100 MW dans le cadre des tarifs de rachat garantis en Algérie).

L'attention portée aux acteurs de la production nous a amenés à étendre notre analyse aux acteurs de la production des équipements solaires afin d'avoir une vue d'ensemble de la chaîne des acteurs industriels. Nous avons proposé d'étudier la nationalité des acteurs industriels positionnés sur le marché maghrébin en prenant en compte les choix technologiques privilégiés par chacun des trois pays retenus et d'en dégager une géographie.

L'intervention de partenaires économiques nouveaux sur le marché de « niches » de l'énergie solaire au Maghreb

La nationalité des acteurs industriels positionnés sur le marché maghrébin dénote également une plus grande diversification. **Des partenaires économiques non traditionnels pénètrent le marché maghrébin du solaire.** Ils sont japonais (KYOCERA), chinois (YINGLI SOLAR, SUNTECH, JA SOLAR), australiens (SOLARHART), saoudiens (ACWA). Cela est surtout le cas pour la technologie PV au Maghreb. **L'étude de l'origine des cellules solaires présentes dans les équipements PV commercialisés en Tunisie révèle la forte proportion des cellules en provenance des pays asiatiques.** L'entrepreneuriat tunisien du PV, constitué de PME, noue des partenariats commerciaux plus ou moins durables (gentlemen agreement, distribution exclusive, co-entreprise). **En revanche, dans le cas de la technologie CSP au Maroc, le partenaire européen domine le marché.** Les entreprises européennes positionnées sur le marché marocain, de nationalité espagnole en particulier, opèrent notamment sur le segment « exploitation et maintenance ». Ces entreprises européennes, comprenant des groupes spécialisés dans le domaine de l'énergie solaire (ABENGOA SOLAR), des grands énergéticiens (EON AG, ENEL, TOTAL) ou encore de grands industriels (SIEMENS, ALSTOM, ABB), tentent d'investir le marché grâce au système d'appels d'offre.

Le déploiement spatial des unités électriques solaires et hybrides modifie la distribution spatiale du système productif maghrébin

Le parc électrique maghrébin est caractérisé par le recours aux combustibles issus des hydrocarbures, notamment le gaz naturel. **La caractérisation des zones d'implantation des**

unités électriques solaires et hybrides nous permet de valider l'hypothèse d'une nouvelle géographie de la production d'électricité au Maghreb. Le déploiement spatial des technologies solaires redessine le paysage électrique traditionnel maghrébin, marqué initialement par une forte littoralisation des unités électriques thermiques classiques, mises à part pour les centrales diesel algériennes. Les unités solaires et hybrides se répartissent, à l'inverse, majoritairement dans les zones intérieures, dans le Centre (Ouarzazate au Maroc ; Oued Kebrit, Aïn El Melh, El Khoung et Hassi R'mel en Algérie) et le Sud des pays (Adrar, In Salah en Algérie ; Om Soma, Tozeur et El Borma en Tunisie), ainsi que sur les zones littorales du sud de la Tunisie (Gabès, Akarit) et du Maroc (Boudjour, Laâyoune, Foum-el-Oued et Tata). **La géographie des unités électriques classiques et des unités électriques solaires témoigne de distributions spatiales différentes.**

Dans le cas des CPVS, un axe principal d'implantation se dégage à l'échelle du Maghreb. Il s'agit d'un vaste ensemble bordant l'Atlas tellien au Nord et l'Atlas Saharien au Sud qui parcourt en diagonale l'Algérie, depuis le sud-marocain (en dehors du Sahara occidental) jusqu'au Nord-Ouest tunisien. **L'implantation des unités électriques solaires et hybrides ne concerne guère les « espaces de Desertec ».** En effet, plus que le Sahara proprement dit, la distribution des projets solaires et hybrides au Maghreb concerne davantage les hauts et bas plateaux maghrébins. La disponibilité foncière sans concurrence anthropique constitue un élément-clé de cette nouvelle géographie de l'électricité au Maghreb, aussi bien pour les unités au sol que celles qui sont intégrées au bâti. Cependant, ces dernières, diffusées dans le cadre du programme Prosol'élec en Tunisie, concernent surtout le milieu urbain, là où le réseau électrique est dense. L'insertion des technologies accentue la multidimensionnalité du parc électrique maghrébin, dominé par les grosses unités électriques, exception faite de la petite hydraulique. **La mise en évidence des facteurs de localisation favorables à l'implantation des unités électriques solaires et hybrides ne pouvait ainsi ignorer le prisme technologique.**

Le choix des technologies solaires, à même de (re)façonner les systèmes techniques et leurs acteurs, est avant tout le reflet d'une ambition plus globale des États, de la manière dont ils se projettent à plus long terme.

Le choix des technologies solaires ou la traduction d'une stratégie d'État

La promotion de l'énergie solaire au Maroc sert une ambition nationale et régionale. Le pays démontre un intérêt plus grand pour les sources d'énergie renouvelables, d'abord parce qu'il dépend à plus de 96 % aux importations d'énergie. Ainsi, la promotion de ce type de ressources, notamment en termes de coût, est plus intéressante pour le Maroc que pour les deux autres pays. En 2015, 33 % de la puissance électrique installée marocaine est de source renouvelable (hydroélectrique compris), contre moins de 2% pour l'Algérie et près de 7% pour la Tunisie. Le Maroc souhaite également se détacher de cette dépendance aux importations en développant des sources locales. Le paysage électrique marocain est le moins

marqué par l'exploitation des hydrocarbures, d'autant qu'il existe une véritable tradition de l'hydraulique. **Un changement de paradigme s'opère au Maroc.** Les solutions solaires centralisées à grande capacité installée sont en mesure de changer plus rapidement la donne. **Le développement des technologies solaires est aussi l'occasion de détenir une réelle maîtrise technologique dans le domaine et de soutenir une intégration industrielle locale.** Le pays qui se positionne industriellement sur le créneau ambitionne d'**exporter son savoir-faire dans les pays d'Afrique Subsaharienne.** Le Maroc voit dans le continent africain une source de relations économiques et diplomatiques. Il se pose en partenaire de taille face à un continent qui enregistre une croissance globale de 5% par an depuis les années 2000. La vision régionale du pays est également tournée vers l'Europe. Déjà interconnecté électriquement à l'Espagne, le Maroc ne désespère pas d'exporter de l'électricité d'origine renouvelable vers les pays membres de l'UE. **À défaut d'une intégration régionale horizontale (maghrébine) pour laquelle le Maroc milite ouvertement, ce dernier entend constituer un hub incontournable entre l'Europe et l'Afrique subsaharienne, créant ainsi un couloir selon un axe vertical.**

En Algérie, l'ambition est nationale. L'économie algérienne, peu extravertie, dépend fortement des exportations d'hydrocarbures, le secteur de l'énergie représentant effectivement 98 % des recettes nationales. **Pays de très forte culture énergétique, l'énergie solaire se présente davantage comme un complément aux hydrocarbures.** Le pays cherche en effet à préserver ses ressources en gaz naturel en exploitant des formes de production alternatives. **En Algérie, l'État est omniprésent.** Dans le domaine de l'énergie solaire, il est présent au travers de la SONELGAZ – Société par Actions (Spa) à capitaux exclusivement publics en position de monopole – à qui il a confié la réalisation du PNEREE. Généralement fermé aux fonds internationaux, le pays supporte lui-même le PNEREE au travers du Fonds National des Énergies Renouvelables et de la Cogénération (FNERC), qui représente 1% de la redevance pétrolière. **L'Algérie comme le Maroc, qui sont des pays très centralistes en soif de légitimité, voient dans le développement de « grands projets » solaires, visibles et médiatisés, l'opportunité de servir leur image.**

La première version du Plan Solaire Tunisien (PST), lancé en 2009 et révisé en 2012, constituait ainsi un outil utilisé à la gloire de l'ancien président déchu Zine el-Abidine Ben Ali. Dans la première version du PST, les grands projets centralisés sont nombreux et privilégient notamment le solaire thermodynamique. **On assiste dans la Tunisie postrévolutionnaire à l'affirmation d'un système technique décentralisé qui s'accompagne du déploiement de technologies solaires de petite dimension** (installations PV surimposées au bâti de 1 à 2 kWc), **plus adaptées à la taille du pays.** Les grands projets soutenus par l'ancien régime sont abandonnés ou suspendus. **Les solutions décentralisées sont des technologies « de proximité » qui offrent une marge de manœuvre pour réinventer des systèmes techniques qui soient localement « gouvernables ».** Elles mettent à l'honneur la figure du producteur-consommateur et reposent davantage sur une dynamique d'appropriation sociétale. **Ce système technique décentralisé se structure dans un pays aux aspirations démocratiques intenses**

depuis la révolution de janvier 2011. De nouvelles revendications émergent après la révolution et elles émanent, entre autres, d'**une société civile de plus en plus organisée**. La nouvelle constitution de la République tunisienne adoptée le 26 octobre 2014 en a pris toute la mesure, en initiant des politiques de décentralisation des pouvoirs. En ce qui concerne la stratégie énergétique tunisienne, elle est discutée lors d'un débat national sur l'Énergie lancé le 27 juin 2013 sous le thème "Quel avenir énergétique pour la Tunisie ?". Ce débat constitue une véritable démonstration de force de la société civile par le biais associatif. **Les bouleversements politiques sont aussi des moments de bouleversement des systèmes énergétiques** (Rocher, Verdeil, 2013).

II. LES APPORTS THEORIQUES ET METHODOLOGIQUES DE LA THESE POUR L'EXAMEN DE LA TRANSITION ENERGETIQUE « BAS CARBONE » AU MAGHREB

L'adaptation du corpus théorique sur la transition énergétique à des temporalités maghrébines

Alors que la chronologie des deux transitions énergétiques majeures de l'histoire récente²⁹⁰ était bien connue s'agissant de l'Europe ou plus généralement du monde occidental (Smil, 2010), aucun travail n'attestait de la chronologie de ces transitions au Maghreb. En nous appuyant sur plusieurs travaux d'histoire économique et coloniale du Maghreb (Guiral, 1935 ; Perroux, 1962 ; Troin, Laurent, 1962 ; Dresch, 1963 ; Grosse, 1963 ; Lahbabi, 1963 ; Siksou, 1963 ; Buttoud, 1986), nous avons pu établir les grandes lignes de cette chronologie.

L'entre-deux guerres apparaît ainsi comme une période de pré-industrialisation du Maghreb, marquée par l'introduction tardive et progressive du charbon, importé ou extrait localement. Ce recours modeste au charbon est bientôt supplanté par les hydrocarbures, découverts au Maghreb à la fin des années 50, et permettant d'amorcer un processus d'électrification. Cette transition vers les énergies de stock entraîne des mutations profondes du modèle sociotechnique existant, dans un contexte où le processus d'industrialisation (modèle d'industries industrialisantes, modèle de substitution aux importations) est assisté par les États. Après les indépendances, une ère de croissance s'ouvre au Maghreb dans le cadre d'un système dominé par les hydrocarbures. Cette croissance est économique, urbaine, démographique, énergétique. La transition énergétique « bas carbone » qui s'amorce au début du 21^{ème} siècle, se manifeste ainsi dans un contexte de croissance soutenue.

Penser l'objet technique au sein d'un système relationnel : la pertinence d'une approche systémique

L'analyse systémique mise en œuvre dans notre travail nous a permis d'examiner plusieurs processus en interaction parmi lesquels l'intégration régionale de l'électricité et la

²⁹⁰ Passage d'un système énergétique fondé sur les énergies de flux -la biomasse- à un système basé majoritairement sur les énergies de stock -charbon puis pétrole- et émergence de l'électricité comme forme d'énergie.

transition énergétique « bas carbone ». Elle nous a amenés à mettre en lumière l'ensemble des interactions qui se structurent par et pour l'objet technique (infrastructure de réseau électrique et unité de production d'électricité à partir de l'énergie solaire). L'objet technique est ainsi considéré comme une interface relationnelle. Ces interactions peuvent être de nature économique, sociale ou politique. Cette approche nous a permis d'analyser de manière dynamique les jeux d'acteurs et les jeux d'échelles qui se construisent et se complexifient avec le déploiement spatial des technologies solaires et hybrides au Maghreb.

Une approche de l'intégration régionale par les réseaux

L'étude des dynamiques d'intégration régionale de l'électricité nous a conduits à articuler deux entrées souvent utilisées séparément dans la littérature : l'intégration régionale et le réseau. La nature spatiale, a priori intrinsèque au réseau, est reconnue et adoptée par de nombreux géographes (Sorre, 1954 ; Pinchemel, 1988 ; Claval, 1981, 1990 ; Dupuy, 1993 ; Brunet *et alii*, 2005 ; Levy, Lussault, 2006 ; Pecqueur, 2008). L'étude des réseaux est un champ relativement récent de la géographie économique (Benko, Lipietz, 1992 ; Offner, Puman, 1996 ; Moretti, Vacheret, 1999 ; Pecqueur, 2008). **En associant l'étude des réseaux à la problématique de l'intégration régionale, nous avons montré**, dans la lignée de Lévy et Lussault (2006), **que les réseaux permettent de structurer et de rapprocher les territoires d'un même espace régional**. Les réseaux techniques, tels que les interconnexions électriques transnationales, créent en effet des interdépendances et des solidarités territoriales, autant qu'ils marquent physiquement les territoires. **Ces réseaux techniques matériels peuvent être à l'origine d'interrelations entre acteurs, le plus souvent immatérielles**. Les réseaux d'acteurs renvoient notamment aux associations, aux institutions, aux entreprises et à leur potentiel relationnel (Bakis, Grasland, 1997 ; Offner, Puman, 1996 ; Cadoret, 2007).

Analyser le mode de déploiement des technologies solaires et hybrides : l'élaboration d'une grille de lecture commune aux trois pays retenus

Nous avons montré que les systèmes techniques centralisé ou décentralisé relèvent de logiques spatiales et organisationnelles différentes. Nos résultats ont été schématisés dans une **grille de lecture**. Ainsi, en fonction du mode de déploiement, l'unité électrique solaire ne s'inscrit pas de la même manière dans l'espace. Elle peut être spatialement « concentrée », « dispersée » ou « en îlot ». La grille de lecture, qui convoque des notions clefs de la géographie (localisation, paysage, contiguïté/dispersion, échelle ou mise à l'échelle), constitue dans notre travail un **outil de comparaison** des trois pays du Maghreb.

III. LIMITES ET PISTES DE LA RECHERCHE

Notre recherche présente des limites que nous avons identifiées et questionnées. Notre travail de recherche a fait émerger un certain nombre de problématiques que nous n'éclairons

pas toujours et qui peuvent, par ailleurs, constituer des perspectives pertinentes dans l'appréhension de la transition énergétique « bas carbone » au Maghreb.

Le laps de temps [2011-2016] dans lequel s'est inscrit notre étude sur la transition énergétique émergente au Maghreb représente d'entrée une limite face à des transitions énergétiques définies comme des processus de long terme. Si les réflexions proposées ont favorisé des mises en perspectives historiques, la formulation récente de politiques de développement des énergies au niveau national, qui s'accompagne de réformes législatives et réglementaires, ne constitue que la genèse de la transition énergétique « bas carbone » au Maghreb. Nous étions donc en mesure de ne dégager que des tendances récentes, qu'il nous est impossible de projeter au-delà de notre intervalle d'étude. Aussi, lorsque nous avançons l'idée d'une faible percée de l'initiative privée sur le segment de la production d'électricité par exemple, celle-ci doit être appréciée en prenant toute la mesure de cette limite temporelle.

L'élaboration de notre base de données qui répertorie les unités solaires et hybrides et surimposées au bâti au sol au Maghreb a dû considérer, en raison de la mise en service parfois très longue de certaines d'entre elles, les projets non encore réalisés. L'incertitude quant à l'aboutissement réel de ces projets constitue elle-aussi une limite indéniable. Il est donc difficile au milieu de la décennie 2010 de saisir et de comprendre l'ensemble des aspects que recouvrira l'entrée dans cette nouvelle phase de l'histoire longue de l'électricité au Maghreb avec le développement des énergies renouvelables. La construction récente des premières unités solaires au sol, par ailleurs, ne nous permettait guère de prétendre à une analyse évolutive et diachronique. Ce recul est nécessaire pour l'évaluation des impacts de ces infrastructures sur les territoires et les sociétés. La mesure de ces impacts, qui représente une perspective de recherche intéressante, peut porter sur le développement local des territoires d'implantation, les flux migratoires, l'emploi, les transferts technologiques, l'intégration industrielle locale, la perception et les empreintes paysagères. Notre recherche en offre seulement des préludes. Nous avons à notre disposition des données très incomplètes, parfois « anecdotiques » qui ne permettraient guère de validation scientifique définitive. L'analyse de l'intégration industrielle locale due à l'implantation des unités électriques solaires et hybrides permettrait par exemple de confirmer les mérites de la technologie CSP. Elle devra prendre en compte les emplois directs mais également indirects. À titre d'exemple, le programme Prosol'élec en Tunisie en 2009 a suscité un boom entrepreneurial avec la création d'une cinquantaine d'entreprises et l'agrément d'un millier d'installateurs (emplois indirects).

Le choix de l'énergie solaire, qui signifie dans le même temps l'exclusion des autres énergies renouvelables telles que l'éolien, la biomasse, la géothermie, et les énergies marines, réduit également la portée de notre analyse sur la transition énergétique « bas carbone ». Nous avons ponctuellement inclus l'éolien dans notre production cartographique, car elle fait partie du PSM et elle est la seule énergie renouvelable présente en 2016 au Maghreb en plus de

l'énergie solaire (l'exploitation des autres énergies renouvelables est au stade de l'étude). Sa prise en compte, notamment dans le cas du Maroc, pourrait modifier notre analyse des opérateurs-exploitants et des acteurs industriels.

Un travail comparatif de même nature pourrait être mené sur l'efficacité énergétique, qui est un des volets du PSM et qui est au centre de nombreuses initiatives euro-méditerranéennes (Med-enec II par exemple). L'efficacité énergétique constitue elle-aussi une véritable opportunité pour la concrétisation de la transition énergétique « bas carbone » au Maghreb.

Le choix des pays du Maghreb nous a permis d'observer un processus de transition énergétique émergente « par le haut ». Dans un contexte de faible décentralisation des pouvoirs, les politiques de développement des énergies renouvelables, et les projets qui les accompagnent, sont formalisés au plus niveau des États. Cependant, en Tunisie, des réformes ont été initiées suite à l'adoption, le 26 janvier 2014, de la nouvelle constitution de la République tunisienne. Un processus de décentralisation s'engage. Il serait dès lors intéressant d'étudier, à moyen terme, la manière dont les territoires locaux émergent et s'approprient les politiques énergétiques en Tunisie. Parmi les autres formes de politisation locale de la question énergétique au Maghreb, les associations de la société civile se multiplient dans ce domaine d'action (Association Tunisienne de Maîtrise de l'Énergie (A.Tu.M.E) ; Association pour la Promotion des Energies Renouvelables et du Développement Durable Bariq21 – Skikda en Algérie ; Association Eau et Energie pour Tous (ASEET) au Maroc). Il s'agirait ainsi de comprendre le rôle joué par ces associations dans la mise en œuvre de la transition énergétique « bas carbone » au Maghreb.

L'inscription du Maroc dans un cadre de plus en plus-panafricain²⁹¹ nous amène à penser que la transition énergétique « bas carbone » au Maghreb peut également être pensée au sein d'un cadre continental. Le Sommet Africain organisé le 16 novembre 2016 en marge de la COP-22 à l'initiative du Maroc, pays organisateur, en témoigne. Le Maroc souhaite développer une véritable expertise dans le domaine des énergies renouvelables à travers l'agence marocaine de l'énergie solaire (MASEN) qui souhaite devenir un interlocuteur expérimenté et incontournable dans le domaine de l'énergie solaire au niveau régional comme international.

Une étude sur la zone subsaharienne peut se révéler opportune. Le continent africain est effectivement un marché à investir, y compris sur le secteur émergent de l'énergie solaire. L'électrification du continent est un enjeu capital, et elle représente, aujourd'hui encore, un symbole de l'entrée des sociétés dans la modernité. En Afrique subsaharienne, la conjugaison

²⁹¹ Le Maroc a réintégré l'Union Africaine le 30 janvier 2017. La décision de réintégrer le Maroc intervient après plus d'une décennie d'offensive diplomatique sur le continent africain, portée par le roi Mohammed VI, lors de ces nombreuses tournées sur le continent. D'importants investissements et plusieurs accords de coopération ont été conclus.

d'un grand retard dans le développement économique et technologique et une très forte croissance démographique rendent illusoire la couverture électrique des territoires nationaux dans un délai raisonnable. La faiblesse du maillage du réseau électrique représente une opportunité pour la mise en œuvre d'un système technique décentralisé. Là-bas plus qu'ailleurs, le changement de paradigme est vital. La production décentralisée semble être davantage en mesure de répondre dans un délai acceptable aux défis de la lutte contre la pauvreté et pour le développement économique. De nouveaux modèles énergétiques sont à inventer, dans lesquels les énergies renouvelables joueront incontestablement un rôle important.

