

CAHIERS DU LAB.RII
– DOCUMENTS DE TRAVAIL –

N°271

Septembre 2013



**LA POLITIQUE
D'INNOVATION CHINOISE
FACE AU DÉFI DE LA
TRANSITION ÉNERGETIQUE
LE CAS DES INDUSTRIES
PHOTOVOLTAÏQUE ET
ÉOLIENNE**

Zeting LIU

LA POLITIQUE D'INNOVATION CHINOISE FACE AU DEFI DE LA TRANSITION ENERGETIQUE : LE CAS DES INDUSTRIES PHOTOVOLTAÏQUE ET EOLIENNE

CHINA'S INNOVATION POLICY AND THE CHALLENGE OF ENERGY TRANSITION: THE CASE OF PHOTOVOLTAIC AND WIND TURBINE INDUSTRIES

Zeting LIU¹

Résumé : Après trente ans de croissance économique annuelle de 9,9 % en moyenne depuis les réformes économiques lancées en 1978, la Chine est devenue la deuxième puissance économique mondiale. Elle est également le premier émetteur de CO2 et consommateur énergétique et de matières premières. La dégradation environnementale impacte sur la vie de millions d'habitants dans les villes ainsi que dans le milieu rural et crée des conflits avec les pays limitrophes. Cette étude propose une nouvelle approche pour analyser les politiques chinoises en matière de la transition durable en appuyant sur les théories du système national d'innovation (SNI). En analysant les deux industries clés de la transition énergétique en Chine – le photovoltaïque et l'éolienne, nous montrons la force et les faiblesses de la politique pour promouvoir l'innovation verte en Chine. Ces analyses nous permettent de retenir l'hypothèse qu'une convergence des politiques industrielle, énergétique et d'innovation est en train d'émerger pour former une politique de la transition durable en Chine.

Mots clés : politique d'innovation, système d'innovation, industrie photovoltaïque, industrie éolienne, transition, Chine

JEL : O38, O13, O33, N75.

Abstract: After thirty years of annual economic growth of 9.9% since the economic reforms initiated in 1978, China has become the world's second largest economy. It is also the largest emitter of CO2 and consumers of energy and raw materials. Environmental degradation in China affects the lives of millions of people, in the cities as well as in rural areas, and creates conflicts with neighboring countries. This study proposes a new approach to analyze Chinese sustainable transition policies based on the theories of the national innovation system (NIS). By studying the two key industries - the photovoltaic and the wind turbine - of the energy transition in China, we show the strength and weaknesses of Chinese policies to promote green innovation in the country. These analyzes allow us to retain the hypothesis of a convergence of industrial, energetic and innovation policies to form a policy of sustainable transition in China.

Key words: innovation policy, system of innovation, photovoltaic industry, wind turbine industry, transition, Chine

JEL: O38, O13, O33, N75.

© Laboratoire de Recherche sur l'Industrie et l'Innovation
Université du Littoral Côte d'Opale, septembre 2013

¹ Zeting.liu@univ-littoral.fr
GREI/Clersé, Université Lille Nord de France
Réseau de Recherche sur l'Innovation

**LA POLITIQUE D'INNOVATION CHINOISE FACE AU DEFI DE LA TRANSITION
ENERGETIQUE : LE CAS DES INDUSTRIES PHOTOVOLTAÏQUE ET EOLIENNE**

**CHINA'S INNOVATION POLICY AND THE CHALLENGE OF ENERGY
TRANSITION: THE CASE OF PHOTOVOLTAIC AND WIND TURBINE
INDUSTRIES**

Zeting LIU

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	4
1. LE SYSTEME SECTORIEL D'INNOVATION ET LA POLITIQUE D'INNOVATION SECTORIELLE : LE CADRE THEORIQUE	5
2. LA PLANIFICATION DANS LE DEVELOPPEMENT SECTORIEL EN CHINE	7
3. LE SYSTEME D'INNOVATION DU SECTEUR DE L'ENERGIE RENOUVELABLE EN CHINE : LE CAS DES INDUSTRIES PHOTOVOLTAÏQUE ET EOLIENNE CHINOISES	9
3.1. La trajectoire technologique des industries photovoltaïque et éolienne chinoises	10
3.2. Les politiques pour le développement de ces deux industries	10
3.3. La faiblesse du système sectoriel d'innovation et la crise de la surcapacité	12
3.4. La crise de surcapacité	13
4. LA POLITIQUE MIXE D'INNOVATION EN FAVEUR DU SECTEUR DE L'ENERGIE RENOUVELABLE EN CHINE	14
CONCLUSIONS	15
BIBLIOGRAPHIE	15

INTRODUCTION

Après trente-trois ans de croissance économique annuelle de 9,8 % en moyenne depuis les réformes économiques lancées en 1978, la Chine est devenue la deuxième puissance économique mondiale. Elle est également le premier émetteur de gaz à effet de serre depuis 2009 et consommateur énergétique et de matières premières. La dégradation environnementale impacte sur la vie de millions d'habitants dans les villes ainsi que dans le milieu rural et crée des conflits avec les pays limitrophes. Ainsi, le gouvernement chinois est obligé de trouver un compromis entre environnement et croissance afin d'améliorer la qualité de vie et d'assurer une « société harmonieuse »² par un modèle de la croissance verte, ou plutôt le « développement vert » selon le terme officiel chinois, qui insiste sur la *qualité* de croissance rapide en prenant compte des défis environnementaux (pollution, la consommation énergétique intensive et exploitation des ressources) et sur une croissance *inclusive* pour résoudre les problèmes de l'inégalité.

Dans son sens strict, le « développement vert » chinois exige que tous les acteurs de la société (acteurs publics, entreprises, associations, citoyens) soient mobilisés pour réussir la conversion énergétique, la réduction de gaz à effet de serre et la transition vers une économie à basse émission de carbone. La transition énergétique est au cœur de cette nouvelle stratégie du développement. En effet, depuis les années 2000, la politique d'expansion de l'énergie renouvelable en Chine est tirée par trois préoccupations la sécurité énergétique, l'environnement et le développement des industries vertes. D'abord, depuis les années 2000, les restrictions énergétiques arrivent à un pique entre 2002 et 2005 avec des impacts économiques importants. Parallèlement, sous la pression de la société qui se révolte contre des scandales liées à la pollution (environnement, sécurité alimentaire, sanitaire, etc.), le gouvernement doit prendre en compte la dégradation environnementale et son impact sur la qualité de vie. Dans un troisième volet, avec le développement mondial de l'industrie verte, le gouvernement chinois souhaite de réussir une saute technologique dans l'innovation verte. Ces trois éléments conduisent le gouvernement chinois à s'investir dans les sources énergétiques alternatives comme le nucléaire et les énergies renouvelables.

Les études sur le problème environnemental en Chine et les mesures entreprises se concentrent sur les politiques de la protection environnementale et du développement durable. Elles peuvent être regroupées en deux grandes catégories. D'une part, les analyses sur la politique énergétique et environnementale en Chine montrent que la Chine commence à prendre en compte les problèmes environnementaux depuis les années 1970 et l'évolution des politiques énergétique et environnementale traverse quatre phases majeures. Nous pouvons observer que les préoccupations politiques se sont transformées graduellement du contrôle à limitation de la pollution industrielle pour privilégier la préservation de la biodiversité à une approche préventive de protection environnementale. Les mesures sont aussi passées d'une démarche administrative vers une policy mix en combinant les politiques de l'offre et de la demande et les mesures législatives (Cherni et Kentish, 2007 ; Zhang et Wen, 2008 ; He et al, 2012). D'autre part, elles mettent en lumière le développement et les perspectives du secteur

² Le concept d'un idéal de société présenté en 2006 où tous les Chinois coexistent dans la paix et l'harmonie grâce à l'arbitrage et la médiation du Parti communiste chinois (PCC). Les 30 ans de croissance économique rapide ont certes augmenté le niveau de la majorité des Chinois mais il crée aussi un niveau d'inégalité vertigineux. Les conflits sociaux liés au problème de l'inégalité, à la corruption et plus tardivement aux scandales environnementale ou sanitaire qui se sont manifestés à travers les 87 000 « incidents de masse » – émeutes, manifestations et autres troubles – en une seule année de 2005.

de l'énergie renouvelable et plus particulièrement l'énergie photovoltaïque solaire ou l'énergie éolienne (Wang, 2012 ; Ru et al, 2012 ; Zhang et al., 2013).

Sur le plan industriel, partir de rien, la Chine est aujourd'hui le plus grand producteur du photovoltaïque du monde. Les études comparant les expériences avec les autres pays relèvent l'importance du soutien public (Deutsche et Steinfeld pour la comparaison avec les Etats-Unis, Grau et al. pour l'Allemagne) et le transfert de technologies (De la Tour et al., 2011 ; Wu et Mathews, 2012) dans l'essor de l'industrie photovoltaïque chinoise. Quant à l'éolienne, en 2010, la Chine a enregistré la plus grande nouvelle capacité installée annuelle. Dans 4 ans, l'industrie éolienne chinoise est devenue le leader mondial. Parmi les quatre-vingtaine entreprises éoliennes chinoises, 4 sont classées dans les tops 10 mondiales (CNRC, 2012). Le développement de l'industrie éolienne est le résultat des politiques volontaristes visant à développer une nouvelle industrie compétitive sur le plan international (voir Ru et al., 2012).

Cette étude s'interroge plus particulièrement la façon dont la politique d'innovation chinoise réagit face au défi de la transition énergétique. Par l'étude de l'expérience du développement des industries photovoltaïque et éolienne qui est le résultat des politiques de l'énergie renouvelable, industrielle et d'innovation, nous voulons répondre des questions suivantes : Comment la politique d'innovation chinoise réagit-elle face au défi de la transition énergétique ? Quelle est la policy mix de l'innovation chinoise pour promouvoir les industries de l'énergie renouvelable ? Peut-on observer un rapprochement des politiques d'innovation et énergétique pour soutenir la transition énergétique en Chine ? En appuyant sur les documents officiels et les études antérieures, nous allons d'abord étudier le système sectoriel d'innovation et la policy mix d'innovation (Partie I). Nous allons ensuite présenter l'organisation des politiques énergétique, industrielle, scientifique et technologique en Chine en soulignant l'importance du Plan dans le développement économique (Partie II). La troisième partie sera consacrée à l'analyse la trajectoire du développement des industries le photovoltaïque et l'éolienne en Chine. Nous allons enfin montrer les nouvelles mesures prises dans le cadre du système d'innovation chinois face au besoin de la transition énergétique (Partie IV).

1. LE SYSTEME SECTORIEL D'INNOVATION ET LA POLITIQUE D'INNOVATION SECTORIELLE : LE CADRE THEORIQUE

Les théories de l'innovation contemporaines sont largement basées sur les œuvres de J. Schumpeter, reprises et redéveloppées par les économistes des théories évolutionnistes comme par exemple Welson et Winter (1982), Winter (1984, 1986), Dosi, Freeman, Nelson, Silverberg et Soete (1993), Freeman (1994) (voir Dosi et Winter, 2003).

L'approche évolutionniste de l'analyse économique permet d'analyser la dynamique des phénomènes économiques liés aux changements technologiques à différents niveaux (Dosi et Winter, 2006). Au niveau de l'entreprise, l'approche évolutionniste montre le changement technologique généré au niveau microéconomique mais aussi insistant sur la dynamique industrielle qui concentre sur la trajectoire technologique d'une firme et la capacité d'apprentissage d'une firme dans le processus d'innovation (Freeman, 1982 ; Dosi, 1982 ; Cimoli et Dosi, 1995) ou les différents modèles d'innovation (comme par exemple le modèle de la liaison en chaîne de Kline et Rosenberg, 1986 ; le modèle d'innovation ouverte de Chesbroug, 2003).

S'appliquant au modèle du changement industriel, l'approche sectorielle de système d'innovation met en avant les caractéristiques sectorielles des connaissances, des acteurs, des réseaux et des institutions dans le processus d'innovation (Pavitt, 1984 ; Malerba, 2002 ; 2006). La source des opportunités technologiques diffèrent sensiblement selon les secteurs. Certains secteurs dépendent les découvertes scientifiques tandis que dans les autres secteurs, l'innovation collaborative entre les fournisseurs et les consommateurs est plus courante. Le processus d'apprentissage et les activités d'innovation d'un secteur sont influencés par le régime technologique qu'il emprunte et les conditions d'accès aux connaissances internes et externes. Le marché est relativement ouvert quand les connaissances peuvent être facilement accessibles et transformées entre les différents acteurs. Dans le cas où l'intégration des connaissances externes demande des compétences complexes, on peut observer une concentration des entreprises (Malerba, 2002).

La capacité d'innovation d'un secteur dépend les facteurs endogènes mais aussi les facteurs exogènes de son environnement et le système national d'innovation où il se situe. Dans le cadre du système national d'innovation, les relations entre les différents acteurs de l'innovation (entreprises, centres publics et privés de R&D, sociétés financières, administration, etc.) interagissent dans les processus d'innovation et maintiennent des relations dynamiques et systémiques grâce aux flux des connaissances, des financements et de personnes (Lundvall, 1992 ; Freeman, 1994 ; Laperche et Uzunidis, 2007). La performance innovatrice d'un pays repose sur la configuration du système collectif des producteurs, distributeurs et utilisateurs des connaissances nécessaires pour l'innovation. Le concept de SNI repose sur l'hypothèse qu'une meilleure compréhension des liens entre les acteurs impliqués dans l'innovation – entreprises, universités, organismes de recherche publics et personnes qu'ils emploient – est le pivot pour améliorer la performance technologique. La performance innovatrice d'un pays repose sur la configuration du système collectif des producteurs, distributeurs et utilisateurs des connaissances nécessaires pour l'innovation. La génération d'innovations est un processus complexe qui implique la participation d'une série des acteurs qui agissent et interagissent dans des conditions de « connaissance imparfaite » et de « rationalité limitée ». Dans cette perspective, la politique doit répondre non seulement aux défaillances du marché mais aussi aux défaillances systémiques potentielles. (OCDE, 2011)

La dynamique évolutionniste peut aussi appliquer à l'analyse des politiques publiques dédiées à promouvoir l'innovation dans un pays. D'une manière générale, les justifications de l'intervention publique dans la R&D et l'innovation mettent en avant la défaillance du processus de l'innovation dans la production et la diffusion des nouvelles connaissances et des technologies, la défaillance du marché due aux caractéristiques des connaissances et de sa production et la défaillance systémique bloquant les interactions des acteurs d'un système d'innovation (OCDE, 2010b). Les politiques publiques doivent améliorer la qualité des flux d'informations entre acteurs et institutions et renforcer la capacité innovatrice des entreprises, en particulier leur capacité visant à identifier et d'absorber les technologies qui seront sources d'innovation (Niosi et al. 1992 ; Lundvall, 1992).

L'approche traditionnelle de l'analyse de la politique d'innovation se base sur l'étude de chaque instrument par rapport à une stratégie et la configuration des politiques existantes est souvent le résultat de l'accumulation des instruments politiques développés progressivement sur une période relativement longue. Par conséquent, une structure d'instruments de politique superposée augmentera non seulement la complexité et les coûts de gouvernance, mais aussi la difficulté pour les changements (Howlett et Rayner, 2007). A la différence de l'approche traditionnelle visant à étudier chaque instrument par rapport à un

objectif stratégique distinctement, la policy mix permet de comprendre et évaluer les mesures spécifiques du soutien de l'innovation à la fois en tant que partie du système d'innovation et composant dans l'environnement économique global du pays (OCDE, 2010).

Dans le cas de la politique d'innovation sectorielle, les mesures publiques directes (aides publiques directes à la R&D) et indirectes (les mesures fiscales, la promotion de venture-capital, le développement des incubateurs, les mesures appuyant sur la demande, les mesures réglementaires, etc.) pour améliorer la qualité des flux d'informations entre acteurs et institutions et renforcer la capacité innovatrice des entreprises d'un secteur spécifique doivent être en cohérence avec l'ensemble de l'éventail politique économique. En raison de la complexité et des différences des systèmes d'innovation en termes de la force compétitive, de la maturité, de la structures de gouvernance et des liens, cette approche est plus pertinente si l'on la considère comme un processus d'apprentissage pour améliorer la conception et l'évaluation des politiques dans le dynamique des systèmes d'innovation et comprendre des défaillances qui les caractérisent (Guy et al., 2009 ; OECD, 2010b). Le contexte et la mise en œuvre des instruments doit être suffisamment souple afin de faire face aux changements rapides des justifications. (Flanagan et al., 2011).

C'est notamment le cas des secteurs en transition comme l'énergie qui entraîne dans son passage l'émergence des nouvelles industries. Dans un pays comme la Chine où la planification joue un rôle important dans les activités économiques, le développement d'un secteur est directement influencé par les politiques publiques. Ainsi, il est pertinent d'analyser la dynamique de l'évolution d'un secteur et les politiques qui le soutiennent dans son environnement global.

2. LA PLANIFICATION DANS LE DEVELOPPEMENT SECTORIEL EN CHINE

Le système économique chinois actuel est régularisé par deux forces : le marché et la planification. Ce système dual est le résultat des réformes structurelles lancées graduellement caractérisées par une série d'objectifs ajustés à chaque étape de la transition économique : partant d'une « économie planifiée avec l'ajustement de marché » (de 1978 vers le début des années 1980) à la « combinaison de plan et de marché » (la deuxième partie des années 1980) à une « économie socialiste de marché » (1993) (Fan, 1994). Parallèlement des réformes structurelles, la réforme de décentralisation a créé au niveau local une économie publique pilotée par une coalition des gouvernements locaux et d'entreprises d'État (Baicker, 2005 ; Liu et al., 2012).

La planification joue un rôle important dans la vie économique chinoise puis qu'elle est à la fois l'outil principal du gouvernement chinois pour mobiliser les ressources pour atteindre les objectifs économiques et sociaux et la base d'évaluation des autorités locales. L'impact de la planification dans les politiques publiques chinoises se traduit en deux niveaux : au niveau national, une adaptation par chaque ministère avec son plan d'action et au niveau local, le Plan national sera transposé à chaque échelon administratif local. Les autorités locales étant évaluées selon leur performance de réalisation des objectifs entraînent dès lors une concurrence inter-régionale à la fois pour obtenir des fonds publics et des investissements privés pour développer l'économie locale (Fan, 1994).³

³ Il convient de souligner que depuis le XIe Plan quinquennal (2006-2010) sur le développement économique et social, le « Plan » est officiellement devenu indicatif. Et son intitulé en chinois a été changé de « wu nian ji hua » (plan quinquennal) à « wu nian gui hua » (programme quinquennal). Mais la traduction en anglais ou en français

La réforme dans le domaine énergétique commence également dans les années 1980. Jusqu'à 1985, le secteur énergétique a été planifié par le gouvernement central et géré par un seul opérateur étatique attaché directement au Conseil d'Etat chinois. Au niveau local, ses bureaux d'administration sont attachés aux gouvernements locaux de différents niveaux. Par une suite des réformes de la décentralisation (en 1985), des entreprises d'Etat (en 1997) et de la déréglementation de secteur énergétique (en 2002), le marché énergétique chinois est aujourd'hui réparti entre 2 entreprises nationales de gestion de réseaux d'électricité, 5 opérateurs nationaux et une douzaine des opérateurs provinciaux tandis que la régulation est assurée par la State Electricity Regulatory Commission (SERC)⁴. Si la réforme de décentralisation et la déréglementation depuis les années 1980 dans le secteur énergétique donnent une plus grande souplesse pour répondre au besoin énergétique croissant, il crée aussi le problème systémique entre le marché, les planificateurs et les opérateurs. D'une part, la décentralisation à demi-teinte crée des relations conflictuelles entre les opérateurs nationaux et provinciaux (Yuan et al., 2012). D'autre part, malgré l'introduction du mécanisme du marché, la régulation administrative reste dominante (Zhou et Delbosc, 2013).

Ainsi, nous pouvons trouver dans le domaine de l'énergie renouvelable les Plans sur l'énergie et sur l'énergie renouvelable mais aussi les Plans sur les sciences et technologies et le développement industriel qui jouent sur le développement des technologies et les industries liées à l'énergie renouvelable. A ceux-ci s'ajoutent le Plan de développement à moyen et long terme pour l'énergie renouvelable (MLP Renouvelable) publié en 2007 et le Plan de développement des sciences et technologies à moyen et long terme (MLP S&T) publié en 2006 qui ont fixé les objectifs à atteindre à l'échéance de 2020.

Le MLP Renouvelable, une nouvelle pousse après la loi sur l'énergie renouvelable promulguée en 2006 et modifiée en 2009, stipule que la part des énergies renouvelables de total doit atteindre 10 % de la production totale et 15 % en 2020. Les sources renouvelables à l'échéance de 2010 et 2020 pour les sources de l'énergie renouvelable (l'hydraulique, l'éolienne, la biomasse, le solaire, la géothermique, et la marine). De son côté, le MLP S&T fixe, entre autre, objectif de réduire la dépendance des technologies étrangères des entreprises chinoises de 60 % à 30 % et de promouvoir l'innovation collaboration dans le système national d'innovation où les flux libres de la chaîne production-éducation-recherche-utilisation permettra aux entreprises de développer l'innovation endogène. Dans les secteurs prioritaires, l'énergie figure en première place des 11 priorités du MLP S&T.

Dans ce cadre, la dynamique systémique entre les relations horizontales entre les administrations qui s'en chargent d'interprétation et de définir les mesures nationales mais aussi l'articulation verticale entre le gouvernement central et les gouvernements locaux est essentielle pour la bonne application des politiques en la matière. La réalité est hélas plus compliquée. Le développement des industries photovoltaïque et éolienne est exemple de la difficulté de coordination des politiques et des flux de connaissances.

n'a pas été changée. Toutefois, du fait que le système d'évaluation et d'incitation ainsi que l'organisation administrative n'ont pas été changés, l'importance du Plan dans l'orientation des activités économiques chinoises demeure. Ainsi, la traduction reflète plus fidèlement la réalité.

⁴ Pour savoir plus sur la réforme du système d'électricité en Chine, voir Yuan et al., 2012, « Managing electric power system transition in China ».

3. LE SYSTEME D'INNOVATION DU SECTEUR DE L'ENERGIE RENEUVELABLE EN CHINE : LE CAS DES INDUSTRIES PHOTOVOLTAÏQUE ET EOLIENNE CHINOISES

La réforme du marché a aussi changé la configuration du système scientifique et technologique chinois. La réforme structurelle du système de S&T lancé en 1985 a pour objectif de transformer l'ancien système S&T construit selon le modèle soviétique caractérisé par les relations hiérarchiques rigides qui ne permettait nulle interactions entre les différents acteurs de R&D et l'appareil productif au modèle du système national d'innovation où les acteurs publics de R&D et l'industrie peuvent collaborer pour innover selon le besoin du marché. Les principales mesures prises sont :

- La décentralisation de la politique de S&T qui permet des autorités locales de définir dans le cadre de l'orientation national leur propre politique en la matière
- La mise en place du système de contrat de responsabilité et du système d'évaluation par les critères chiffrés pour améliorer l'efficacité de la recherche publique
- Le rapprochement de la recherche publique avec l'industrie en encourageant les instituts de recherche de mener les services technologiques pour les entreprises
- La commercialisation des technologies et la création d'entreprises par la recherche publique

Toutefois, la réforme du système S&T n'a pas pu résoudre le problème d'innovation des entreprises chinoises. Malgré d'une vingtaine d'années de réformes systémiques, l'incohérence de la définition et l'organisation du système de S&T persiste et elle conduit au cloisonnement entre les différents acteurs scientifiques (les académies, les institutions de recherche, les universités et certaines grandes entreprises), au manque de créativité dans le milieu scientifique et au dirigisme étatique dans les activités de l'innovation. Ces défaillances empêchent le développement d'un système d'innovation soutenu par les entreprises opérant selon le mécanisme du marché. En effet, la réforme du marché crée une situation délicate dans les systèmes de recherche et productif. D'une part, le milieu de la recherche publique ayant profité des réformes institutionnelles pour développer ses propres affaires s'éloigne de plus en plus de l'industrie sur le plan de la R&D. De l'autre part, soutenues par les politiques d'investissement étranger volontaristes qui exigent entre outre le transfert de technologie dans les secteurs technologiques, les entreprises notamment les grandes entreprises publiques deviennent dépendantes des technologies étrangères. La trajectoire atypique du développement technologique de l'industrie chinoise commence par l'importation des technologies étrangères, l'adaptation et l'imitation qui résulte à l'innovation incrémentale. C'est aussi le cas du secteur de l'énergie renouvelable (Liu et Liang, 2013 ; Liu, 2013).

Le développement de deux industries partage beaucoup de points communs. D'abord, si l'essor de l'énergie renouvelable en Chine contribue également à l'expansion des industries liées à l'énergie renouvelable, leur développement est soutenu avant tout par la politique industrielle agressive pour créer des champions nationaux pour « gagner » la compétition internationale (pour le gouvernement central dans le cas de l'éolienne) ou pour développer l'économie locale (pour les gouvernements locaux dans le cas de la photovoltaïque). Malgré ces similitudes, les deux industries suivent deux voies de développement différent à cause des trajectoires technologiques et les politiques qui les soutiennent.

3.1. La trajectoire technologique des industries photovoltaïque et éolienne chinoises

Soutenues par les politiques publiques, les deux industries suivent une trajectoire technologique similaire dans leur développement : l'acquisition des technologies étrangères > l'adaptation > l'imitation > ré-innovation. Toutefois, leur parcours diffère largement.

- *Photovoltaïque : de l'exploitation des technologies existantes à la recherche pour la saute technologique*

L'industrie photovoltaïque se sépare entre l'exploitation des technologies de première génération (les technologies de silicium cristallin) et la nouvelle génération de la couche fine et des composés organiques. Les technologies de première génération – le silicium monocristallin puis poly-cristallin – ont été exploitées depuis les années 1950 et sont facilement accessibles aujourd'hui. L'« importation » des technologies étrangères des entreprises chinoises est faite principalement par l'achat des équipements et par la mobilité des chinois rapatriés. Ainsi, grâce à une barrière technologique relativement basse, les entreprises chinoises se spécialisent dans la production des cellules et modules PV, les deux produits qui se situent dans la chaîne de valeur avale. Il convient de souligner que les joint-ventures se développent uniquement après la formation du marché chinois et leur rôle dans le transfert de technologie est non significative (De la Tour et al., 2011 ; Grau et al., 2012 ; Wu et Mathews, 2012 ; Deutch et Steinfeld, 2013).

- *Eolienne : de la recherche publique à l'acquisition par le transfert de technologie*

La recherche en éolienne chinoise a été lancée dès les années 1970. Financé par le gouvernement central à travers les Plans, les projets de recherche technologique sont pilotés par les instituts de recherche et parfois en collaboration avec les entreprises publiques. Les financements de projets de recherche se renforcent pendant les années 1980 et 1990⁵. Par exemple, le Centre de l'énergie éolienne a mobilisé huit instituts de recherche pour développer l'éolienne de 200 kW dans le cadre du programme des laboratoires clés pendant la période du VIIIe (1991-1995) Plans. Toutefois, ne disposant pas de marché interne, l'impact de ces projets de recherche est limité à la construction d'une base technologique qui deviendrait nécessaire pour absorber les technologies importées. Du côté de l'industrie, depuis la première importation des éoliennes en 1985 (de Danemark), l'apprentissage des entreprises chinoises se fait à travers l'absorption des technologies étrangères à travers l'achat des équipements et la coopération avec les entreprises étrangères dans le design. Toutefois, ces efforts ne suffisent pas au décollage de l'industrie éolienne. Le processus accéléré commence dans les années 1990 par l'achat des technologies et le transfert de technologie dans le cadre de joint-ventures. En absorbant les technologies importées, les entreprises chinoises imitent, réinventent et se spécialisent dans la maîtrise du coût.

3.2. Les politiques pour le développement de ces deux industries

Dans tous les deux cas, le développement industriel est soutenu par des politiques volontaristes. Mais les buts et les moyennes de ces politiques diffèrent.

- *L'industrie photovoltaïque chinoise : de bottom-up à l'intervention centrale*

Le développement de l'industrie photovoltaïque chinoise est le résultat d'une approche bottom-up initiée par les entrepreneurs notamment les chinois rapatriés avec le soutien des gouvernements locaux. D'un côté, les entrepreneurs notamment les chinois rapatriés souvent

⁵ C'est la période des VIIe (1986-1990) et VIIIe Plans.

hautement qualifiés dans le secteur semi-conducteur amènent avec eux les technologies spécifiques dans la production photovoltaïque. D'autre côté, grâce à la décentralisation fiscale, les gouvernements locaux peuvent utiliser le régime fiscal favorable pour attirer les investissements notamment ceux provenant de l'étranger pour promouvoir la croissance économique locale.

Les gouvernements locaux utilisent les politiques industrielles classiques comme l'allégement fiscal, le mécanisme de financement (le véhicule de financement du gouvernement local et les crédits bancaires) la garantie au prêt, les taxes foncières préférentielles ou la mise à disposition de terrain à coût réduit voie zéro, etc. pour attirer l'investissement. Le gouvernement central intervient seulement au moment où l'industrie photovoltaïque chinoise entre en crise de surcapacité liée à la chute de demande européenne et la baisse drastique de marge à cause de la baisse du prix de vente et l'augmentation de coût de production (Deutch et Steinfeld, 2013). Le programme de subvention aux appareils électroniques pour le milieu rural aide à l'expansion de l'industrie photovoltaïque (notamment le chauffe-eau solaire). Le gouvernement central intervient seulement au moment où l'industrie photovoltaïque chinoise entre en crise (2010-2011). Cette complicité a mené de résultats fructueux. En 2008, la Chine est devenue le premier producteur mondial de panneaux solaires photovoltaïque. L'industrie photovoltaïque chinoise caractérise par une forte présence des entreprises privées qui se concurrencent sur le marché d'exportation (90 % de production PV sont dédiées à l'exportation).

- *L'industrie éolienne chinoise : de la politique interventionniste du gouvernement central à l'essor des gouvernements locaux*

Contrairement à l'industrie photovoltaïque, le développement de l'industrie éolienne est dès le début poussé par le gouvernement central. Les programmes de recherche technologiques ont été lancés dans le cadre des plans (comme le programme des laboratoires clés nationaux que nous avons cité plus haut) depuis les années 1980. Afin de protéger l'industrie éolienne chinoise encore en enfance pour se développer, la Commission d'Etat de réforme et du développement (SDPC) a issu en 2005 un document concernant la gestion du développement de l'électricité produite par l'éolienne qui exige qu'au moins 70 % des équipements éoliens doivent être origine chinoise dans toutes les nouvelles installations des parcs éoliens. L'énergie éolienne se développe rapidement depuis la promulgation de la loi sur l'énergie renouvelable en 2006 et l'industrie éolienne profite du développement rapide de l'énergie éolienne en Chine. En 2004, une nouvelle réglementation décentralise l'approbation des nouvelles installations inférieures à 50 mille kW aux gouvernements locaux (province, ville autonome, ville).⁶ Les gouvernements locaux, attirés par les retombées potentielles de cette nouvelle industrie, se précipitent dans le développement des parcs éoliens.

La conjonction des politiques centrale et locales donne un coup de pouce à l'industrie éolienne chinoise. La part de la Chine dans la nouvelle installation mondiale est passée de moins de 10 % en 2006 à 49 % en 2010. Depuis 2010, la Chine est devenue le premier marché de l'énergie éolienne en termes de nouvelle installation et de capacité accumulée. Sa capacité totale de l'énergie éolienne sur réseau atteint 310 GW en 2010. En 2011, elle représente 43 % de nouvelle capacité installée mondiale et 26 % de capacité mondiale accumulée. En 2012, l'éolienne est devenue la troisième source énergétique en Chine après le charbon et

⁶ 根据《国务院关于投资体制改革的决定》（国发[2004]20号）的有关规定，总装机容量5万千瓦及以上风电项目由我委核准，其余项目由各省（区、市）发展改革委核准。有关核准程序和条件按《企业投资项目核准暂行办法》（中华人民共和国国家发展和改革委员会令19号）执行。

l'hydraulique et devant le nucléaire. Grâce à son marché local important, la Chine est devenue le leader dans la fabrication des éoliennes et 4 entreprises d'éolienne chinoise sont classées dans les 10 premiers fabricants mondiaux. A la différence de l'industrie photovoltaïque, la production éolienne chinoise est concentrée sur le marché interne et peu présente sur le marché international (hors Chine). Le tableau ci-dessous résume la différence de la voie du développement de ces deux industries.

	Photovoltaïque	Eolienne
Source de technologie	Achat d'équipement et chinois rapatriés Apparition des JV après démarrage, peu de contribution dans le transfert de technologie Fusion et acquisition	Achat de technologie étrangère (1997) JV au démarrage, source majeure de l'importation des technologies Innovation coopérative dans le design Fusion et acquisition
Caractéristique de marché	Exportation (90 %)	Marché chinois
Développement industriel	Bottom-up, forte présence des entreprises privées	Top-down, dominance des grandes entreprises notamment les entreprises d'Etat
Stratégie d'innovation	Saute technologique dans la recherche	Innovation « incrémentale » dans la diversification

3.3. La faiblesse du système sectoriel d'innovation et la crise de la surcapacité

Toutefois, malgré l'augmentation de la production, l'innovation reste un point faible des entreprises chinoises. Les entreprises chinoises du secteur énergétique sont dans son ensemble à la traîne dans la recherche et l'innovation. En 2011, les entreprises industrielles en-dessus de taille désignée dans le secteur de la production et la distribution d'électricité et de chaleur CNY 4,58 milliards (environ USD 0,57 milliards) et l'intensité de R&D est à 0,09 %, qui est le deuxième secteur qui a la plus faible intensité de R&D parmi tous les secteurs industriels (juste devant la production et la distribution de gaz qui a investi CNY 0,2 milliards dans la R&D qui représente 0,04 % de total de chiffres d'affaire).⁷ Par ailleurs, dans les deux industries, les instituts de recherche publics sont absents dans la recherche de montée en gamme et l'innovation des entreprises.

L'analyse des brevets déposés par les entreprises et les instituts de recherche chinois montre que dans l'amont de la chaîne de production de photovoltaïque (la purification de silicium et la production des lingots et de galettes) les brevets à l'extérieur de la Chine sont principalement déposés par les instituts de recherche publique. Mais l'implication de ces derniers dans la production des PV est relativement faible. Ainsi, les entreprises photovoltaïques chinoises sont concentrées dans les processus aval de la chaîne de production des PV : des cellules et modules PV et sont peu présentes dans l'ingénierie et la production de l'équipement « clé à la main » (turnkey equipment). En 2007, la part de la Chine dans le

⁷ Pour comparaison, les dépenses privées de R&D de l'industrie énergétique en 2012 est USD 6,7 milliards aux Etats-Unis et 1 200 milliards en Europe dépenses USD 6,7 milliards. Source : MOST, Communiqué of national R&D expenditures in 2011 ; BE Etats-Unis 289, Dépenses privées de R&D aux Etats-Unis : les secteurs en progression, 11/05/2012.

marché mondial est de 27 % pour les cellules PV tandis que le secteur amont, c'est-à-dire la purification de silicium et la production des lingots et de galettes représentent seulement 2,5 % et moins de 5 % respectivement (De la Tour et al., 2011 ;Grau et al., 2012 ; Deutch et Steinfeld, 2013). Dans l'industrie éolienne, les incidents techniques fréquents – 193 incidents de déconnexion dont 54 majeurs entre janvier et août 2011 – à cause de la qualité médiocre des composants entravent le fonctionnement du réseau d'éoliennes et la perte d'énergie (Yang et al., 2012). Ceci peut aussi expliquer l'absence relative des entreprises chinoises sur le marché international d'éolienne hors Chine. Par ailleurs, la contrainte technologique des entreprises chinoises empêche le développement des parcs éoliens ne mer.

3.4. La crise de surcapacité

Vers la fin des années 2010, les deux industries sont toutes entrées dans la crise de la surcapacité. Pour l'industrie photovoltaïque chinoise, la surcapacité est la combinaison de plusieurs facteurs liés à la conjoncture de l'économie internationale. La chute de demande européenne et la baisse drastique de marge à cause de la baisse du prix de vente et l'augmentation de coût de production sont les deux facteurs principaux. Mais la crise relève le problème plus profond du développement déséquilibré de l'industrie photovoltaïque chinoise : trop dépendance du marché étranger (90 % de production à l'exportation) et faible présence sur le marché local en termes de capacité installée (0,28 % en 2012) et de production d'électricité (0,07 % en 2012) (capacité sur réseau).

Les causes de la crise de surcapacité de l'industrie éolienne sont multiples. A la différence de PV, le premier problème est lié à la distribution géographique des capacités installées. L'installation éolienne concentre sur les régions Nord, Nord-Ouest ou Nord-Est, les régions où le développement économique est beaucoup moins propice et donc la demande énergétique est relativement faible par rapport aux régions est/sud-est qui sont gourmandes en énergie pour faire tourner la machine de fabrication. Ainsi, il y a une surcapacité de l'installation éolienne qui cause une chute de nouvelle installation en 2010 et une contraction en 2012 (-12 %). L'augmentation de la production énergétique par l'éolien est aussi réduit de 130 % en 2008 à 35 % en 2012.

Mais la crise de surcapacité relève également les problèmes systémiques de la coordination entre la planification énergétique et le déploiement des réseaux (Luo et al., 2012) et entre les différentes politiques relatives (énergie, énergie renouvelable, innovation, industrie). Après les réformes de décentralisation et de dérégulation depuis les années 1980, la gestion du réseau d'électricité est entre les mains de 2 entreprises d'Etat tandis que 5 entreprises d'Etat et une douzaine des entreprises provinciales opèrent sur le marché qui entretient des relations parfois conflictuelles. Le réseau d'électricité chinois, vieux et inflexible, n'est pas adapté pour transmettre l'énergie produite par les sources renouvelables (Zhang et al., 2013). Les installations d'énergie renouvelable sont délicates à raccorder au réseau existant, car il s'agit de sources d'énergie intermittentes et dépendantes de conditions météorologiques difficilement prévisibles, ce qui entraîne une hausse du coût des équipements afin de les relier de manière viable et fiable au réseau, mais aussi des difficultés dans la gestion de l'équilibre production/consommation. D'autre part, si le prix de renouvelable est plus élevé, il n'existe pas, jusqu'à 2006, de mesures incitatives pour adapter les renouvelables sauf la subvention pour l'installation des panneaux solaires pour chauffer d'eau. Ensuite, après la décentralisation de l'approbation de nouvelle installation en 2004, les politiques industrielles locales qui voient dans l'éolienne une nouvelle opportunité économique contribuent à la volée des parcs éoliens sans prendre en compte la capacité d'absorption du réseau.

4. LA POLITIQUE MIXE D'INNOVATION EN FAVEUR DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE RENOUVELABLE EN CHINE

En constatant des blocages systémiques dans le développement du secteur de l'énergie renouvelable, le gouvernement chinois se met à renforcer le développement coordonné par une série de politiques qui visent à remédier les points faibles dans le système d'innovation. À partir du XI^e Plan (2006-2010) dont la période coïncide avec la publication des MLP Renouvelable et S&T, la promotion des industries vertes (énergie renouvelable, environnement, etc.) sont intégrées dans les différents plans thématiques. À partir du XII^e Plan (2011-2015), Zeng et al., (2013) réalisent une liste des mesures dédiées au développement des énergies propres en Chine depuis la publication du MLP Renouvelable. Depuis cette liste, nous pouvons observer que les efforts se concentrent et renforcent dans les programmes de démonstration pour les technologies solaire et éolienne avancées. Ces programmes sont accompagnés des mesures fiscales pour favoriser le développement du réseau intelligent ou les standards techniques.

En ce qui concerne l'innovation et développement industriel, dans le cadre du XII^e Plan quinquennal, deux plans sont dédiés à leur développement industriel : le XII^e Plan quinquennal de développement de l'industrie photovoltaïque et le XII^e Plan quinquennal de développement de l'énergie éolienne. Ces deux plans sont associés au- et ainsi complétés par – les politiques d'innovation. Nous pouvons en citer quelques-uns des plus importants :

- Le renforcement du soutien direct à la recherche industrielle : le programme 863 (National High-Tech R&D Program) et le programme de R&D pour les technologies clés (Key Technologies R&D Program), la recherche sur la technologie en couche mince, la recherche pour l'éolienne de 1,5 MW à faible vitesse (menée par le plus grand producteur chinois – Goldwind qui est une entreprise privée) et plus important encore, les programmes de recherche industrielle visant à développer le réseau intelligent (par exemple le programme « soleil d'or » pour l'installation de grand parc solaire sur réseau dans le désert).
- Les mesures indirectes comme les mesures fiscales : l'exemption de taxe d'importation pour les technologies renouvelables, l'exonération de la taxe professionnelle, la réduction des impôts pour les services liés à la conversion énergétique ou les mesures pour faciliter l'accès aux crédits aux projets de recherche et d'innovation (menés par les entreprises ou les instituts de recherche).
- Les autres mesures visant à renforcer l'infrastructure technologique notamment l'aide au recrutement des personnes qualifiées ou la politique appuyant sur la demande : les projets d'expérimentation de véhicule à nouvelles énergies dans les services publics (le projet « dix villes milles véhicules »), l'expérimentation de la subvention à l'achat privé de véhicule à énergies nouvelles (2010-2012) ou la subvention à la consommation pour promouvoir l'innovation de l'industrie photovoltaïque (le projet « dix villes milles lampes »).

Ces mesures sont mises en place récemment et il n'est donc pas possible de prendre suffisamment de recul pour étudier leur interaction et l'impact sur le développement du secteur de l'énergie renouvelable. Toutefois, la tendance montre qu'un rapprochement des politiques industrielles, énergétique et d'innovation pour faciliter la transition énergétique se forme au sein du système d'innovation chinois.

CONCLUSIONS

En comparant la trajectoire du développement de ces deux industries clés de la transition énergétique, nous souhaitons montrer la force et les faiblesses de la politique pour promouvoir l'innovation verte en Chine. Le développement du secteur de l'énergie renouvelable en Chine est tiré par une politique volontariste. Partir de zéro, les industries photovoltaïque et éolienne chinoises sont devenues le plus grand producteur du monde aujourd'hui. Toutefois, si les mesures dirigistes ont permis le décollage de ces deux industries, elles ne sont pas aussi efficaces pour promouvoir l'innovation. Nombreux problèmes de coordination persistent à la fois dans la définition des politiques en la matière et les relations inefficaces entre les différents acteurs. En constatant les blocages qui empêchent le fonctionnement du système, le gouvernement chinois, par la nouvelle stratégie nationale d'innovation, se met à soutenir les domaines qui permettent d'augmenter la dynamique entre les différents acteurs dans le secteur de l'énergie renouvelable par une série de politiques plus coordonnées.

Ces analyses nous permettront de retenir l'hypothèse qu'une convergence des politiques industrielle, énergétique et d'innovation est en train d'émerger pour former une politique de la transition durable en Chine. Cette nouvelle orientation pourra se traduire en deux dimensions. D'une part, elle renforcera la coordination et les interactions des politiques nationales menées par les différents ministères visant à améliorer l'efficacité énergétique et à diversifier les sources d'énergie. D'autre part, elle assurera la cohérence des mesures entreprises par les autorités locales par rapport aux objectifs nationaux en la matière et la réalité locale.

BIBLIOGRAPHIE

- Ambassade de France aux Etats-Unis / ADIT, "Dépenses privées de R&D aux Etats-Unis : les évolutions par grands secteurs" *BE Etats-Unis*, no 289, 11/05/2012. http://www.bulletins-electroniques.com/actualites/069/69984_vi.htm
- Baicker K., 2005. "The spillover effects of state spending", *Journal of Public Economics*, n°89, pp.529-544.
- Boutillier S., Djellal F., Gallouj F., Laperche B., Uzunidis D., 2012, *L'innovation verte*, Bruxelles, Peter Lang.
- Chen Zh., 2013, "The problem of government led development of Chinese photovoltaic industry", *Modern Economic Research*, no.7, pp.39-43.
- Chesbrough H. W., 2003, *Open innovation*, Boston, Massachusetts, Harvard Business School Press.
- China National Renewable Energy Centre, 2012, *Renewable Energy Data Book 2012*, Pékin, 136p, en chinois.
- Cherni J.A., Kentish J., 2007, "Renewable energy policy and electricity market reforms in China", *Energy Policy*, no.35, pp.3616-3629.
- De la Tour A., Glachant M., Ménière Y., 2011, "Innovation and international technology transfer: The case of the Chinese photovoltaic industry", *Energy Policy*, no.39, pp.761-770.
- Cimoli, M., Dosi, G., 1995, "Technological paradigms, pattern of learning and development: an introductory roadmap", *Journal of Evolutionary Economics*, 5(3), pp.243-268.
- Deutch J., Steinfeld E., 2013, *A Duel in the Sun: The Solar Photovoltaics Technology Conflict between China and the United States*, A Report for the MIT, Future of Solar Energy, 32p. <http://mitei.mit.edu/publications/reports-studies/future-solar>
- Dosi G., 1982, "Technological paradigms and technological trajectories", *Research Policy*, n°11, pp.147-162.

- Dosi G., Winter S.G., 2003, "Interprétation évolutionniste du changement économique", *Revue économique*, 54(2), pp.385-406.
- Fan G., 1994, "Incremental Changes and Dual-Track Transition: Understanding the Case of China", *Economic Policy*, 9(19), Supplement: Lesson for Reform (Dec. 1994), pp.99-122.
- Freeman C., 1995, "The National Innovation Systems in historical perspective", *Cambridge Journal of Economics*, vol. 19, no. 1.
- Grau T., Huo M., Neuhoff K., 2012, "Survey of photovoltaic industry and policy in Germany and China", *Energy Policy*, no.51, pp.20-37.
- Guy, K., Boekholt P., Cunningham P., Hofer R., Nauwelaers C., Rammer C., 2009, "Designing Policy Mixes: Enhancing Innovation System Performance and R&D Investment Levels", The 'Policy Mix' Project - Monitoring and Analysis of Policies and Public Financing Instruments Conducive to Higher Levels of R&D Investments.
- Flanagan K., Uyarra E. Laranja M., 2011, "Reconceptualising the policy mix for innovation", *Research Policy*, N° 40(5), p. 702-713.
- He G., Lu Y., Mol A., Beckers T., 2012, "Changes and challenges: China's environmental management in transition", *Environmental Development*, no.3, p25-38.
- Huo M., Zhang D., 2012, "Lessons from photovoltaic policies in China for future development", *Energy Policy*, no.51, pp.38-45.
- Howlett M. Rayner J., 2008, "Design Principles for Policy Mixes: Cohesion and Coherence in New Governance Arrangements", *Policy and Society*, 26(4), pp.1-18.
- Kline S.J., Rosenberg N., 1986, "An Overview of Innovation", in Landau R., Rosenberg N. (eds), *The Positive Sum Strategy*, Academy of Engineering Press, p. 275-305.
- Laperche B., Uzundis D., 2007, "Le Système national d'innovation russe en restructuration. Réformes institutionnelles et politique industrielle", *Innovations*, 26(2), pp.69-94.
- "Li Junfeng: Let (China's) new energy sector develops alone", *Economy (Jingji)*, 30 juillet 2013, en chinois. Article en ligne : <http://www.creia.net/news/creianews/505.html>
- Liu H. Liang D., 2013, "A review of clean energy innovation and technology transfer in China", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no.18, pp.486-498.
- Liu L., Zhang B., Bi J., 2012, "Reforming China's multi-level environmental governance: Lessons from the 11th Five-Year Plan", *Environmental Science & Policy*, no.21, pp.106-111.
- Liu Z., 2013, "Les PME dans les politiques du soutien à l'innovation en Chine", Cahiers de recherche du Lab.RII, n°266. <http://rii.fr.univ-littoral.fr/wp-content/uploads/2013/03/doc-266.pdf>
- Lundvall B.-A. (ed.), 1992, *National Systems of Innovation*, Londres, Francis Pinter.
- Lundvall B.A., Gu S.L., 2012, "Le cheminement de la Chine vers l'innovation endogène et la croissance économique", dans R. Bironneau (dir), *China Innovation Inc.*, 2012, Paris, SciencePo Les Presses.
- Luo G.L., Zhi F., Zhang X.Y., 2012, "Inconsistency between the wind power development and the grid planning and construction: an institutional perspective", *Renewable Energy*, n°48, pp.52-56.
- Niosi J., Bellon B., Saviotti P., Crow M., 1992, "Les systèmes nationaux d'innovation : à la recherche d'un concept utilisable", *Revue française d'économie*, vol.7, n°1, p. 215-250.
- Malerba F., 2002, "Les régimes technologiques et les systèmes sectoriels d'innovation en Europe", in Touffut J.P. (dir.), *Institutions et Innovation : De la recherche aux systèmes sociaux d'innovation*, Paris Albine Miche, pp.203-247.
- Malerba F., 2006, "Innovation, Industrial Dynamics and Industry Evolution: Progress and the Research Agenda", *Revue OFCE*, june 2006, pp.21-46.
- Martinot E., Li J., 2010, "Renewable Energy Policy Update For China. China's Latest Leap: An update on renewables policy", *Renewable Energy World*, 21 juillet, 2010. Article en ligne:

<http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2010/07/renewable-energy-policy-update-for-china>

Ministry of Science & Technology, 2010, 2011, *China Science and Technology Development Report*, en chinois, Beijing, MOST.

Nelson R.R., Winter S.G., 1982, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Belknap Press/Harvard University Press: Cambridge.

OCDE, 2008, *Review of Innovation Policy. China*, Paris, OECD.

OECD, 2010, *R&D tax incentives: rationale, design, evaluation*, Paris, OECD Publishing.

OECD, 2010, *Science, technologie et industrie : Perspectives de l'OCDE 2010*. Paris, OECD.

OECD, 2011, *Demand-side Innovation Policies*, Paris, OECD Publishing.

International Energy Agency, Energy Research Institute, 2011, *Technology Roadmap: China Wind Energy Development Roadmap 2050*, Paris, IEA, Beijing, ERI, 56p.

Pavitt K., 1984, "Sectoral patterns of innovation: Toward a taxonomy and a theory", *Research Policy*, 13, p. 343-375.

Ru P., Zhi Q., Zhang F., Zhong X., Li J., Su J., 2012, "Behind the development of technology: The transition of innovation modes in China's wind turbine manufacturing industry", *Energy Policy*, no.43, pp.58-69.

Silverberg, G. Soete, L.,(eds.), 1993, *Technology and economic theory*, London, Pinter Publishers.

State Statistics Bureau, Ministry of Science & Technology, Ministry of Finances, 2012, *Communique of national R&D expenditures in 2011*, en chinois, Beijing, MOST.

Wang Q., 2010, "Effective policies for renewable energy - the example of China's wind power - lessons for China's photovoltaic power", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n 14, pp.702-712.

Wang W., 2013, *China Renewables Utilization 2012 Data*, China National Renewable Energy Centre. <http://www.cnrec.org.cn/english/publication/2013-03-02-371.html>

Wang Zh., Qin H., Lewis J.I., 2012, "China's wind power industry: Policy support, technological achievements, and emerging challenges", *Energy Policy*, no.51, pp.80-88.

Winter S.G., 1984, "Schumpeterian competition under alternative technological regimes", *Journal of Economic Behaviour and Organization*, n°5, pp. 287-320.

Winter S.G., 1986, "The research program of the behavioral theory of the firm: Orthodox critique and evolutionary perspective », dans Gilad B., Kaish S. (eds), *Handbook of Behavioral Economics*, Greenwich, JAI Press, pp.155-188.

Wu C.Y., Mathews J.A., 2012, "Knowledge flows in the solar photovoltaic industry: Insights from patenting by Taiwan, Korea, and China", *Research Policy*, no.56, pp.524-540.

Yang M., Dalia Patiño-Echeverri D., Yang F., 2012, "Wind power generation in China: Understanding the mismatch between capacity and generation", *Renewable Energy*, no.41, pp.145-151.

Yuan J.H., Yuan X., Hu Zh., Yu Zh.F., Liu J.Y., Hu Zh.G., Xu M., 2012, "Managing electric power system transition in China", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n°16, pp.5660-5677.

Yuan J., Xu Y., Hub Zh., Yu Zh., Liu J., Hu Zh., Xu M., 2012, "Managing electric power system transition in China", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no.16, p.5660-5677.

Zeng M., Xue S., Ma M.J., Zhu X.L., 2013, "New energy bases and sustainable development in China: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, n°20, pp.169-185.

Zhang S., Andrews-Speed P., Zhao X., 2013, "Political and institutional analysis of the successes and failures of China's wind power policy", *Energy Policy*, no.43, pp.331-340.

Zhang K., Wen Z., 2008, "Review and challenges of policies of environmental protection and sustainable development in China", *Journal of Environmental Management*, no.88, pp.1249-1261.

Zhou D., DelbosCA., 2013, "Les outils économiques des politiques énergie-climat chinoises à l'heure du 12ème Plan quinquennal", *Etude Climat*, La recherche en économie du changement climatique, CDC Climat Recherche. http://www.cdclimat.com/IMG/pdf/13-01_etude_climat_38_instruments_economiques_des_politiques_chinoises_energie-climat_cdc_climat_recherche.pdf