

Chapitre 2

La transition énergétique : concept et outils d'analyse en géographie

La notion de « transition » s'est forgée à partir d'une réflexion sur l'évolution des systèmes. Elle renvoie au « *changement profond d'un système donné* » (Sanders, 2014, p. 9), qui évolue d'une configuration dominante à une autre. La transition énergétique se définit ainsi comme le passage d'un système énergétique dominant vers un autre système. La définition du système énergétique prend en compte les ressources énergétiques, la manière de les transformer (convertisseurs énergétiques) et la distribution des produits énergétiques finaux (Ma, 2012). L'analyse de la transition énergétique revient ainsi à étudier le changement, ainsi que les conditions de ce changement, qui conduit le système énergétique dominant à se transformer. Un système énergétique est un anthroposystème, fait par et pour les hommes, et se situe dans un contexte sociotechnique donné (Muxart, 2006). La transition d'un système énergétique peut ainsi entraîner des mutations dans le système sociotechnique en place. Selon Debeir *et alii* (2013), lorsqu'intervient une transition dans un système énergétique, deux types de processus peuvent s'opérer : ceux pour lesquels le « moment » écologique et technique prime et ceux pour lesquels le « moment » social, économique et politique est déterminant. Le plus souvent, c'est la succession des deux processus qui sous-tend le changement.

Le **chapitre 2** construit le cadre conceptuel de notre recherche, qui se nourrit des travaux des disciplines des Sciences Humaines et Sociales (SHS), et de la littérature sur les processus de transition au sein des systèmes sociotechniques, relevant notamment des *Innovations Studies*. La première partie replace les transitions énergétiques dans un temps long afin de définir la période actuelle comme celle d'une transition énergétique nouvelle et de témoigner de l'opérabilité du concept. Elle met en évidence deux transitions énergétiques majeures ayant entraîné des mutations profondes au sein des systèmes sociotechniques en place (I). La deuxième partie cherche à démontrer la pertinence de l'approche systémique et multidimensionnelle dans l'analyse de la transition énergétique. Elle révèle que la conception de la transition énergétique émergente et des mutations qu'elles « doit » induire fait émerger deux courants de pensée dans le débat interdisciplinaire. L'appropriation du concept par plusieurs disciplines confère au concept une grande polysémie. (II). La troisième partie s'intéresse à la mise en œuvre de la transition énergétique « bas carbone ». Elle révèle les méthodes et outils dont disposent les SHS et la géographie pour procéder à la lecture de ce processus (III).

I- Une approche historique de la transition énergétique.

La nécessité de caractériser la période actuelle comme celle d'une transition énergétique émergente et de démontrer l'opérabilité du concept nous a conduit, à partir d'une approche historique, à convoquer les travaux sur les transitions énergétiques passées, notamment issus du monde anglosaxon. Cette analyse différencie deux transitions énergétiques majeures dans l'histoire (A). Nous adaptons ces cadres théoriques au cas maghrébin en remplaçant les deux transitions majeures dans des temporalités maghrébines, nous détachant ainsi du prisme européen (B).

A- Les transitions énergétiques dans l'Histoire.

Il n'existe pas de définition consensuelle (Sanders, 2014) de la notion de transition. Cette dernière renvoie le plus souvent au passage d'un état initial à un autre état. La transition d'un système suit généralement une trajectoire faite de fluctuations autour d'une tendance vers une autre tendance. La question est alors de comprendre ce qui conduit une trajectoire vers cette autre tendance (Scheffer *et alii*, 2012). La plupart des auteurs réfléchissent sur deux types de transition : celles qui résultent d'une perturbation exogène et celles qui découlent d'interactions endogènes au système (Sanders, 2014). Cette définition peut s'appliquer au système énergétique. Ainsi, la transition énergétique renvoie au passage d'un système énergétique à un autre, et à l'étude des mutations qu'implique ce passage. Autrement dit, l'étude de la transition énergétique correspond à l'analyse des mutations du système énergétique. La majorité des travaux sur les transitions y associent un jeu de temporalités (Sanders, 2014). Les travaux qui portent plus spécifiquement sur les transitions énergétiques réinscrivent, en effet, le processus dans un temps long car « *historical energy transitions have taken many decades, even above a century to unfold* » (Grübler, 2012, p. 11).

La recherche académique dans ce domaine se concentre beaucoup sur les changements significatifs des différentes énergies primaires dans le(s) bilan(s) énergétique(s), avec le passage du bois vers le charbon au cours du 19^{ème} siècle par exemple, mais également sur les changements autour du rôle des technologies de conversion.

Les historiens, et notamment ceux issus de l'histoire des techniques dans le monde anglo-saxon, ont multiplié les travaux sur les transitions énergétiques passées. Parmi les théoriciens, nombreux sont ceux qui s'accordent à dire qu'il n'y a pas une mais plusieurs transitions énergétiques dans l'Histoire. Les théories exposées apportent une consistance historique au concept. L'historicité de la notion permet de fournir une expérience pour le présent sur les choix effectués par le passé. Toutefois, la périodisation proposée dans le cadre de ces travaux n'englobe pas ou ne tient pas suffisamment compte, selon nous, des Pays Émergents et des Suds (PES). Melosi³⁵ (2006) propose, par exemple, une périodisation

³⁵ Melosi est Professeur d'histoire et directeur du *Center of Public History* à l'Université de Houston (Etats-Unis).

(discutable) des transitions énergétiques passées, valable pour un espace donné, les Pays du Nord (PN). Le passage d'un système énergétique à un autre correspond, chez Melosi, à la substitution d'une ressource dominante par une autre.

Smil³⁶ (2010) différencie les transitions énergétiques dans l'histoire en se focalisant sur les trois dimensions du système énergétique, à savoir (i) les ressources énergétiques primaires, (ii) leur transformation à partir de forces motrices – appelées *prime movers* – et (iii) leurs usages. Ce triptyque se retrouve dans l'ouvrage de Rifkin (2011), plus connu mais historiquement moins profond et analytiquement moins rigoureux (De Perthuis, 2013). Smil (2010) distingue dans son ouvrage cinq transitions énergétiques : (i) la domestication du feu ; (ii) la traction animale (amorcée par les sumériens) ; (iii) l'utilisation massive du charbon (successive à la Première révolution industrielle) ; (iv) la domestication de l'électricité ; (v) l'affranchissement de la dépendance du système énergétique aux énergies fossiles grâce à l'émergence d'un système énergétique bas carbone³⁷. Parmi ces cinq transitions énergétiques, Smil discerne, toutefois, deux transitions majeures (*two fundamental transitions*) :

- [1] La première correspondant au passage de la biomasse aux énergies fossiles. Sur le plan des convertisseurs énergétiques, cette transition s'accompagne du passage de forces motrices animées (*animate prime movers*), telles que la force motrice humaine, à des forces motrices inanimées (*inanimate prime movers*).
- [2] La seconde transition énergétique majeure renvoie à l'émergence de l'électricité comme forme d'énergie de meilleure qualité.

Ces transitions énergétiques majeures « *can be traced on scales ranging from local to global* » (Smil, 2010, p. 7). Elles se sont d'abord diffusées localement pour devenir des phénomènes globaux. Smil qualifie la période qui précède la première transition énergétique majeure comme une ère préindustrielle. Cette transition coïncide avec un processus historique fondamental : l'âge industriel qui est « *en réalité une révolution énergétique* » (Mérenne-Schoumaker, 2007a, p. 11), supportée par une série d'innovations technologiques, presque simultanées (Debeir *et alii*, 1986, 2013 ; Gras, 2007 ; Edelblutte, 2009 ; Fouquet, 2010). Cette transition, qui correspond à la Première révolution industrielle, débute dans les Îles Britanniques au milieu du 18^{ème} siècle, puis se diffuse, au tournant du 19^{ème} siècle, dans quelques pays européens, parmi lesquels les Pays-Bas, la Belgique, la France et l'Allemagne, avant d'atteindre les États-Unis et le Japon. Le recours à la machine à vapeur³⁸ qui repose sur une source d'énergie dominante, le charbon, a en effet multiplié les forces énergétiques, qui sont alors 20 à 30 fois supérieures à celles fournies par le vent, l'eau courante ou encore la traction animale. Cette

³⁶ Smil est Professeur émérite à l'Université de Manitoba (Canada), membre de la Société Royale du Canada (Académie des Sciences).

³⁷ Dans son ouvrage "Energy at the Crossroads" (2003), Smil avance que les ressources énergétiques et techniques de conversion établies depuis des décennies continueront de dominer les marchés durant les deux premières décennies du 21^{ème} siècle.

³⁸ Mise au point par James Watt en 1780.

transition énergétique majeure marque le passage d'un système agro-énergétique fondé sur des énergies de flux, de faible densité énergétique à un système thermo-énergétique dominant fondé sur des énergies de stock, de forte densité énergétique (Debeir *et alii*, 1986, 2013).

En 1829, la locomotive à vapeur est inventée, suivie vers 1830-1840 par le bateau à vapeur. Ils révolutionnent le monde des transports et de l'industrie (Mérenne-Schoumaker, 2007a). Les nouveaux convertisseurs énergétiques (dont les *inanimate primes movers* (Smil, 2010)), les infrastructures de transport ainsi que l'économie industrielle (extraction minière, industries de transformation, etc) reposent progressivement sur la filière charbonnière (Fouquet, 2008 ; Smil, 2010 ; Debeir *et alii*, 2013), qui finit par supplanter le bois, durant la Première Guerre Mondiale.

Cette révolution industrielle bouleversa les paysages, les structures sociales et économiques de l'époque, en favorisant largement l'essor du mouvement ouvrier moderne, dont elle fut sans conteste un facteur structurant (Debeir *et alii*, 2013). On assiste ainsi à la mutation d'une société rurale et proto-industrielle en une société urbaine et industrielle. En effet, les activités industrielles ont commencé à se concentrer à proximité des sources d'énergie, très localisées, engendrant un essor urbain des territoires qui en sont pourvus (Brücher, 2009 ; Bridge *et alii*, 2013). Ces évolutions bouleversent profondément la relation homme/nature, en même temps qu'elles modifient les représentations du temps et de l'espace (Mérenne-Schoumaker, 2007a). L'énergie s'impose comme un facteur fondamental du développement socio-économique des pays. Le rapport entre développement et industrialisation se renforce véritablement au moment de ces révolutions industrielles (Fouquet, 2008 ; Carbonnier, Grinevald, 2011). Cette transition énergétique entraîne des mutations profondes du système sociotechnique de l'époque.

L'invention de la dynamo par Gramme, en 1869, grâce à laquelle il est possible de produire du courant continu et celle du premier alternateur (1873) qui, couplé à une turbine hydraulique, est capable de fournir du courant alternatif, permettent le développement de l'électricité (Mérenne-Schoumaker, 2007a). Il s'agit pour Smil (2010) de la seconde transition énergétique majeure. Elle repose sur une grappe d'innovations qui apparaissent toutes durant les deux dernières décennies du 19^{ème} siècle et qui permettent de domestiquer l'électricité (production, transport, usages dans l'éclairage puis dans l'industrie). La diffusion de ces techniques nouvelles est à l'origine de vagues de croissance successives durant le 20^{ème} siècle. La baisse des prix rend possible le recours massif aux nouveaux biens et services (ampoule électrique, par exemple). Leur abondance bouscule les modes de vie d'alors et crée les conditions de la consommation de masse. L'énergie fut, avec le progrès technique et l'innovation, le moteur essentiel de l'industrialisation et plus largement du développement. Ces deux vagues d'industrialisation ont ainsi eu des conséquences qui dépassent le seul domaine de

l'industrie. Elles ont été, effectivement, pour les pays concernés, économiques, sociales, spatiales et mêmes culturelles.

Suivant les pays et régions du monde, le processus d'industrialisation n'a pas débuté aux 18^{ème} et 19^{ème} siècles, ne s'est pas déroulé sur la même durée, ne repose pas toujours sur la même ressource énergétique et n'est pas de la même ampleur. Grübler (1998 ; 2004), à la différence de nombreux travaux portant sur les transitions énergétiques passées, prend en compte les différences pouvant exister entre les territoires – Où (*Where*) – et les temporalités – Quand (*When*). Selon Grübler, les caractéristiques quantitatives et qualitatives inhérentes à chaque transition énergétique sont fondamentales dans leur appréhension. Ainsi, Grübler³⁹ (1998 ; 2004) étudie le passage d'un système énergétique à un autre en termes de quantité, de qualité et de structure de l'utilisation finale de l'énergie. Grübler (1998) désigne alors cinq transitions énergétiques principales dans l'Histoire, qu'il ne périodise pas, ce qui leur confère une dimension plus universelle : (i) le passage d'une énergie non commerciale à une énergie commerciale ; (ii) le passage des énergies renouvelables aux énergies fossiles qui s'accompagne d'un processus d'urbanisation ; (iii) le passage d'une faible consommation d'énergie à une forte consommation d'énergie ; et (iv) la décarbonisation. Dans ses travaux, Grübler (2004) distingue les PN des PES. Il analyse, par exemple, la consommation mondiale d'énergie par habitant et situe son décollage (*take-off*) autour de 1850 pour les PN et de 1975 pour les PES. Il évoque ensuite une phase de stagnation à partir de 1975 (*Plateau*) pour les PN et explique qu'elle n'a pas encore eu lieu dans les PES. « *These historical differences are explained by the nature of the industrialization process* » (Wilson, Grübler, 2011, p. 171).

B- Les transitions énergétiques dans l'Histoire au Maghreb.

1- Préindustrialisation et industrialisation au Maghreb.

Pendant la période coloniale en Algérie [1830-1962] et de Protectorat en Tunisie [1884-1956] et au Maroc [1912-1956], trois quarts de la population sont des ruraux et le Maghreb présente de manière généralisée une faiblesse du revenu national et un retard de développement économique. L'énergie consommée est alors essentiellement issue de la biomasse (Dresch, 1963). Durant la période de l'entre-deux-guerres, cependant, la croissance économique de la métropole se répercute sur ses colonies. Le Maghreb entre dans une aire de préindustrialisation qui repose sur une énergie nouvelle, importée ou extraite, le charbon. À la différence des pays d'Europe du Nord, la préindustrialisation au Maghreb repose en partie sur des énergies de stock. Les matières premières maghrébines d'origine agricole ou minières étaient pour la plupart exportées. Les industries de transformation ne se sont développées que lentement, notamment parce qu'elles ne concurrençaient guère les industries métropolitaines. Leur développement

³⁹ Arnulf Grübler est Professeur dans le domaine des technologies énergétiques à l'Université de Yale (Etats-Unis) au sein du Département des études sur la Forêt et l'Environnement. Il a dirigé des études prospectives auprès du Conseil Mondial de l'Energie et du Groupe d'Experts Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat.

s'est accéléré avec la Seconde Guerre mondiale, car elles répondaient à une nécessité face à la pénurie provoquée par la rupture des relations avec la France lors de l'occupation allemande (Dresch, 1963).

Les ressources minières ont été prioritairement recherchées et exploitées, car elles pouvaient mieux répondre aux besoins des industries métropolitaines, notamment en Algérie et en Tunisie. Des gisements intéressants pour le marché métropolitain ont été plus ou moins bien équipés, tels que les gisements de phosphate et de fer. Ce type de matières premières a été encore moins transformé que les matières premières agricoles. Ainsi, le fer mais aussi le plomb, le zinc ou le cuivre produits au Maghreb sont exportés pratiquement à l'état brut, bien qu'il existe des fonderies de plomb en Tunisie et au Maroc. Le fer exporté constitue l'une des plus abondantes ressources des pays de la région. Bien que des projets d'industries métallurgiques aient été envisagés, aucun n'a été concrétisé. Parmi les matières premières agricoles exportées, la Tunisie exportait de l'huile d'olive, tandis que l'Algérie et le Maroc ne parvenaient pas à satisfaire leurs propres besoins pour cette production. Dans les montagnes marocaines et algériennes (Rif, Kabylie) en bordure de la Méditerranée, les olives étaient encore travaillées dans des moulins et des pressoirs semblables à ceux de l'époque romaine (Dresch, 1963). Cette période de préindustrialisation repose davantage sur une exploitation métropolitaine des ressources primaires que sur une industrialisation réelle, qui reposerait notamment sur des industries de transformation. À l'époque coloniale et du protectorat, des industries de transformations (industries de transformation des céréales, semouleries, usines à pâtes alimentaires, etc), ont été tout de même créées. Mais, ce sont des entreprises peu importantes et, les petits moulins familiaux restent encore très utilisés dans le monde rural, largement majoritaire.

Par ailleurs, le Maghreb reste importateur de tissus et de vêtements, car sa production de laine et de coton est très insuffisante. Alors qu'elles apparaissent en premier dans les Pays Émergents et des Suds (PES), au Maghreb, les industries textiles sont faiblement développées, notamment en raison du manque de matières premières. Si au Maroc, plusieurs industries textiles ont été construites et certaines bien équipées, ces dernières ont du mal à se maintenir et ne couvrent pas les besoins du pays. En Tunisie, une industrie textile s'est néanmoins maintenue longtemps, celle du Sahel de Sousse. En Algérie, seules les industries d'Oran et de Tlemcen ont pu être conservées, mais elles sont en partie artisanales et utilisent des matières premières importées (fibranne de Lyon, rayonne ou tergal importés de France, Laine importée de Nouvelle-Zélande et d'Argentine) (Dresch, 1963).

Dans le domaine de l'énergie, le système énergétique maghrébin se superposait au système agroforestier. Le recours massif au bois s'explique notamment par une grande proportion d'activités rurales (Buttoud, 1986). Les populations en disposaient directement en brûlant le bois ou toute autre matière ligneuse pour se chauffer et cuire leurs aliments. Certaines

centrales électriques fonctionnaient même au gaz pauvre fourni par le bois. La production d'électricité, par ailleurs, fut possible dans les petites agglomérations par le recours aux moulins à eau (Dresch, 1963), puis par l'importation et l'exploitation d'une ressource qui s'est imposée progressivement, le charbon. Avant la découverte, au milieu des années 1950, des hydrocarbures liquides et gazeux du Sahara, les ressources locales restent très limitées au Maghreb, et se résument à un peu d'énergie hydraulique et à du charbon de mauvaise qualité extrait des houillères dont l'extraction est difficile et très coûteuse, dans le Sud oranais par exemple (Berthonnet, 2002).

Les importations de charbon pour l'ensemble des pays du Maghreb à la fin des années 1930 sont de l'ordre de 4 millions de tonnes fournies par l'étranger. A titre de comparaison, la France consomme à la même période 64 millions de tonnes de charbon. Des études ont été menées afin d'exploiter le charbon nord-africain. Si la Tunisie a quelque peu déçu, ce fut moins le cas de l'Algérie qui, avec le gisement de Kenazda (aujourd'hui Béchar), exploité par la Clé des Chemins de fer, fournissait, en 1931, 26 000 tonnes de charbon gras, et du Maroc, grâce au gisement de Jerada⁴⁰, près de la frontière algérienne, avec une quantité à peu près équivalente mais de qualité supérieure, en fournissant de l'antracite (Guiral, 1935).

Mais, il faut attendre la découverte des hydrocarbures, à la fin des années 1950, pour assister au passage d'un système énergétique où les énergies de flux dominant, essentiellement la biomasse, à un système énergétique où ce sont les énergies de stock qui sont majoritairement consommées. Cette transition énergétique vers les énergies de stock se superpose quasiment suivant les mêmes temporalités à une autre transition majeure (Smil, 2010), la diffusion de l'électricité. A cette période, *« les découvertes des sources d'énergie [...], permettent déjà d'abandonner définitivement l'hypothèque de base qui pesait sur le développement économique du Maghreb, à savoir la rareté, la cherté de l'énergie sous sa forme moderne : le kilo watt/heure »* (Lahbabi, 1963, p. 158). Une deuxième transition énergétique majeure s'amorce avec la diffusion de l'électricité (Smil, 2010). Très tôt, et ce phénomène ne se limite pas au Maghreb, les filières électrique, pétrolière et gazière commencent à se substituer au charbon. Elles emploient peu de main d'œuvre et leur coefficient énergétique est supérieur : 1 tonne de pétrole équivaut en moyenne à 1,5 tonne de charbon (Debeir *et alii*, 2013). La part du charbon déjà peu importante va en diminuant. Les Houillères du Sud Oranais, par exemple, végètent. Alors qu'en 1953 elles extrayaient annuellement 294 000 tonnes, dix ans après, en 1963, la production tombe à 115 147 tonnes, soit près de trois fois moins (Troin, Laurent, 1962).

Parallèlement, les activités pétrolières n'ont pas cessé de prendre de l'importance et la part des hydrocarbures en Algérie et en Tunisie a atteint, en 1959, 89,1 % de la consommation

⁴⁰ Une centrale thermique fonctionne actuellement à Jerada, près de l'ancienne mine de charbon, à Hassi Blal. Le combustible utilisé est du charbon importé de l'étranger qui transite par voie de chemin de fer entre le port de Nador et l'ancienne mine de charbon. Cette voie de chemin de fer fut construite durant la période du protectorat.

énergétique contre 5,8 % pour le charbon. En Tunisie cependant, la dépendance à l'égard des importations n'a guère été allégée par les productions nationales d'électricité et de gaz démarrées depuis 1955. Elle ne concerne simplement plus la même source d'énergie, le charbon ayant été remplacé par le pétrole. Les conséquences de ces importations sur les prix et le coût des infrastructures mécaniques et électriques sont pesantes (Grosse, 1963). C'est aussi le cas du Maroc, qui, ne disposant pas de gisements d'hydrocarbures, est contraint de s'approvisionner sur les marchés extérieurs. La consommation en bois du Maroc diminue, par ailleurs. En effet, les évaluations de la consommation marocaine du bois fournies par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), qui s'établissaient jusqu'à la fin des années 1960 à hauteur de 2 ou 2,5 millions de m³ E.B.R. (volume Equivalent-Bois-Rond) par an, ont diminué au début des années 1970 jusqu'à un niveau moyen compris entre 0,5 et 1,5 millions de m³ E.B.R (Buttoud, 1986). Au Maghreb, comme dans de nombreux PES, « [la transition énergétique] reproduit en quelques décennies, une transformation qui a pris plus d'un siècle dans les pays riches, pour passer d'un système énergétique basé sur l'usage majoritaire de la biomasse à un autre où prédomine le charbon ». Cette transition énergétique « vise avant tout à assurer les approvisionnements nécessaires pour répondre aux besoins de l'industrialisation et à la demande massive des ménages dont une fraction croissante aspire aux normes des classes moyennes des pays riches, tant en matière de logement que de mobilité » (De Perthuis, 2013, p. 5).

Les pays arabes, et en premier lieu les pays producteurs comme l'Algérie et dans une moindre mesure la Tunisie au Maghreb, font reposer le processus d'industrialisation sur l'exploitation du pétrole et du gaz. En Algérie, les caractéristiques spécifiques de la ressource (épuisabilité) combinées à la rareté des ressources humaines du pays confèrent au processus d'industrialisation, qui repose sur la valorisation des hydrocarbures, une spécificité par rapport à d'autres expériences historiques (Siksou, 1963). Au Sud de la Méditerranée, les opportunités économiques se renforcent essentiellement grâce aux ressources en pétrole des pays (Petit-Laurent, 1976). En plus des extractions pétrolières et gazières, les hydrocarbures et plus particulièrement le gaz, servent au départ de matière première de base de la pétrochimie (Lahbabi, 1963). Grâce à la révolution des transports, fondée sur l'électricité et le pétrole, les pays du Maghreb ne sont plus écartés du processus de développement économique (Petit-Laurent, 1976).

Dans les trois pays, qui accèdent à l'indépendance en 1956 (Tunisie, Maroc) et en 1962 (Algérie), l'industrialisation s'affirme comme le moyen le plus rapide pour sortir du sous-développement (Dlala, 1994). Alors que de nombreux territoires d'Europe occidentale subissent successivement, dans les années 1970, un processus de désindustrialisation violent qui s'ouvre sur un processus de tertiairisation croissante de leur économie (Daumalin, Mioche, 2013), les pays du Maghreb planifient leur modèle d'industrialisation. L'industrie est considérée par les responsables politiques comme un moteur de développement et en constitue souvent la vitrine

(Côte, 1997). Le Maghreb présente toutefois deux modèles fortement opposés, le Maroc et la Tunisie ayant opté pour une industrialisation de substitution aux importations, dans le cadre d'une économie libérale encadrée par l'État, et l'Algérie pour le modèle d'industrie industrialisante (Destanne de Bernis, 1971), dans le cadre d'une économie socialisante. Par ailleurs, « *Au Sud de la Méditerranée, l'industrialisation a progressé à la faveur du choc pétrolier* » (Daviet, 1997, p.3).

Au Maghreb comme ailleurs, le processus d'industrialisation qui s'appuie sur le recours massif aux hydrocarbures ne doit pas être assimilé à une simple juxtaposition d'industries. En effet, il implique avant tout la mutation, souvent profonde, de l'ensemble des structures économiques et sociales ainsi que des réalités sociales, sous l'influence de leviers industriels (Perroux, 1962). Les pays du Maghreb sont ainsi entrés dans une ère de croissance soutenue.

2- Engager une transition énergétique « bas carbone » dans un contexte de croissance soutenue.

Entre 1965 et 2015, le taux de croissance annuel moyen du PIB⁴¹ de la région du Maghreb est élevé, à l'instar de nombreuses régions en développement, avec 4,3 % (4,6 % pour le Maroc ; 4,5 % pour l'Algérie ; 3,9 % pour la Tunisie). Cette croissance économique s'accompagne d'une explosion de la population qui entre 1960 et 2015 connaît une croissance annuelle de 3 % (3,5 % en Algérie, 2,8 % au Maroc, 2,6 % en Tunisie)⁴². Les pays du Maghreb ont entamé leur transition démographique à la fin des années 1940. La première phase de cette transition s'est déroulée sur près de cinq décennies pour l'Algérie et le Maroc, et un peu moins pour la Tunisie qui a connu la première une baisse du taux de fécondité. Au début des années 1950, les taux de mortalité dans les pays du Maghreb avoisinent les 15 ‰ ; alors que la natalité est proche de 45 ‰ (entre 7 et 8 enfants par femme), ce qui donne des taux de croissance (accroissement naturel) supérieurs à 30 ‰. Cette tendance explique l'explosion démographique que connaît la région après les indépendances. Les pays du Maghreb sont entrés dans la seconde phase de la transition démographique dans les années 1980 et 1990 et sont en voie de la terminer (Kateb, 2003).

À cette période, l'industrialisation et le développement économique entraînent également un mouvement d'urbanisation, avec un exode des campagnes vers les villes. Le fait urbain est un indicateur essentiel des mutations en cours au Maghreb. En quelques décennies, l'urbanisation a été très forte, rapide, parfois brutale, affectant les modes de vie et modifiant les structures sociales. Alors qu'elle est elle-même le résultat de transformations sociétales et économiques (Belguidoum *et alii*, 2015), l'urbanisation va également affecter le système sociotechnique en place. En 1950, près d'un quart des habitants vivaient en milieu urbain. Des

⁴¹ (en \$ constants en 2005). Source : Banque Mondiale – 2015.

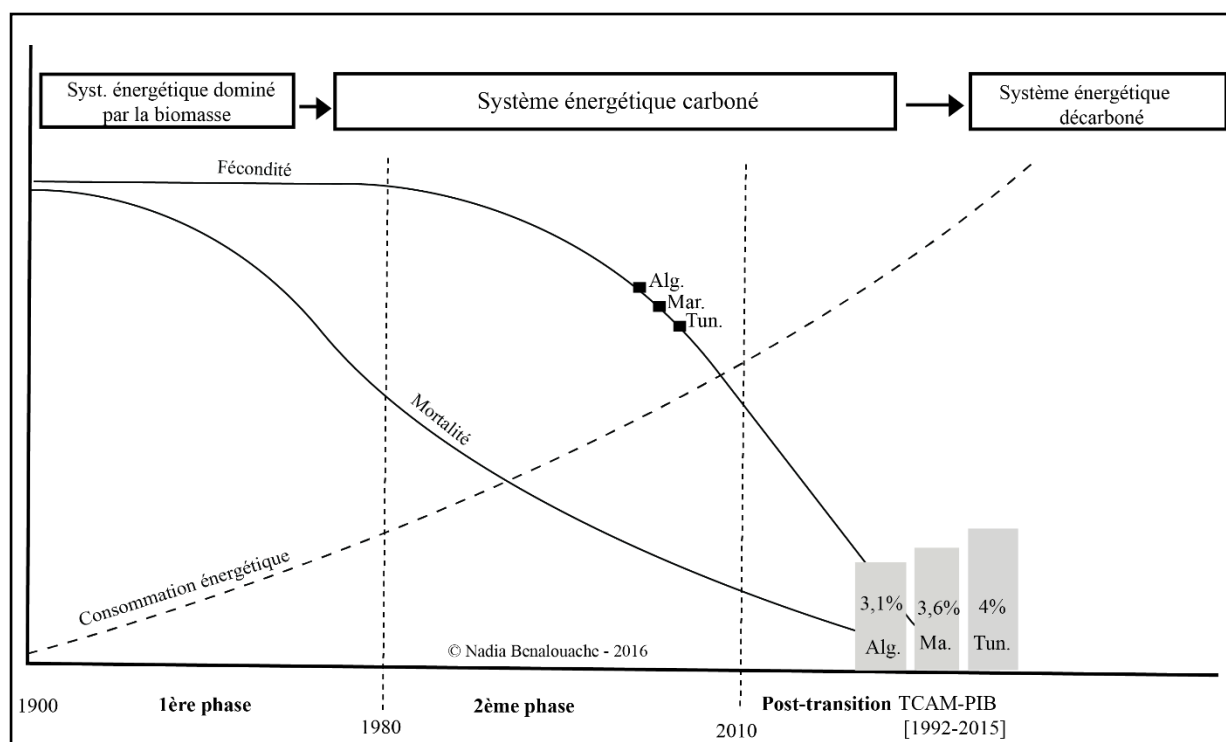
⁴² Source : *ibid*.

variations de la proportion de la population urbaine dans les trois pays maghrébins existaient (22 % en Algérie ; 31 % en Tunisie). En l’espace d’un demi-siècle, le taux de la population urbaine a été multipliée par trois [cf. tableau 2]. Cette urbanisation, galopante, est toutefois, tardive (il faut attendre 1980 en Tunisie pour que la population urbaine dépasse la population rurale, 1988 en Algérie et 1993 au Maroc), et inachevée.

	1950	1955	1965	1975	1985	1995	2005	2015
Taux d’urbanisation	24,5 %	37,9 %	35,4 %	40,2 %	45,5 %	56,4 %	61,3 %	65,9 %

© Nadia Benalouache – 2016 / Bairoch (2008) & Banque Mondiale – 2016

Tableau 2 – Évolution du taux d’urbanisation au Maghreb entre 1950 et 2015 (en %)



La croissance économique au Maghreb, conjuguée à l’augmentation de la population et aux besoins croissants des villes, contribuent à une augmentation de la demande en énergie. La consommation d’énergie depuis 1970 a déjà été multipliée par quatre, avec des variabilités significatives entre les trois pays (par 3 en Tunisie, 3,3 au Maroc et 5,8 en Algérie)⁴³. C’est dans ce contexte de croissance soutenue et carbonée que s’inscrit la transition énergétique « bas carbone » [cf. figure 11].

Les transitions énergétiques majeures définies par Smil (2010) reposent au Maghreb sur une ressource énergétique majeure : les hydrocarbures. Elles ont entraîné des mutations d’ampleur dans les systèmes sociotechniques en place. Les systèmes sociotechniques sont des

⁴³ Source : *ibid.*

« dispositifs relativement stables associant des éléments matériels (infrastructures, équipements), des acteurs sociaux [...], des cadres réglementaires, des normes, mais aussi des valeurs et des représentations intériorisées par les différents acteurs » (Jaglin, Verdeil, 2013, p. 9).

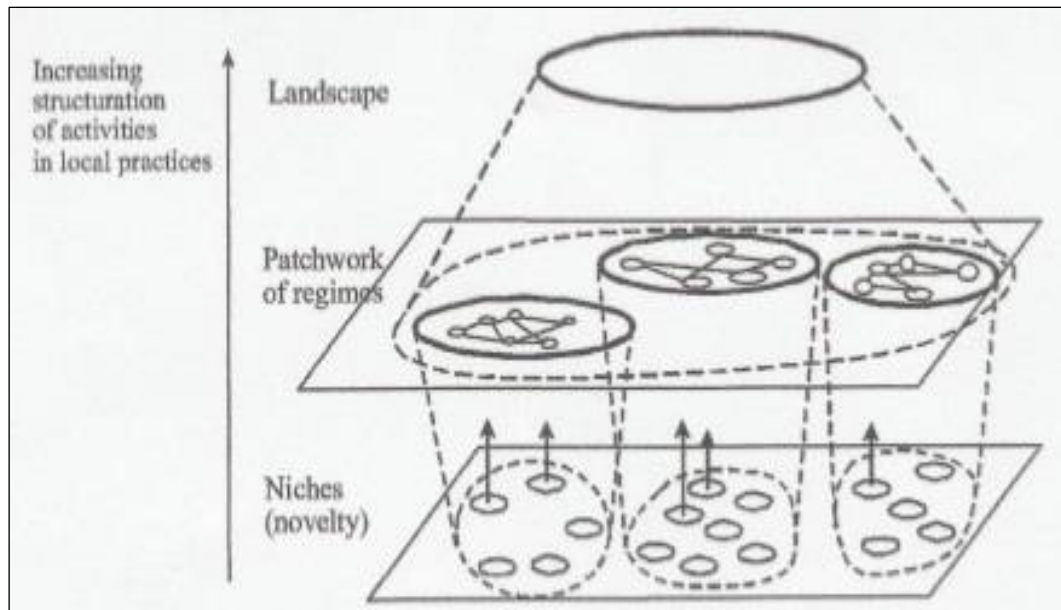
II- La conceptualisation de la transition énergétique : pertinence d'une approche systémique et multidimensionnelle.

Les études sur les mutations qui s'opèrent au sein des systèmes sociotechniques lors des processus de transition s'appuient généralement sur un outil analytique, le *Multi-Level Perspective* (MLP). En partant du modèle élaboré par Geels (2002), dans lequel différents « niveaux » s'imbriquent au sein d'un système, nous montrons que les processus de transition sont graduels et qu'ils s'inscrivent sur un temps long (A). Les conceptions de la transition énergétique « bas carbone » et des mutations qu'elle est en mesure d'induire font ressortir deux courants de pensée opposés au sein du monde académique. La fracture tient à la place donnée au déterminant technologique (B). L'appropriation du concept de transition énergétique par les différentes disciplines scientifiques révèle une grande polysémie. Les SHS confèrent à son étude une entrée supplémentaire en se saisissant des multiples dimensions du processus (C).

A- L'analyse des mutations dans les processus de transition : le cas du MLP.

Pour étudier les mutations qui interviennent lors des processus de transition, la plupart des travaux se réfère aux transitions passées (Kemp *et alii*, 1998 ; Rotmans *et alii*, 2001 ; Kemp, Rotmans, 2004 ; Verbong, Geels, 2007 ; Van den Bergh *et alii*, 2011 ; Grin, 2012). Ces travaux portent notamment sur les *sustainable transitions* ou *management transitions* qu'ils inscrivent dans un système sociotechnique plus vaste. La question des phases de changement dans le système sociotechnique a en effet été posée dans le cadre de travaux de recherche relevant majoritairement des *Science, Technology and Society* (STS), des *Innovations Studies* et de l'*History of Technology*. Ils procèdent à la modélisation des mécanismes de transition, à l'image des études de Kemp *et alii* (1998), de Elzen *et alii* (2004) ou encore de Geels⁴⁴ (2002, 2005a, 2005b, 2005c). Ces travaux « insistent sur l'idée de processus de changement multidimensionnels (relatifs aux technologies, aux marchés, aux industries, aux politiques mais aussi aux valeurs et [aux] comportements » (Jaglin et Verdeil, 2013, p. 8). Ils s'appuient généralement sur un outil d'analyse, le MLP, grille de lecture des mécanismes à partir desquels une innovation émerge, se substitue, transforme et reconfigure le système sociotechnique en place (Geels, 2011). Il réintègre, pour ce faire, « le contenu social et historique des règles structurant le milieu » (Bainée, 2013, p.23).

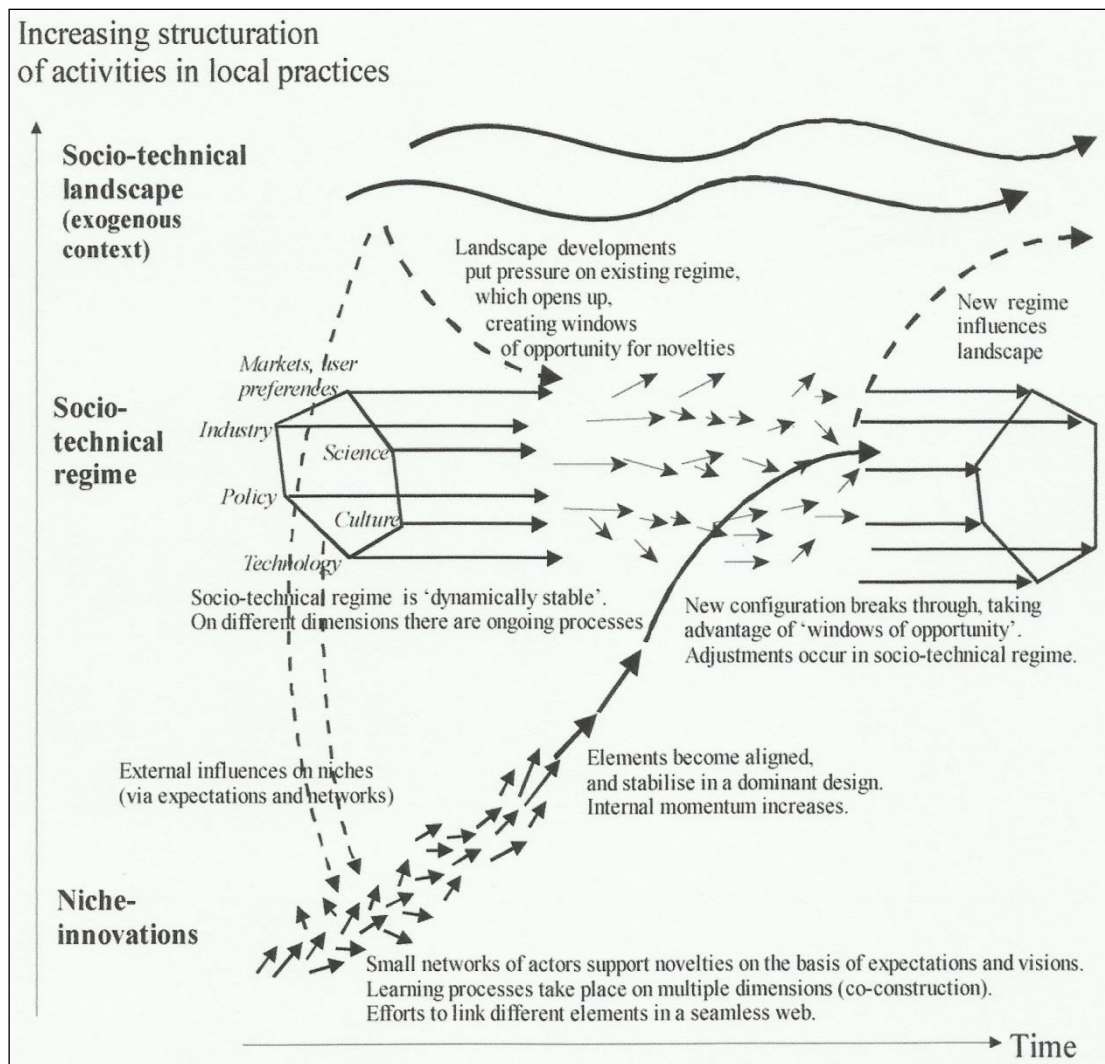
⁴⁴ Geels adopte une démarche historique et une approche évolutionniste (Geels, 2005b).



Geels (2005c)

Figure 12 – Les trois niveaux du MLP

Le modèle du MLP propose une organisation des univers sociotechniques en trois niveaux : niches, régimes, landscape : Le niveau « niches » (*micro-level*) est constitué de niches technologiques qui sont des lieux d'innovation. Ces technologies sont différentes de celles qui façonnent les systèmes sociotechniques dominants. Elles sont placées à l'abri de la pression des marchés. « *In niches, social networks are less extensive, less stable, expectations more fragile, and learning process are less institutionalised than in regimes* » (Raven *et alii*, 2012, p. 64). Le niveau « régimes » (*meso-level*) est formé de l'ensemble des composantes qui constituent le régime sociotechnique dominant, de nature paradigmatique. Le MLP situe l'avènement du changement à ce niveau intermédiaire, c'est-à-dire au moment où des mécanismes de déstabilisations contribuent à entraîner des mises en concurrence et des processus de sélection des innovations (Geels, Schot, 2007 ; Raven *et alii*, 2012 ; Jaglin, Verdeil, 2013). Ces niches technologiques jouent un rôle dans la déstabilisation du régime sociotechnique dominant car elles affectent les processus d'apprentissage existants. Le niveau « landscape » – macro-level – correspond au milieu (ou à l'environnement au sens large), qui impactent les évolutions du régime sociotechnique dominant. Il se présente comme un meta-système sociotechnique exogène (Jaglin, Verdeil, 2013). Ces trois niveaux sont imbriqués et interdépendants (Geels, 2005c) [cf. figure 12]. L'imbrication de ces niveaux offre aux systèmes sociotechniques une stabilité et une capacité de résistance au changement (Jaglin, Verdeil, 2013).



Geels et Schot (2007)

Figure 13 – Le modèle du MLP

Dans le modèle du MLP, quatre étapes dans les processus de transitions sociotechniques se succèdent [cf. figure 13]. Au cours de la première étape, des innovations technologiques émergent au niveau micro. Puis, au cours de la deuxième étape, les innovations technologiques trouvent leurs premiers débouchés sur des marchés de niche jusqu'à ce que différents groupes se les approprient, au travers de nouveaux usages. Dans l'étape suivante, ces innovations technologiques entrent en concurrence avec le régime sociotechnique dominant et s'y substituent lorsque ce dernier subit des pressions internes mais également des pressions externes provenant du niveau macro, qui correspond à méta-système sociotechnique exogène (*landscape*). Au cours de la quatrième et dernière phase, ces nouvelles technologies remplacent les technologies alors dominantes, en appuyant la mise en place progressive d'un nouveau régime sociotechnique. Cette modélisation des transitions sociotechniques permet de mettre en évidence quatre aspects fondamentaux : (i) de multiples mutations et co-évolutions dans le système sociotechnique dominant ; (ii) de multiples interactions entre les acteurs de ce système sociotechnique dominant et ceux des systèmes sociotechniques mineurs ; (iii) des ruptures

technologiques majeures dont la diffusion est lente ; et (iv) des transitions inscrites dans un temps long compris entre 40 et 50 années (Geels, Schot, 2007).

Certains auteurs pointent, toutefois, les insuffisances de ce modèle. Ce dernier donne à l'espace, au lieu et à l'échelle géographique un caractère trop informel (Coenen *et alii*, 2012 ; Truffer, Coenen, 2012). Ces approches géographiques informelles et implicites, demeurent incomplètes et reposent sur la prédominance de l'échelle nationale. Le MLP souligne les différences à cette échelle mais sans considérer la spatialité du processus de transition (Coenen *et alii*, 2012 ; Rocher, Verdeil, 2013). Le jeu d'échelles doit effectivement prendre en compte les interactions qui existent entre les acteurs et les institutions situés à différents niveaux scalaires (Raven *et alii*, 2012). Par ailleurs, le modèle sous-estime le rôle des conflits entre les acteurs dans la conduite du changement socio-technique (Jaglin, Verdeil, 2013). Or, la transition énergétique « *touches on the highly political nature (as opposed to the technical, legal, or financial dimension) of the positions held by the different actors* » (Rocher, Verdeil, 2013). Ces aspects sont fondamentaux dans l'étude de la transition énergétique au Maghreb. La plupart des travaux qui recourent au MLP, à l'exemple de ceux qui appartiennent au champ des SHS (Curien, 2005 ; Bainée, 2013 ; Jaglin, Verdeil ; 2013 ; Sanders, 2014) insistent sur l'idée de processus de transition de nature multidimensionnelle. Ces épisodes de transition graduels, qui s'opèrent sur un temps long, sont effectivement à la jonction de plusieurs sphères (Bainée, 2013), notamment au niveau « régimes » dans lequel les dynamiques de transition résultent d'une interaction complexes entre la science, la technologie, les politiques publiques, les marchés, la culture et l'industrie [cf. figure 13].

L'approche de la transition énergétique « bas carbone » et des mutations qu'elle est susceptible d'induire sur les systèmes énergétiques et/ou sociotechniques en place, a fait émerger deux visions opposées au sein du monde académique avec, d'une part, les tenants de la transition énergétique faible et, d'autre part, les tenants de la transition énergétique forte⁴⁵.

B - La transition énergétique « bas carbone » : confrontation des approches dans le débat interdisciplinaire.

Les tenants d'une transition énergétique faible (Rojey, 2008 ; Dubois, 2009 ; Safa, 2013, Bobin, 2015) soutiennent que la combinaison des énergies de stock et des énergies de flux, puis la substitution des premières par les secondes est suffisante. Les seules innovations techniques permettraient ainsi une « décarbonisation » qui maintiendrait en place les systèmes énergétiques existants. Cette transition n'aura pas d'effet réel sur le modèle sociotechnique en place, excepté quelques réajustements et se déroulera probablement sur une courte durée (Duruisseau, 2014). Cette vision surestime les déterminants techniques, voire considère la transition énergétique émergente comme une innovation technique réussie.

⁴⁵ À l'instar des tenants de la durabilité faible et forte sur les paradigmes du développement durable.

Les tenants de la transition forte ne conçoivent pas les mutations opérées sur le système énergétique sans changements à plusieurs « niveaux ». En effet, *« le degré de ramification des systèmes énergétiques dans les activités humaines semble tel que l'évolution de ces systèmes aura forcément des effets importants dans les fonctionnements socio-économiques. C'est pourquoi privilégier des énergies pour leur caractère renouvelable n'est pas qu'une question d'ajustement de certaines activités, mais touche au collectif et à ses orientations fondamentales »* (Rumpala, 2013, p. 49). Pour Raineau, les énergies renouvelables *« pourraient [même] trouver leur sens et leur potentiel à travers le nouveau paradigme énergétique qu'elles devraient contribuer à construire, univers de techniques, de pratiques, de règles, et de sens radicalement différents du paradigme actuel »* (Raineau, 2011a, p.134). Selon les tenants de la transition forte, de profondes mutations sociotechniques doivent accompagner la transition émergente (Rumpala, 2010 ; Debeir *et alii*, 2013 ; Arik, 2012 ; Jaglin, Verdeil, 2013 ; Duruisseau, 2014 ; Labussière, Nadaï, 2015). Selon Duruisseau (2014), lorsque les transitions impliquent des substitutions énergétiques majeures ainsi que des mutations réelles dans le système socio-technique, elles doivent être désignées comme des « transitions énergétiques-ruptures ».

C- La conceptualisation de la transition énergétique : polysémie d'un concept émergent.

La majorité des travaux sur la transition énergétique font du déterminant technologique le déterminant premier voire exclusif (Rojey, 2008 ; Safa, 2013, Bobin, 2015). La définition la plus générique postule que la transition énergétique « bas carbone » renvoie au *« passage qui va nous amener d'un modèle basé aujourd'hui à 80 % sur les énergies fossiles vers un nouveau modèle énergétique, dans lequel les énergies non carbonées seront dominantes »* (Rojey, 2008, p. 12).

La littérature francophone dans le domaine disciplinaire de la sociologie nous apprend que le concept peut recouvrir une dimension sociale et sociétale et que *« le projet de transition énergétique ne peut alors s'envisager qu'en innovant dans le sens de l'usage et du vécu, en intégrant les habitants, les citoyens, le plus en amont possible, dès la conception du projet »* (Zélem, 2012, p. 7). La sociologue Raineau (2010) évoque « un paradigme alternatif » pour définir la transition énergétique. Pour l'auteur, les énergies renouvelables ne sont ni un simple substitut des énergies fossiles ni une solution technologique, mais sont en mesure de conduire à ce paradigme alternatif.

Les économistes y introduisent la question essentielle du coût (Chevalier *et alii*, 2012 ; Grandjean, 2012 ; Chevalier *et alii*, 2013). Ainsi, Grandjean (2012) associe-t-il à la transition énergétique émergente un « coût » économique, en évoquant la mutation d'une économie basée

sur les énergies fossiles, abondantes et à coût modéré, à une économie fondée sur un mix-énergétique plus équilibrée, moins consommateur, mais qui garantisse par ailleurs un niveau de performance au moins équivalent.

Parmi les travaux de géographes, ceux de Jaglin et Verdeil (2013) qui ont une entrée urbaine, ont recours au terme de « changements énergétiques » pour définir les processus en cours dans quatre métropoles de pays émergents (Buenos Aires, Delhi, Istanbul, Le Cap) et dans des villes secondaires telles que la ville de Sfax en Tunisie, tout en se détachant des conceptions proposées dans le cadre des *transition management studies* (Rotmans *et alii*, 2001 ; Smith *et alii*, 2005), qui « dépolitisent » les processus de transition étudiés.

Cette étude est l'une des rares publications théoriques, avec celle de Rocher et Verdeil (2013), qui s'applique à des pays de la rive sud-méditerranéenne. En effet, la grande majorité des contributions académiques sur la transition énergétique sont ancrées sur les PN, comme l'Allemagne (Deshaies, 2014, 2015 ; Gallings, Moss, 2016), la France (Raineau, 2010 ; Zélem, 2012 ; Chevalier *et alii*, 2012 ; Durand *et alii*, 2015 ; Duruisseau, 2015), le Royaume-Uni (Walker, Cass, 2007 ; Bridge *et alii*, 2013). Smil, toutefois, travaille depuis longtemps sur la transition énergétique en Asie, et notamment en Chine. Dans son ouvrage, "China's Energy : Achievements, Problems, Prospects" (1976), il esquisse les trois dimensions du système énergétique qui sont au centre de son approche historique de la transition énergétique (Smil, 2010) à savoir (i) les ressources énergétiques primaires, (ii) leur transformation à partir de forces motrices – appelées *prime movers* – et (iii) leurs usages. Bradshaw (2010) tente une approche globale des dilemmes énergétiques mondiaux, en offrant une analyse des pays de l'OCDE, de l'ex-URSS et des Pays Émergents (BRICS). Pour Smil (2010), les mutations des systèmes énergétiques peuvent être analysées à des échelles nationale, régionale ou internationale. L'analyse de la transition énergétique peut ainsi reposer sur une approche multi-échelles. Pour être pertinente, elle doit s'appuyer sur une large typologie de pays et de territoires.

La conceptualisation de la transition énergétique au sein des SHS repose sur différentes entrées, qui ne se limitent guère à une dimension technique, mais interrogent des enjeux multidimensionnels. Les SHS, et parmi elles la discipline géographique, disposent de méthodes et d'outils pour appréhender la mise en œuvre de la transition énergétique « bas carbone ».

III- L'apport de la géographie dans l'analyse de la mise en œuvre de la transition énergétique « bas carbone » : méthodes et outils.

L'étude de la mise en œuvre de la transition énergétique au sein du champ disciplinaire qui est le nôtre nous amène à questionner, dans un premier temps, l'apport des SHS dans son appréhension (A) et à mettre en évidence, dans un second temps, les liens qui existent entre énergie et géographie. Nous nous attachons à montrer dans quelle mesure la transition

énergétique est un processus géographique et en quoi la géographie est une clef de lecture du processus de transition énergétique (B). À partir d'un portefeuille de concepts géographiques (Bridge *et alii*, 2013), nous cherchons à dégager les implications géographiques du processus (C). Il ne s'agit pas de définir de manière précise et définitive les dimensions géographiques d'une transition en train de se faire, mais d'apporter du sens aux réalités géographiques qui se trouvent au cœur de cette transition.

A- Les contributions des SHS dans l'appréhension du processus.

Les productions académiques dans le champ des SHS sur la mise en œuvre de la transition énergétique « bas carbone » sont de plus en plus abondantes (Rojey, 2008 ; Brücher, 2009 ; Coutard, Rutherford, 2009 ; Bradshaw, 2010 ; Raineau, 2011a ; Grübler, 2004, 2012 ; Bridge *et alii*, 2013 ; Chevalier *et alii*, 2013 ; Rumpala, 2010, 2013, 2015 ; Duruisseau, 2014). Elles se sont intensifiées depuis le début des années 2000. Certaines abordent, outre le thème phare des énergies renouvelables, les processus sociaux qui accompagnent le déploiement de ces dernières, incluant les mouvements d'opposition (Van Rompaey *et alii*, 2010 ; Pasqualetti, 2011 ; Raineau, 2011b ; Zélem, 2012 ; Labussière, Nadaï, 2015 ; Zélem, Beslay, 2015), mais aussi le rôle des collectivités et communautés locales (Cacciari *et alii*, 2014 ; Baggioni, Ballan, 2009), les processus de territorialisation des politiques énergétiques (Chanard, 2011 ; Duruisseau, 2015), les mécanismes de mise en marché de ces nouvelles technologies (Debourdeau, 2011 ; Benalouache, 2015a ; 2015b), leurs impacts (Del Rio, 2008 ; 2009) ou encore l'émergence des villes « durables » ou « post-carbone », etc. (Theys, Emilianoff, 2001 ; Emilianoff, 2007 ; Coutard, Rutherford, 2009 ; Bulkeley *et alii*, 2011). Ces entrées mobilisent différentes disciplines des SHS et favorisent voire requièrent une interdisciplinarité.

Les SHS réévaluent généralement la question des processus de transition, en se détachant du seul déterminant technologique. La transition énergétique « bas carbone » ne peut être abordée sous le seul angle de l'innovation technique car l'énergie n'est pas un simple élément « *alimentant un système technique, mais engage les institutions, les systèmes politiques, économiques et sociaux [...]* Le choix d'une source d'énergie est pour cela aussi un choix de société » (Raineau, 2011a, p. 133). Il est difficile d'envisager le développement des technologies solaires en dehors des logiques de gouvernance par exemple, ou encore d'appropriation et d'inscription spatiale. Pour Labussière et Nadaï (2015), les SHS parviennent à examiner les facteurs sociaux et environnementaux sans les appréhender systématiquement comme un obstacle au déploiement technologique.

Les SHS disposent d'outils méthodologiques qui permettent d'appréhender la complexité et la multi-dimensionnalité du processus de la transition énergétique, dépassant ainsi l'approche technico-économique classique de la thématique énergétique, répandue au sein du monde académique. Les SHS ont, en effet, développé depuis plusieurs décennies une capacité

d'analyse permettant de penser la transition énergétique émergente dans un cadre systémique. Elles sont en mesure, sans nier ce paramètre, de transformer le statut des technologies, en valorisant notamment le caractère systémique de celles-ci, afin de les replacer à l'interface de sphères économique, spatiale, politique et sociale. Labussière et Nadaï (2015) invitent même, dans une vision prospective, à investir sur des choix technologiques ayant des « effets systémiques » (Labussière et Nadaï, 2015, p. 11). L'enjeu est non seulement de situer l'intervention des SHS en aval des processus associés à la transition énergétique (questionnements sur les effets), mais également en amont (contribution dans les choix opérés par les acteurs). Du fait de leur réflexivité, les SHS sont capables d'éclairer les enjeux que sous-tendent ces choix. Elles disposent d'une capacité d'expertise censée apporter des solutions aux enjeux énergétiques à venir, en matière de production, de consommation ou encore de rapport à l'environnement. Ces processus interpellent des échelles multiples et impliquent parfois des formes de politisation inédites (Labussière, Nadaï, 2015).

Parmi les disciplines des SHS, la géographie a un véritable rôle à jouer dans la lecture de la transition énergétique qui, selon Bridge *et alii* (2013), est un processus « fatalement » géographique.

B- La géographie, une clef de lecture de la transition énergétique émergente.

1- Énergie, espaces et territoires.

Une des questions fondamentales posées à la recherche en géographie de l'énergie est celle de la spécificité du regard géographique sur un sujet qui est largement étudié par les autres disciplines scientifiques (Mérenne-Schoumaker, 2007a). L'énergie est en forte interaction avec l'organisation de l'espace géographique, comprenant « *l'ensemble des lieux et leurs relations* » (Brunet *et alii*, 2005). Le terme d'espace en géographie rend compte des combinaisons physiques, économiques et sociales qui s'exercent sur un espace donné. Il est le produit de groupes humains qui l'organisent et l'aménagent pour répondre à des besoins fondamentaux. La géographie de langue française, italienne et espagnole (Debarbieux, 1999 ; Daviet, 2005) distingue la notion d'espace de celle de territoire. Le territoire est un espace délimité, approprié par un individu, une communauté, sur lequel peut s'exercer l'autorité d'un État ou d'une collectivité, appelée à juste titre collectivité territoriale. Le maillage, notamment administratif, de l'espace produit différents niveaux de gestion, pouvant s'emboîter. La notion de territoire permet ainsi de réintroduire l'acteur mais également le sujet, ses pratiques et ses représentations (Raffestin, 1986 ; Daviet, 2005 ; Claval, 2007 ; Benko, 2008). Ciattoni et Veyret (2013) apporte une définition assez complète du terme. Les auteurs écrivent que « *sur le socle de l'espace géographique aménagé et transformé par les sociétés, la notion de territoire témoigne de son appropriation délibérée, à la fois économique, idéologique et politique (sociale donc, au total)* ».

par des groupes qui se donnent une représentation particulière d'eux-mêmes, de leur histoire, de leur singularité, bref de leur identité » (Ciattoni, Veyret, 2013, p. 103).

Suivant Coe et Jones (2010), on entend par géographie de l'énergie au moins deux points : (i) La distribution des activités liées à l'énergie au travers d'un espace donné ainsi que les processus sous-jacents qui appuient ces modèles et (ii) Les connections géographiques entre cet espace et les autres espaces. Notre recherche s'inspire largement de cette définition.

2- L'énergie comme un objet de recherche en géographie.

Les premiers travaux académiques relatifs à la géographie de l'énergie, datant de la première moitié du 20^{ème} siècle, traitent surtout de la production d'énergie, analysée sous l'angle des ressources et à différentes échelles. Ces écrits se retrouvent dans des ouvrages destinés aux étudiants, principalement ceux des filières commerciales et économiques. L'essor des manuels de géographie commerciale dans le dernier quart du 19^{ème} siècle a d'ailleurs permis à la géographie économique de se constituer (Claval, 1984). Ces travaux sur l'énergie sont assez descriptifs selon Deshaies et Mérenne-Schoumaker (2014). La géographie investit véritablement cette thématique à partir des années 1950 et 1960, comme en témoignent les trois premiers traités de géographie économique de l'énergie : "Géographie de l'énergie" (1950) de George, "Les grands types de complexes industriels" (1962) de Chardonnet et "The Geography of Energy" (1964) de Manners. D'autres livres paraissent, comme celui de Gottmann (1957), focalisé sur les marchés des matières premières.

Les travaux de géographes sur l'énergie se multiplient au début des années 1970, essentiellement en langue anglaise (Guyol (1971), Cook (1973), Odell (1974), Wagstaff (1974)). Dans la littérature francophone, l'ouvrage de Curran (1973) renouvelle les approches en soutenant pour la première fois l'idée que la demande d'énergie précède sa distribution. La recherche sur le domaine minier suscite moins d'intérêt, si l'on excepte l'ouvrage de Lerat, "Géographie des Mines" (1971), qui est en quelque sorte un inventaire des ressources minières dans lequel l'auteur étudie les conditions géologiques, économiques, technologiques et politiques servant à la mise en valeur des gisements. D'après Deshaies et Mérenne-Schoumaker (2014), la production scientifique lacunaire sur ce sujet reflète le déclin, à cette époque, des activités minières dans les pays d'Europe occidentale⁴⁶. Cependant, les tensions sur le marché de l'énergie – manifestes avec le « choc pétrolier » de 1973 – ainsi que le poids croissant des acteurs économiques et politiques, créent dès lors de nouvelles approches. Les géographes s'intéressent désormais au rôle des entreprises, mais aussi à l'analyse des politiques énergétiques et au fonctionnement des marchés. L'entrée par l'économie se double ainsi d'une entrée géopolitique, plus encore, avec le développement de la « géographie behavioriste »

⁴⁶ Bien qu'à l'inverse, elles connaissent un développement rapide dans les PES.

et de la « géographie radicale », qui a permis de mettre en évidence les phénomènes de domination et de stratégie (Bavoux, 2002).

La littérature devient très abondante dans les années 1980, surtout en langue française, mais demeure encore très descriptive (Deshaies, Mérenne-Schoumaker, 2014). Au sein de la recherche anglophone, les auteurs se montrent préoccupés par les dimensions géographiques de l'énergie et cherchent à déterminer l'apport spécifique de la discipline géographique dans ce domaine. Ainsi, Calzonetti et Solomon dans leur ouvrage intitulé "Geographical Dimensions of Energy" (1985), tentent de dresser un bilan de la production géographique. Outre ces aspects quantitatifs ou explicatifs, les géographes commencent toutefois à s'intéresser à la structure énergétique d'un système géographique (Brunet *et alii*, 2005 ; Ibrahim ; De Sède-Marceau, 2013). Cette nouvelle approche correspond à une évolution conceptuelle au sein même de la discipline. La géographie ne se contente plus d'observer et d'étudier l'espace, mais s'attarde aussi sur l'organisation et les pratiques spatiales (Bailly, 1984). Les géographes doivent dès lors saisir les implications sociales, économiques, environnementales, culturelles et politiques des usages de l'énergie dans toute leur complexité (Claval, 2007). Pourtant, très peu de géographes de l'énergie se sont depuis inscrits dans cette pensée, à l'exception de Curran qui a mis en évidence les enjeux économiques, politiques et surtout territoriaux de ce qu'il nomme "la nouvelle donne énergétique", cette expression constituant d'ailleurs le titre de son ouvrage (Curran, 1981).

Dans les années 1990, les publications spécifiquement dédiées à la géographie de l'énergie se font rares. Le thème est surtout abordé au travers de travaux géographiques portant sur les villes, les transports, l'environnement, le climat, la gestion des ressources etc. (Mérenne-Schoumaker (2007a). Chapman (1989) propose, toutefois, une géographie de l'énergie entièrement réorganisée autour de la notion de « système énergétique » (Ibrahim, De Sède-Marceau, 2009). Le territoire, considéré comme un système qui lie acteurs et organisation de l'espace, apparaît dès lors comme le concept intégrateur par excellence pour appréhender les systèmes énergétiques, tout en permettant une analyse par les acteurs. De nombreux travaux de Mérenne-Schoumaker s'inscrivent globalement dans cette démarche et mettent en exergue les relations étroites qui existent entre les marchés, les acteurs du marché et les dynamiques territoriales. On associe, depuis les années 2000 en particulier, l'analyse l'organisation spatiale de l'énergie à celle de l'acteur (Mérenne-Schoumaker, 2007a ; Vaché, 2009 ; Chanard, 2011 ; Rocher, Verdeil, 2013 ; Deshaies, Mérenne-Schoumaker, 2014 ; Benalouache, 2015a ; Duruisseau, 2015).

La géographie de l'énergie devient, au tournant des années 2000, un champ de recherches suscitant un intérêt grandissant (Jiusto, 2009), ce qui se matérialise dans de nombreux programmes de recherche ou rencontres académiques. Ces programmes favorisent le dialogue pluridisciplinaire entre la géographie et des sciences telles que l'histoire, l'économie

de l'environnement, l'anthropologie, l'écologie ou encore les sciences de la terre, présentes depuis longtemps sur ce créneau (Benalouache, Duruisseau, 2015). Ainsi, les géographes qui travaillent sur la gestion des ressources ou encore sur le concept émergent de transition énergétique s'intéressent aux aspects multi-dimensionnels du processus (Bridge *et alii*, 2013 ; Deshaies, Baudelle, 2013 ; Jaglin, Verdeil, 2013 ; Rocher ; Verdeil, 2013 ; Benalouache, Duruisseau, 2015). « [C]es recherches qui mettent bien en évidence l'intérêt renouvelé des géographes pour les problèmes de société, sont susceptibles de replacer la géographie dans sa position traditionnelle de carrefour entre sciences de la société » (Deshaies, Mérenne-Schoumaker, 2014, p. 59). Ce renouveau s'explique en grande partie par l'émergence de problématiques récentes associées aux défis posés par le contexte énergétique actuel – enjeux géopolitiques, raréfaction des ressources fossiles, impacts environnementaux et climatiques – et qui renvoient indubitablement à la nécessaire transition énergétique. Le développement des énergies renouvelables, par exemple, ouvre de nouvelles voies à la recherche en géographie – des thèses de Doctorat sont d'ailleurs en cours de préparation. Parmi les thématiques les plus abordées, celle de l'éolien appelle par exemple à des questionnements autour de l'acceptabilité sociale ou de l'intégration dans les paysages (Van Rompaey *et alii*, 2010 ; Pasqualetti, 2011 ; Nadaï *et alii*, 2013 ; Nadaï, Labussière, 2014 ; Herrero-Luque, 2015).

La transition énergétique émergente retient de plus en plus l'attention des géographes. Dans ce domaine, les travaux de Bridge *et alii* (2013) s'affirment comme une réflexion de base dans la lecture de la transition énergétique émergente désigné comme un processus géographique (Deshaies, Mérenne-Schoumaker, 2014). Bridge *et alii* (2013) tentent de mettre en évidence la dimension géographique de cette transition en recourant à des concepts géographiques majeurs afin de décrire les implications géographiques de la transition vers ce qu'ils nomment un système énergétique bas carbone ou *low carbon transition*.

3- La transition énergétique : un processus géographique.

Pour Bridge *et alii* (2013), les changements nécessaires au développement des systèmes énergétiques « bas carbone » ne doivent pas être pensés à travers la seule dimension temporelle, mais solliciter, par ailleurs, l'alternative territoriale.

La question du « savoir ménager » les énergies renouvelables révèle toute l'ampleur de son contenu géographique (Poinot, 2012). Les implications géographiques de ce nouveau paradigme ne sont néanmoins pas encore bien définies. Pour Bridge *et alii* (2013), la transition « bas carbone » repose sur un système énergétique plus durable, caractérisé, entre autres, par un recours à des sources efficaces et un accès universel aux services énergétiques. Assurer une disponibilité et une accessibilité à des services énergétiques au sein d'un système bas carbone, particulièrement dans les pays du Sud, requerra de nouvelles manières – et *a fortiori* de nouvelles géographies – de produire, de vivre et de travailler avec l'énergie (AIE, 2008).

Adjoindre les défis du changement climatique à ceux de la sécurité énergétique est ainsi, pour Bridge *et alii* (2013) un projet « fatalement » géographique.

Penser la transition « bas carbone » en des termes géographiques est important, car les systèmes énergétiques sont spatialement constitués (*constitued spatially*). La nature en réseau du système produit elle-même des géographies de la connexion, de la dépendance et du contrôle (Mérenne-Schoumaker, 2007a). Ceci est évident lorsqu'il s'agit des infrastructures énergétiques mais également des dépendances géopolitiques et géoéconomiques associées aux acteurs tels que les multinationales pétrolières et les compagnies de gaz et de l'électricité. Une des hypothèses posées à la géographie concerne l'échelle géographique la plus adaptée à la gestion de ces infrastructures. Les enjeux de cette transition nouvelle ne requièrent pas uniquement des sociétés qu'elles investissent massivement à refaçonner l'infrastructure, les bâtiments et l'équipement, autrement dit des éléments matériels, mais aussi qu'elles fassent des choix concernant un ensemble de solutions spatiales et d'échelles de gouvernance (Mérenne-Schoumaker, Deshaies, 2014).

C- Les dimensions géographiques du processus de transition énergétique : un portefeuille de concepts.

Le champ de la géographie humaine, pour lequel l'espace, le lieu et l'échelle sont des concepts fondamentaux, dispose déjà d'outils conceptuels qui permettent de décrire et d'évaluer la spatialité de l'activité politique et socio-économique, c'est-à-dire l'agencement de la vie sociale, économique et politique de l'espace géographique. La géographie économique, par exemple, a forgé la notion de *Space Economy* (Isard, 1972) pour à la fois saisir la logique de localisation des activités économiques – et leurs interrelations – à un moment donné, mais aussi la dynamique à partir de laquelle les activités économiques - marchés, investissements, régulation – produisent de nouvelles configurations spatiales et relationnelles (Geneau de Lamarlière, Staszak, 2000).

Bridge *et alii* (2013) ont proposé un certain nombre de ces concepts, qui permettent de procéder à une lecture des mutations géographiques à l'œuvre ou potentielles dans le cadre de la transition « bas carbone ». « [T]hese dimensions take on meaning and produce effects in close connection with the political times scales [...] the cannot be separated in analyses » (Rocher, Verdeil, 2013, p. 280). Pour notre travail, nous avons choisi d'en retenir quatre car ils se révèlent pertinents dans notre analyse de la transition énergétique « bas carbone » au Maghreb.

Le concept classique de **localisation** – ou *location* – est à la fois une caractéristique absolue – latitude et longitude – et relative – décrivant la proximité relationnelle d'un élément au sein d'un système par rapport à un autre élément (Lévy, Lussault, 2003). Sur le plan énergétique, il permet, par exemple, de montrer en quoi le modèle géographique de

l'industrialisation au 19^{ème} siècle en Europe coïncide étroitement avec la localisation géologique du charbon dans le sous-sol. L'utilisation des énergies fossiles dans les transports à cette époque a, par ailleurs, radicalement changé la relation de proximité entre les villes grâce à l'expansion des réseaux. Le système énergétique dominant actuel, très carboné, a donc une dimension spatiale spécifique (Mérenne-Schoumaker, 2007a). La logique de ces localisations contemporaines est en effet généralement liée à des considérations historiques et elle est le reflet d'un système énergétique fortement carboné, caractérisé, entre autres, par une distribution abondante et des approvisionnements bon marché. La nécessité de décarboniser le système énergétique peut entraîner de nombreux changements. Ils concernent, par exemple, de potentielles transformations dans la nature et la localisation des ressources en énergies primaires, mais aussi dans la localisation de nouvelles installations énergétiques, et en premier lieu les sites de production. Des mutations significatives peuvent également survenir dans la structure de l'économie domestique, elle-même marquée par la désindustrialisation et l'affirmation de la société de consommation dans les PN. Cette réalité a ainsi initié de nombreux questionnements autour de la localisation.

Le **paysage** – ou *landscape* – renvoie à la combinaison de caractéristiques naturelles et culturelles, et à la traduction concrète des rapports homme-milieu, au sein d'un espace, ainsi qu'à l'histoire de leur production et de leurs interactions (Lévy, Lussault, 2003). Autrement dit, ce concept permet, grâce à une vision systémique, de saisir les interactions des phénomènes naturel, culturel, mais également technique dans le milieu géographique et la manière dont ces interactions varient au travers de l'espace et du temps. Le terme de « paysage énergétique » est quant à lui utilisé de sorte à ce qu'il soit le résultat de configurations économiques et urbaines. Par exemple, l'exploitation du charbon en Europe du Nord a contribué à l'émergence d'espaces industriels nouveaux. Les usines se localisent, en effet, dans les bassins industriels situés à proximité des gisements charbonniers, les « pays noirs ». Ces activités ont marqué les espaces et façonné les paysages, donnant lieu à une morphologie urbaine nouvelle dans les pays noirs, les « villes-usines » (Edelblutte, 2009). Le concept de paysage permet de décrire la multitude d'activités et de liens sociotechniques qui ont trait à la production, la conversion, la distribution et la consommation énergétiques. Dans le cadre de la mise en œuvre de la transition bas carbone, certaines formes paysagères représentent des réserves foncières adaptées à la production d'électricité d'origine renouvelable. Recherchées pour un développement commercial, elles incluent à la fois les milieux ruraux isolés, tels que les plateaux (installations de parcs éoliens) et les milieux urbains (installations photovoltaïques intégrées ou surimposées au bâti) (Labussière, 2007 ; Nadaï, Van der Horst, 2010 ; Benalouache, 2013 ; Herrero-Luque, 2015). L'expansion des infrastructures industrielles associées au système énergétique bas carbone s'appuie généralement sur des espaces auparavant non concernés (Bridge *et alii*, 2013, Deshaies, Baudelle, 2013, Herrero-Luque, 2015). A l'échelle urbaine, des travaux sont également menés sur la manière d'agir sur les formes spatiales de la ville, les densités de peuplement, l'architecture, l'efficacité énergétique dans les bâtiments, etc. Beaucoup

s'accordent sur le rôle significatif que les villes, et plus largement les réseaux urbains, peuvent jouer dans la réduction de la consommation énergétique et les émissions de GES (Souami, 2007, Pappalardo, 2008 ; Rocher, 2013 ; Rutherford, 2014). Aussi, les villes deviennent de véritables laboratoires de l'action politique autour de la transition énergétique (Bulkeley *et alii*, 2011 ; While *et alii*, 2010 ; Jaglin, Verdeil, 2013). La transition énergétique « bas carbone » fait de l'énergie un facteur majeur dans la mutation de l'occupation des sols (Howard *et alii*, 2009 ; Labussière, 2016). Les unités solaires au sol peuvent recouvrir des espaces autrefois dédiés à une utilisation industrielle, agricole (champs, steppes) ou encore des espaces naturels (ergs, forêts) etc. Cependant, le paysage ne possède pas seulement des caractéristiques physiques, également des dimensions culturelles, comme l'attachement sentimental des individus pour un endroit (Tuan, 1976). L'esthétique visuelle constitue par ailleurs un élément d'appréciation du paysage, même si cela est surtout le fait des sociétés occidentales (Labussière, 2007). Ces « constructions » culturelles sont nées des réglementations et législations mises en place pour protéger les paysages des dégradations visuelles (Labussière, 2007 ; Nadaï, Van der Horst, 2010 ; Bridge *et alii*, 2013). Le déploiement des technologies bas carbone est donc interdit dans certains lieux, tout particulièrement en milieu rural (Bridge *et alii*, 2013). Les paysages énergétiques associés à l'habitat sont le produit de processus sociaux, et plus exactement de conflits et de négociations au sein de groupes sociaux (Raineau, 2011b). C'est une des raisons pour lesquelles « *Landscape has become a key arena in the debate on energy policy* » (Nadaï, Van der Horst, 2010, p. 143). La transition vers une économie bas carbone nécessite en somme de reconsidérer la forme, la fonction et la valeur des paysages contemporains (Bridge *et alii*, 2013).

Toutes les infrastructures servant à la production, au transport et à la distribution de l'énergie sont spatialement constituées mais ont été « territorialisées » de manière différente à travers le temps (Bridge *et alii*, 2013). La manière dont les sphères politique et sociale s'organisent et exercent leur influence sur les espaces renvoie au concept de **spatialité** (Grojean, Thibaud, 2001 ; Elissalde, 2002) – ou *territoriality* – (Brenner *et alii*, 2003). Le concept de spatialité « *permet de prendre en compte les actions spatiales des opérateurs, leurs technologies et instruments et leurs effets dans et sur l'espace* » (Lévy, Lussault, 2003, p.866). Les géographes font notamment appel à ce concept pour analyser les stratégies de distribution et d'intégration mises en place par les acteurs économiques et politiques (États, entreprises, etc). Historiquement, la « re-territorialisation » de l'électricité à l'échelle nationale, par exemple, signifie le remplacement des systèmes locaux ou infranationaux spatialement localisés par un réseau interconnecté national voire macro-régional (Hugues, 1993 ; Nye, 1998 ; Bouneau, 2004 ; Bouneau *et alii*, 2007 ; Grand, Veyrenc, 2011 ; Debeir *et alii*, 2013). La mise en place de ces infrastructures et leur mise à l'échelle participent aussi de projets politiques plus larges, tels que l'effort de modernisation des pays (Bouneau *et alii*, 2007 ; Verdeil, 2009 ; Bennisr, Verdeil, 2014). Une des dimensions majeures de la spatialité des systèmes énergétiques renvoie à la « centralisation » qui décrit jusqu'à quel point la décision

d'approvisionnement peut être centralisée et coordonnée par une seule entité (Nye, 1998 ; Laponche, 2002 ; Bridge *et alii*, 2013). Le degré d'ouverture du secteur électrique, et notamment, la marge de manœuvre possible donnée aux acteurs, peut être décisif dans la concrétisation de la transition bas carbone. Du point de vue des infrastructures, la « spatialité » des unités électriques solaires est mesurable en termes de contiguïté (concentration/dispersion). Cette spatialité, comme nous le verrons par la suite, dépend des caractéristiques inhérentes à l'énergie solaire. La diffusion spatiale des technologies énergétiques est culturellement contingente : la manière dont les nouvelles technologies se diffusent dépend aussi du système de valeurs et des habitudes sociétales dans lesquels elles s'intègrent (Zélem, 2012).

L'**échelle** – ou *scale* – se réfère à la portée territoriale d'un phénomène (Ferras, 1995 ; Montello, 2001). Il renvoie aux différentes inscriptions territoriales des structures institutionnelles, économiques et sociales à différentes échelles. L'échelle à partir de laquelle les systèmes énergétiques sont organisés et gérés n'est pas établie de facto ; elle est plutôt le fruit de décisions économiques, politiques et de cadres réglementaires, parfois internationaux et/ou supranationaux. Aussi, selon Bridge *et alii* (2013), il est plus approprié d'user du terme de « mise à l'échelle » ou *scaling*. Ce terme ne renvoie pas seulement à l'échelle d'action mais permet aussi de décrire les différentes configurations spatiales à travers lesquelles les technologies énergétiques sont susceptibles d'être déployées, depuis l'application « micro-échelle » des turbines éoliennes ou des panneaux photovoltaïques (intégrés ou surimposés au bâti), jusqu'à l'application « macro-échelle », promue par exemple par le projet Desertec. Qu'il s'agisse de biomasse, de solaire PV, de chauffe-eaux solaires ou d'éolien, le recours au concept est particulièrement pertinent car plus que les autres sources d'énergie, les convertisseurs énergétiques associés aux énergies renouvelables peuvent être déployés dans des dimensions très diverses, ce que Walker et Cass (2007) appellent « *hypersizeability* ».

L'ensemble des exemples présentés dans notre propos montrent à quel point « les géographies » de la transition bas carbone ne sont pas encore déterminées (Bridge *et alii*, 2013).

« *Next Period* » selon Melosi (2006), « affranchissement aux énergies fossiles » pour Smil (2010) et enfin « *Decarbonization* » d'après Grubler (2010), ces travaux définissent tous la période actuelle comme une transition énergétique nouvelle. La conceptualisation de la transition énergétique émergente révèle une très grande polysémie, appuyant par ailleurs son caractère multidimensionnel. Dans la littérature, la transition énergétique émergente peut prendre plusieurs formes qui tiennent aux mutations qu'elle est susceptible ou qu'elle « doit » – du fait d'une contrainte politique – entraîner dans le système sociotechnique en place. Cela conforte ainsi l'idée de la pertinence d'une approche systémique.

Les processus de transition des systèmes énergétiques, passés ou émergents, sont des processus « spatialement constitués » (Bridge *et alii*, 2013). La correspondance entre les problématiques inhérentes à la géographie humaine et celles que soulèvent la transition énergétique émergente constitue une occasion formidable d'appréhender de manière analytique et critique la spatialité de ce processus. La géographie offre pour ce faire une batterie de concepts majeurs opératoires. Pour cette discipline, l'enjeu scientifique se cristallise dans la compréhension du rapport entre les différentes trajectoires possibles de ce processus (Massey, 2005), les réalités géographiques à partir desquelles ces trajectoires émergent et les impacts spatiaux que ces trajectoires sont susceptibles d'entraîner. Dans notre travail, nous appréhendons la spatialité de ce processus (et ses trajectoires possibles) en étudiant le déploiement technologies solaires.