

Sciences humaines et sociales et Photovoltaïque

Jean-Marc Agator, Jean-Guy Devezeaux de Lavergne

▶ **To cite this version:**

Jean-Marc Agator, Jean-Guy Devezeaux de Lavergne. Sciences humaines et sociales et Photovoltaïque : Journée d'étude (CEA Saclay, 25 avril 2017). Sciences Humaines et Sociales & Photovoltaïque, 1, MSH Paris-Saclay Éditions, pp.78, 2018, Actes, 978-2-490369-00-3. hal-03257226

HAL Id: hal-03257226
https://rnmsh.hal.science/hal-03257226

Submitted on 10 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



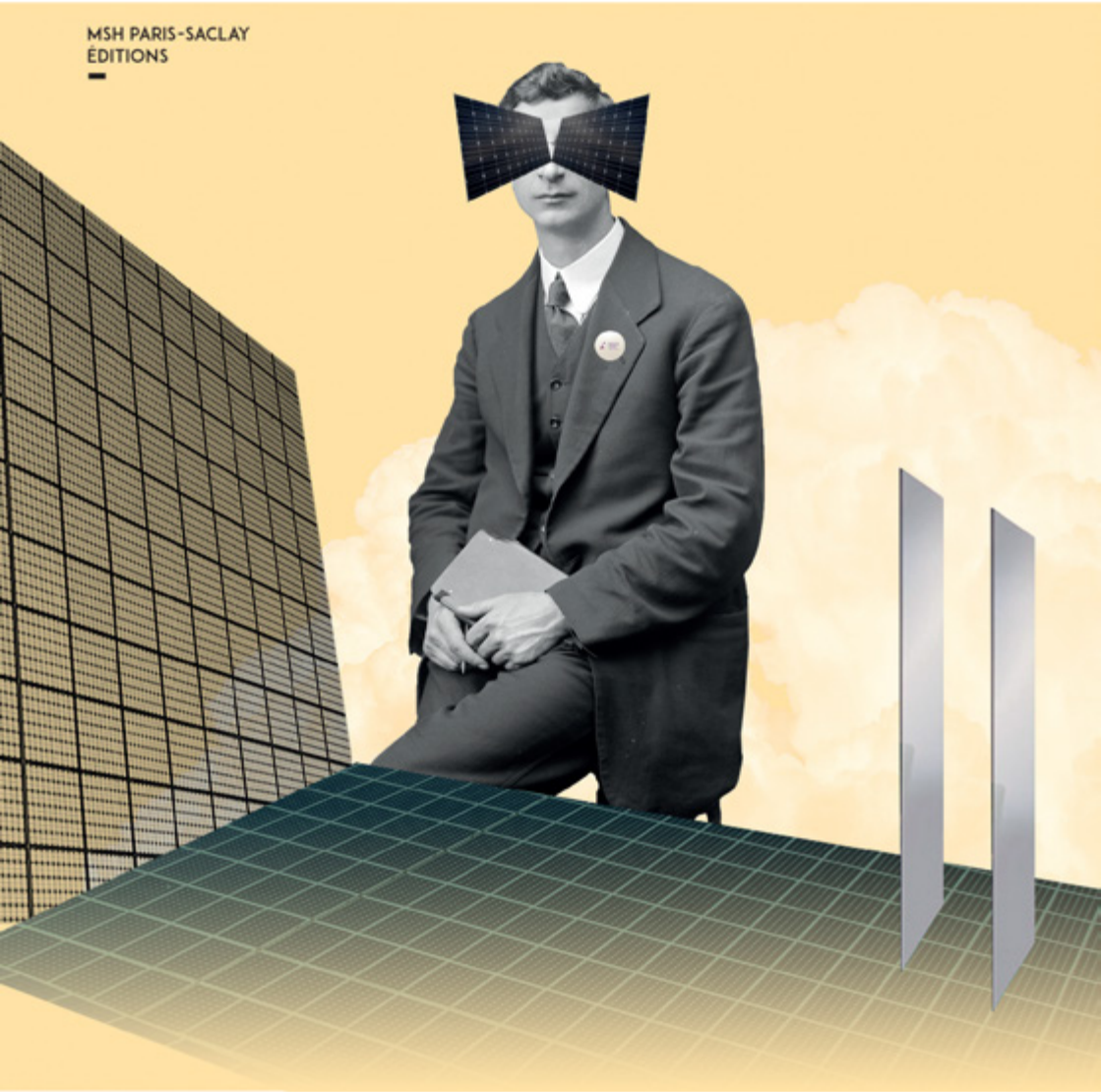
Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Maison des Sciences de l'Homme PARIS-SACLAY

ACTES

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES & PHOTOVOLTAÏQUE

MSH PARIS-SACLAY
ÉDITIONS



DIRECTION
Jean-Marc Agator
Jean-Guy Devezeaux de Lavergne

JOURNÉE D'ÉTUDE
25 avril 2017
CEA Saclay

Maison des Sciences de l'Homme PARIS-SACLAY

ACTES 1

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES & PHOTOVOLTAÏQUE

JOURNÉE D'ÉTUDE
25 avril 2017
CEA Saclay

DIRECTION
Jean-Marc Agator
Jean-Guy Devezeaux de Lavergne

MSH PARIS-SACLAY
ÉDITIONS



©MSH Paris-Saclay Éditions, 2018.
61 avenue du Président Wilson, 94230 Cachan.
www.msh-paris-saclay.fr

ISBN 978-2-490369-00-3

MSH Paris Saclay Éditions
Actes 1

Sciences humaines et sociales & Photovoltaïque

Journée d'étude (CEA Saclay, 25 avril 2017)

Sous la direction de
Jean-Marc AGATOR et Jean-Guy DEVEZEAUX DE LAVERGNE

SOMMAIRE

Jean-Marc AGATOR &
Jean-Guy DEVEZEAUX DE LAVERGNE
Le solaire photovoltaïque à la lumière des SHS : état des lieux et perspectives 7

François MÉNARD
Commentaires sur l'article d'introduction « Le solaire PV à la lumière des SHS » 33

Vincent BAGGIONI
La conformation de l'économie solaire aux ordres d'aménagement locaux 37

Yves BOUVIER & Sophie PEHLIVANIAN
Une histoire à écrire : le photovoltaïque 43

Antoine FONTAINE
Un point de vue géographique sur les enjeux du développement du photovoltaïque 51

Nathalie POPIOLEK
Photovoltaïque, passer de l'offre de technologies à l'offre de services : une véritable opportunité pour la filière 57

Hyun Jin Julie YU
Les enjeux économiques du développement du solaire photovoltaïque 65

Auteur.e.s 73

Le solaire photovoltaïque à la lumière des SHS : état des lieux et perspectives

Jean-Marc AGATOR &
Jean-Guy DEVEZEAUX DE LAVERGNE

La présente note a pour ambition de commencer l'état des lieux des interrogations relatives au développement de l'énergie solaire photovoltaïque (PV), selon une approche retenant les méthodes des sciences humaines et sociales (SHS). Par interrogation, nous comprenons deux origines de questionnement généralement fortement disjointes. D'une part, les besoins de compréhension tels qu'adressés par les chercheurs en sciences "dures", les ingénieurs, les entrepreneurs, et, d'autre part, les questions de recherche que les chercheurs en SHS se proposent d'instruire dans le cadre de leurs méthodes et corpus disciplinaires.

Cette note puise à deux sources : la bibliographie et la pratique des auteurs. Mais – de façon mieux ciblée – elle tire une bonne part de l'information qu'il est souhaitable d'analyser ici des enseignements et perspectives échangés au cours de la table ronde de la journée pluridisciplinaire « Sciences humaines et sociales & Photovoltaïque ». Cette rencontre a été organisée par les auteurs le 25 avril 2017 au centre CEA Paris-Saclay. Le programme de la journée figure sur le site de l'I.tésé[1] et la composition de la table ronde est détaillée en annexe. La présente note est donc à l'image de la journée SHS-PV : diverse,

1 http://i-tese.cea.fr/fr/Evenements/2017/JourneePV-SHS/index.php

foisonnante, peu synthétique, souvent lacunaire… Espérons qu'elle sera surtout stimulante, tant ce sujet le mérite.

Pourquoi interfacer sciences technologiques et SHS ?

Comme nous le soulignions dans une récente « Lettre de l'I.tésé », on a pu caricaturer les postures de certains technologues vis-à-vis de SHS telles que l'économie, la sociologie ou l'anthropologie. On montrait les chercheurs et ingénieurs, persuadés de l'intérêt de leur technologie et de ses applications, s'adressant à leurs collègues en leur demandant d'avoir l'amabilité de leur trouver le bon modèle économique, la meilleure façon de faciliter l'acceptabilité par le consommateur ou de lever les peurs irrationnelles qui brident l'introduction de nouvelles technologies. Inversement, il a pu arriver que des technologues aient le sentiment que certains chercheurs en SHS les considèrent comme d'intéressants sujets d'étude pour analyser leurs modes d'organisation ou de représentation du monde, et la répercussion de ceux-ci sur la recherche et l'évolution des techniques…

Mais depuis plus d'une décennie, les grands organismes de Recherche (CNRS, INRA, INSERM, CEA, IFPEN…) se sont structurés en organisant des programmes transverses pluridisciplinaires. Ensuite, depuis quelques années, un souhait de plus forte interdisciplinarité s'est affirmé et a fait l'objet de demandes et d'appels à projets des grands guichets de financement : Horizon 2020, ANR, ADEME... Le but maintenant est qu'à partir des dialogues et échanges entre les disciplines émerge à terme un ensemble plus cohérent issu d'un enrichissement mutuel de différentes disciplines.

Pour y parvenir, l'objectif est d'étudier conjointement des enjeux de notre société afin de progresser dans leur compréhension. Il n'est ainsi pas certain que les questions de trouver les modalités permettant de développer telle ou telle technologie ou d'analyser les potentiels des technologies au sein

d'un système sociotechnique soient actuellement pertinentes. Le degré de connaissance mutuelle entre chercheurs ne permet en général pas de donner de façon assez générale et organisée des réponses à ce type de question. Plus encore, la formulation des questions interdisciplinaires évolue significativement dès lors que les chercheurs se connaissent et collaborent. Nous rentrons actuellement de plus en plus dans une telle dynamique. Des lieux se constituent qui permettent de tels rapprochements. Tel est le cas de l'université Paris-Saclay (UPSaclay).

Le dialogue entre les SHS et les sciences technologiques est-il possible ? Comment rapprocher les SHS des sciences technologiques ?

Le groupe prospectif de réflexion (GPRO) Énergie de l'alliance Athena, qui réunit des représentants des SHS et des experts de l'énergie, a produit un rapport en septembre 2013 (SHS & Énergie) dont a été tiré le deuxième volume de la collection Athena : *L'Énergie des sciences sociales* (Labussière & Nadaï dir. 2015)[2].

Ce travail collectif au sein d'Athena propose de lire, autour de quatre grands thèmes, la manière dont les SHS abordent les enjeux énergétiques contemporains : visions du futur et scénarios ; gouvernance des politiques de l'énergie ; marché, régulations et modes de consommation ; territoires et recompositions sociales. Au travers de cette approche systémique et interdisciplinaire, la technologie peut être abordée comme un ensemble sociotechnique en constant remaniement.

Alain Nadaï, intervenant ici en tant que membre du GPRO Énergie d'Athena, considère que la problématisation de ces questions nécessite encore un exercice de diplomatie scientifique.

---

[2] En libre accès sur OpenEdition Books, « Alliance Athena » : http://books.openedition.org/allianceathena/203

Il estime donc important de développer les interfaces entre les alliances Ancre et Athena, afin de partager les données et les visions, et d'éviter ainsi de polariser les positions respectives. Ces interfaces sont en développement au travers de rencontres entre les deux alliances, ainsi qu'au travers d'actions jointes (intervention commune à colloque, projet de recherche en cours sur les enjeux de modélisation, réunions régulières). Des actions sont aussi en cours pour positionner les SHS dans la programmation de recherche de l'ANR sur le Défi 2 « Énergie propre, sûre et efficace », à dominante technologique, en interaction avec les communautés de technologues, afin d'aboutir à des formulations communes d'axes de recherche.

Jacques Dubucs souligne l'importance croissante des sciences du comportement. Il estime que la phase de diplomatie scientifique est en voie d'achèvement, les différences entre SHS et sciences technologiques étant moins significatives qu'on le croyait. Il faut maintenant franchir un cap nouveau dans les projets intégratifs en s'appuyant sur l'interdisciplinarité dictée par les problèmes qu'on cherche à résoudre. Cette convergence entre SHS et sciences technologiques est maintenant visible en Europe où la prise en compte des paramètres culturels locaux est anticipée en amont. Il faut donc accroître cet interfaçage.

David Marchal reconnaît d'ailleurs à ce sujet que les projets retenus par l'ADEME pourraient encore davantage être ouverts à l'interdisciplinarité avec les SHS. Stefano Bosi conclut que l'enjeu est maintenant de pratiquer la Recherche en SHS en se focalisant sur des questions vraiment interdisciplinaires faisant appel aux autres sciences, avec la participation conjointe d'au moins deux disciplines.

Comment assurer l'interface entre sciences technologiques et SHS : les actions au sein de l'UPSaclay

L'UPSaclay s'est ainsi dotée de deux instruments d'importance pour construire cette interface.

D'une part, l'UPSaclay a créé en son sein un département SHS, destiné notamment à appuyer la création d'initiatives interdisciplinaires avec d'autres départements (en particulier, donc, dans le domaine des sciences de l'ingénieur et des sciences "dures") et à soutenir celles qui existent déjà, autour des thématiques suivantes :

- l'énergie, notamment *via* l'initiative sur l'énergie Paris-Saclay (Energy@Paris-Saclay), en cours de montage, et le Club de l'Orme[3] sur le plateau de Saclay ;
- le patrimoine scientifique et les matériaux anciens ;
- les aspects sociaux de la santé (en particulier en termes d'alimentation, de handicap, de réflexion sur le pouvoir médical, ou d'épidémiologie) ;
- les humanités numériques et les usages des TIC dans les activités sociales, par exemple dans le travail et les organisations.

D'autre part, la Maison des Sciences de l'Homme (MSH) est une unité de recherche et de service du CNRS et de l'UPSaclay, créée en 2015 pour promouvoir la recherche interdisciplinaire en SHS, en lien avec la stratégie scientifique du département SHS de l'UPSaclay. La spécificité de la MSH Paris-Saclay, par rapport aux autres MSH de France, tient à sa mission stratégique de développer l'interdisciplinarité entre les SHS et les autres sciences ("dures") de l'UPSaclay.

---

[3] Structure informelle créée par l'I-tésé en 2009 qui réunit les acteurs en économie et prospective de l'énergie du plateau de Saclay (organismes de recherche, grandes écoles, entreprises).

C'est sous les auspices conjoints de ces deux structures que le Club de l'Orme s'est placé pour organiser des événements rapprochant les chercheurs. Par ailleurs, dès 2015, des contacts avaient été noués entre l'UPSaclay et l'IPVF[4] afin de réfléchir au rapprochement des SHS et du solaire PV. Le Club de l'Orme s'était joint à ce groupe de discussion constitué dans la perspective d'actions communes, en particulier des séminaires communs. En 2016, le Club de l'Orme avait déjà traité de la thématique de l'hydrogène et des SHS. C'est donc très logiquement que la journée du 25 avril 2017 était focalisée sur le solaire PV. Elle visait à constituer un premier maillage de chercheurs en SHS, interfacés avec les chercheurs "technologues" des instituts IPVF et INES[5], afin de mieux comprendre – comme évoqué plus haut – les aspects humains et sociaux du développement de l'énergie solaire PV. Un tel objectif passe par une (re)connaissance mutuelle des travaux et des compétences des chercheurs et experts impliqués dans (ou intéressés par) ce sujet. L'événement a donc pris la forme d'une journée d'échanges entre les acteurs du solaire PV (ministères, agences, industriels, chercheurs « technologues ») et les chercheurs en SHS de l'université Paris-Saclay et en-dehors.

Cette journée était organisée par le Club de l'Orme, en coopération avec l'IPVF, l'INES, le département SHS de l'UPSaclay et la MSH Paris-Saclay. L'alliance Ancre était associée à cette journée par la présence de plusieurs de ses animateurs de groupes programmatiques, de même que l'alliance Athena par la collaboration de son GPRO Énergie. Daniel Lincot (CNRS), directeur scientifique de l'IPVF, a contribué également de façon déterminante à la réussite de la journée, dans la continuité du groupe de discussion mentionné ci-dessus. L'INES était représenté par son directeur général, Philippe Malbranche, lui aussi fortement impliqué. Ces soutiens reflétaient de façon très

4 Institut photovoltaïque d'Île-de-France (Palaiseau).
5 Institut national de l'énergie solaire (Chambéry).

directe l'intérêt des chercheurs « technologues » dans un approfondissement des échanges avec les SHS.

Le développement du solaire photovoltaïque, une bonne technologie suffit-elle ?

Le développement du solaire PV, introduit par Daniel Lincot lors de la journée SHS-PV, est impressionnant depuis maintenant une décennie environ. La puissance totale mise en service dans le monde à la fin 2016 atteint environ 300 milliers de Mégawatts (MW) de puissance crête (voir la figure 1 ci-dessous). Les prix des matériels baissent à grande vitesse et permettent maintenant d'atteindre des coûts de production actualisés de 30 €/MWh à 40 €/MWh dans certaines régions du monde (Inde, Proche-Orient, Mexique…). Ces performances placent le solaire PV dans une très bonne position (compétitivité en particulier) dans de nombreux pays ou zones. Les coûts de production des énergies concurrentes (gaz, nucléaire, en particulier) sont souvent supérieurs, d'autant plus (pour les énergies fossiles) que des coûts de carbone sont susceptibles de s'y ajouter. Mais la grande question est le caractère variable de l'énergie solaire, laquelle nécessite de disposer d'un ensemble de technologies dédiées à la gestion de cette variabilité : stockage (de court et long terme), *backup* de puissance, pilotage de la demande, insertion dans des réseaux mutualisant les possibilités de gestion des contraintes… Les économistes ont introduit la notion de « coût de système »[6] qui a notamment pour but d'évaluer les surcoûts liés au caractère variable du solaire. Ceux-ci sont très différents selon les pays et les situations des marchés électriques[7]. Un des facteurs principaux

---

6 Pour des installations reliées à un réseau.

7 Les premières études, comme celle de l'OCDE/AEN de 2012, débouchent sur des coûts de systèmes de plusieurs dizaines d'euros/MWh pour un pays comme la France. L'enjeu de leur diminution est donc particulièrement significatif.

qui est étudié par les économistes, outre la baisse des coûts des « installations complètes PV »[8] eux-mêmes, est la possibilité de faire baisser les coûts de systèmes dans le futur. Il y a là une question de technologie, au premier chef, mais pas seulement : les règles et "design" de marchés, la législation, l'organisation des acteurs (gouvernance)… Beaucoup de paramètres ont et auront un rôle central à jouer.

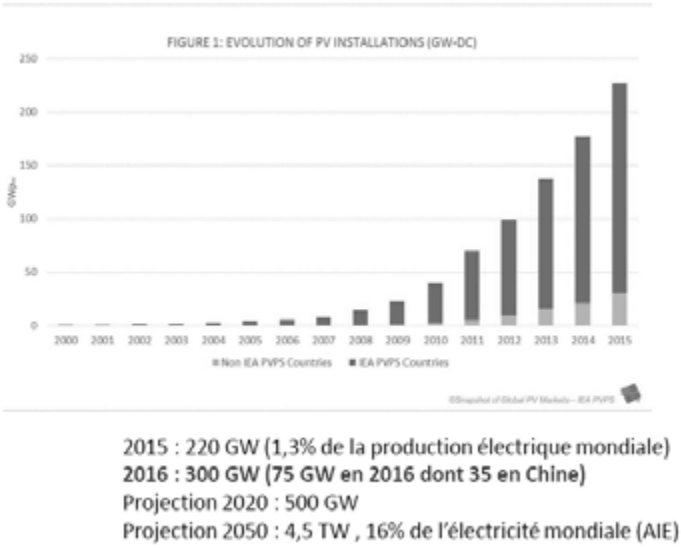


Figure 1 – Développement de la puissance PV « crête » au cours des 15 dernières années selon l'Agence internationale de l'Énergie (OCDE/AIE).

8 Par « installations complètes PV », nous signifions les panneaux PV, le *Balance of System* (onduleur, commandes), le câblage et l'installation de support. Souvent, la littérature fait référence à des « systèmes PV » qui rajoutent malheureusement de la confusion si la question des coûts de systèmes (à la maille du système électrique dans son ensemble) est posée. D'où ce néologisme ici utilisé d'équipement complet.

Ainsi, nous comprenons qu'une bonne technologie ne suffit pas à développer le solaire PV. Il convient à tout le moins, pour anticiper et organiser ce développement, qui est par exemple planifié dans le cadre de la Programmation pluriannuelle de l'énergie en France, de disposer d'une compréhension minimale des différents facteurs en jeu.

Comment développer une meilleure compréhension des aspects humains et sociaux du développement du solaire PV ?[9]

Il est courant aujourd'hui de distinguer plusieurs abords des enjeux de développement technologique par les SHS, notamment selon qu'ils portent sur le cadrage des projets technologiques, leur genèse ou leur développement en aval, en incluant les enjeux dits « d'acceptabilité ».

Pour Jacques Dubucs, deux points de vue sont possibles :

- expliquer le comportement des consommateurs, à partir des données d'entrée (conditions économiques, prix de l'énergie…), mais sans chercher à en comprendre les mécanismes ;
- chercher à comprendre le comportement des consommateurs (qu'est-ce que cela fait d'être devant l'objet, le système, la proposition d'action collaborative ?).

Jacques Dubucs estime donc nécessaire, pour mieux comprendre les aspects humains et sociaux du développement du solaire PV, d'articuler les deux points de vue, c'est-à-dire d'objectiver le vécu des consommateurs, ou encore d'objectiver le subjectif.

---

[9] Le mot « comportement » est souvent utilisé dans ce document, mais son emploi récurrent ne doit pas présupposer que les SHS sont réduites à la seule analyse du comportement des utilisateurs, qu'ils soient consommateurs ou producteurs. Le document s'attache au contraire à montrer la complexité du champ d'analyse.

À l'UPSaclay par exemple, Laurent Willemez perçoit une forme de "bonne volonté" des sciences technologiques pour intégrer les aspects économiques ou technico-économiques dans les projets de recherche. Mais il suggère d'envisager aussi d'autres questionnements liés aux sciences humaines et sociales à appliquer au solaire PV, selon une démarche réflexive :

- Quelles sont les dispositions des individus à agir (en termes de motivation, de socialisation, d'expérience…) et leurs conséquences sur les usages ou le non-usage des technologies ?
- Quelle réflexion doit-on mener sur les producteurs du discours, afin de réfléchir aux politiques publiques pour ce qui concerne les intérêts économiques, écologiques, voire les intérêts contradictoires, les alliances inattendues… ?
- Quelles sont les normes de consommation ou de moindre consommation des technologies, supposant des visions différentes du monde, ceci afin d'explorer la diversité de pensée des sciences humaines et sociales... ?

Le champ de recherche reste donc largement ouvert et ne peut qu'aider à comprendre les multiples aspects humains et sociaux caractéristiques d'un changement d'échelle du développement de l'énergie solaire PV.

Des travaux SHS sur le solaire PV en plein développement

Les rôles des acteurs, les représentations et les systèmes socio-techniques qui sous-tendent leurs pratiques et leurs choix techniques méritent une attention de premier plan, au regard notamment des moyens investis dans la recherche technologique ou dans le développement industriel. Les travaux de recherche sur le solaire PV sont aujourd'hui en plein développement au niveau français et international. La journée SHS-PV du 25 avril 2017 a

donné l'occasion d'évoquer des thématiques en cours de développement, sans prétendre à l'exhaustivité.

Afin d'attester de cette diversité et des enjeux du solaire PV et de permettre de premiers échanges, Alain Nadaï a proposé une distribution de thèmes en cours de développement en sciences sociales, disposés selon l'organisation figurant dans l'ouvrage *L'Énergie des sciences sociales* (Labussière & Nadaï dir. 2015). Voir la figure 2 ci-dessous.

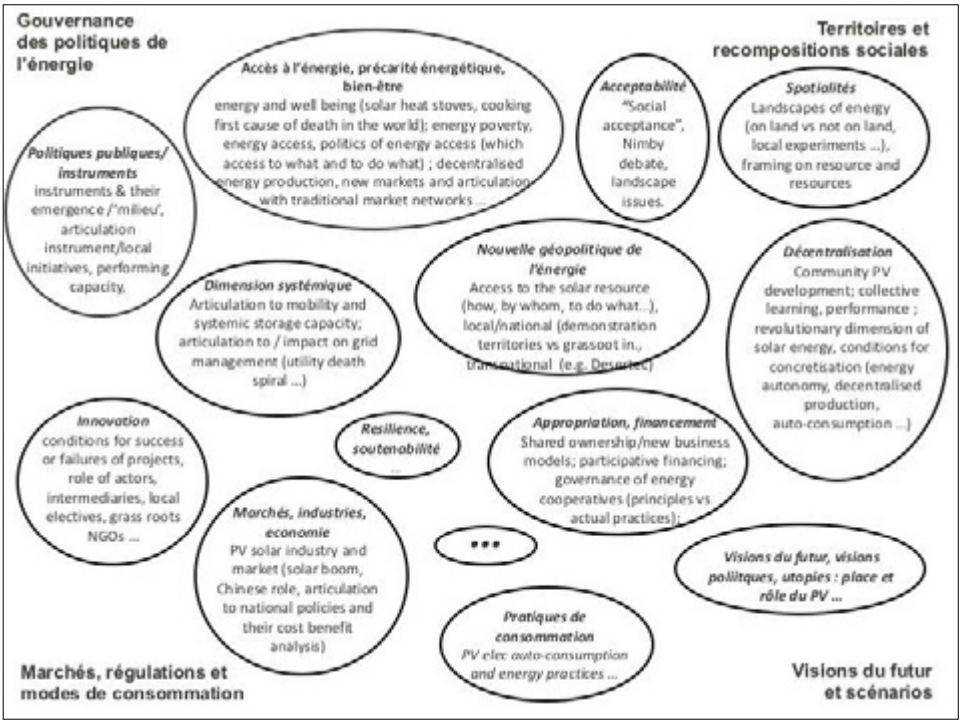


Figure 2 – Proposition de cartographie sommaire de thèmes de recherche en SHS en cours sur le solaire PV (présentation par Alain Nadaï lors de la journée SHS-PV)

Selon François Ménard[10], lors de la table ronde du 25 avril, les travaux disponibles sont très foisonnants, du fait des différences de méthodes, des divergences de points de vue, du travail souvent "en silo" des différentes communautés. Il a en particulier souligné les difficultés de capitalisation organisée des différentes études. Ainsi, il a appelé les grands commanditaires publics de recherche (l'ADEME, mais pas seulement) à mieux organiser et mettre en perspective les analyses et résultats en SHS qu'ils commanditent. Il estime aussi que des « conférences du consensus » seraient utiles pour mettre en évidence les controverses dans les SHS (ce qu'on sait, ce qu'on ne sait pas…).

David Marchal a indiqué que l'ADEME réfléchit à intensifier ses efforts sur ces deux points dans ses projets. Il précise que l'ADEME apporte bien son soutien à de nombreux travaux et projets sur les SHS, mais se réinterroge sur les modalités de les développer davantage. Il signale par ailleurs la publication d'un recueil d'expertise édité par l'ADEME, *Changer les comportements, faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité*, faisant le bilan des apprentissages des différents travaux qu'elle suit[11].

Si de vastes bases de données organisées permettant de cartographier le champ de ces recherches n'existent pas, Jacques Dubucs a précisé que le ministère en charge de la Recherche commence à mettre à la disposition des chercheurs des infrastructures de données en SHS (géolocalisées, économiques, sur la santé, représentationnelles, idéologiques…). Parmi ces infrastructures de recherche figure l'outil PROGEDO[12], qui

---

10 Sociologue, chargé de mission recherche au Plan Urbanisme Construction Architecture (PUCA).

11 http://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/changer-les-comportements.pdf.

12 PROduction et GEstion de DOnnées-PROGEDO : http://www.enseignementsup-

permet la collecte, la documentation, la préservation et la diffusion des nombreuses données nécessaires à la recherche en SHS. L'outil soutient également la réalisation de grandes enquêtes internationales et offre un accès à des bases de données étrangères en SHS.

Quels sont les enjeux et les questionnements d'aujourd'hui sur le solaire PV ?

La recherche technologique sur le solaire PV en France représente des centaines de chercheurs, et dépasse certainement la dizaine de milliers dans le monde. Les enjeux en sont multiples : augmentation des rendements, meilleure utilisation des matières (amincissement des cellules), baisse des coûts de production (cellules, panneaux, électronique), systèmes de *tracking*, recyclage en fin d'exploitation, résistance aux intempéries, tenue mécanique (exemple de la route solaire), tenue dans le temps, intégration des structures dans le bâtiment (tuiles solaires, panneaux de couleur), facilitation de la pose, intégration dans des systèmes très divers (mobilité solaire, systèmes isolés avec batterie, systèmes nomades…).

Les formes sous lesquelles il est possible de produire des dispositifs transformant la lumière en électricité sont très variées et en développement constant : films imprimés, tissus, dalles, plaques, stores, revêtements… Les développements visent à rendre des services de plus en plus divers et surtout multiples pour le même équipement. L'idée qui pousse à ces évolutions est que l'espace est souvent rare (à titre d'exemple, la production d'électricité française nécessiterait de mobiliser la surface d'un à deux départements : il faudra donc, sous nos latitudes, utiliser le plus possible les surfaces déjà artificialisées pour la

recherche.gouv.fr/cid99135/production-et-gestion-de-donnees-progedo.html.

production quantitative d'électricité solaire). La bifonctionnalité est aussi un moyen de réduire les coûts et pourra notamment accompagner l'essor des objets connectés… sans entrevoir encore l'étendue des nouvelles applications qui verront le jour dans les prochains 10 à 20 ans.

L'essentiel des travaux évoqués *supra* est organisé selon une démarche que l'on peut qualifier de « techno push », au sens où c'est d'abord la technologie qui permet de conquérir de nouveaux marchés, sans qu'une réflexion poussée soit menée avec des nombreuses compétences en SHS. C'est par exemple largement le cas du développement des panneaux des grandes installations solaires et des toitures des hangars et bâtiments industriels et commerciaux.

Les chercheurs en technologie s'adjoignent toutefois de plus en plus les compétences de collègues aux compétences très différentes. Les économistes se préoccupent maintenant très activement de questions telles que les impacts du solaire dans les réseaux (voir les coûts de systèmes *supra*), les choix d'outils de politique économique pour développer le solaire PV, la concurrence internationale au sein de cette industrie, la performance de la R&D publique et privée (compte tenu d'effets d'apprentissage)… Un des points qu'ils commencent à mieux connaître est celui de l'autoconsommation. Les travaux en cours permettent en effet de mettre en lumière que la connexion au réseau d'autoproducteurs induit des appels en puissance et en énergie très différents de ceux qui sont à la base du système tarifaire actuel. Le rôle de *backup* du réseau doit ainsi se traduire par des tarifications significativement plus élevées (demande en période de forte tension sur les marchés, capacité importante et peu utilisée en règle générale). Ainsi, la CRE réfléchit-elle à proposer des règles tarifaires nouvelles, traduisant les contraintes inhérentes à ces pratiques. Cette tarification va pendant quelque temps limiter les réalisations de ce type… ou pousser à l'autarcie totale.

D'autres travaux d'économistes touchent de près le développement du solaire PV : il s'agit des politiques publiques de soutien et de leurs raisons d'être (par exemple le travail présenté au colloque par Maria Eugenia Sanin), mais aussi de nombreux travaux sur l'efficacité des outils, la concurrence, les formes d'organisation internationale et le jeu des acteurs…

Notons également que les questions économiques, environnementales et sociales associées aux développements technologiques du solaire PV font l'objet de programmes de recherche des instituts INES et IPVF. Ainsi, ce dernier institut a lancé un programme spécifique qui constitue le cadre des relations engagées avec l'UPSaclay.

Le solaire PV au cœur des territoires

Dans la ligne de ces analyses, il devient de plus en plus clair que le développement du solaire PV ne peut pas être conçu comme la façon de promouvoir et d'accompagner la mise sur le marché d'une technologie comme une autre, destinée à produire de l'électricité. Les installations solaires juxtaposent souvent des échelles territoriales différentes, depuis un toit de maison jusqu'à de très grandes installations de plusieurs dizaines de MW, voire plus encore. Des échelles plus réduites encore sont très fréquentes : montres, calculettes, éclairages à accumulateurs, bornes de secours en sont autant d'exemples. Le caractère local de ces technologies joue un rôle de premier plan dans la motivation des acteurs. Une partie importante d'entre eux, par exemple dans la lignée du C 40[13], cherche à mettre en place des sources d'énergie non polluantes, ancrées dans les territoires, localisées, construites et financées par les utilisateurs les plus proches. Dans ces configurations, l'énergie solaire n'est

[13] Club des 40 villes qui s'inscrivent dans une démarche d'impact carbone nul à terme.

pas seulement transformée en électricité, un panneau photovoltaïque ne peut pas être comparé à un générateur diésel ou un fil apportant de l'électricité d'une lointaine centrale nucléaire. Ce courant, en pleine croissance aujourd'hui, est aussi celui des bâtiments à énergie positive et trouve même une certaine forme d'accomplissement avec le succès de l'autoconsommation de solaire PV. Les représentations du PV, selon les publics, jouent donc un grand rôle. Il suffit de comparer la relative facilité avec laquelle le solaire PV se développe, par rapport à l'éolien, pour saisir en partie les effets de ces comportements.

Les représentations sociales du solaire PV

Aujourd'hui, l'ADEME s'intéresse de plus en plus aux SHS dans ses projets de recherche et s'interroge sur la meilleure façon d'accompagner les changements de comportements. Elle dispose de données régulières sur l'opinion des Français concernant les questions environnementales, notamment sur les énergies renouvelables, afin d'observer l'évolution des comportements.

Ainsi, selon la dernière enquête Environnement[14] commandée par l'ADEME, l'énergie solaire est la mieux connue des énergies renouvelables, avec l'énergie éolienne. Elle est surtout perçue comme la moins chère à produire, la moins polluante et la moins dangereuse. Elle est considérée comme une énergie d'avenir, permettant de lutter le mieux contre l'effet de serre, la plus respectueuse de la biodiversité et des paysages et qui assure le plus d'indépendance énergétique.

Pour les Français, l'énergie solaire est donc la mieux perçue des énergies renouvelables, celle que la France devrait

14 Enquête Environnement vague 3, réalisée par *opinionway*, octobre 2016 : http://www.ademe.fr/barometre-environnement.

développer en priorité (opinion en croissance régulière depuis 2014). Une majorité d'entre eux (58 %) serait même plutôt prête à soutenir le développement des énergies renouvelables dans sa région en plaçant une partie de son épargne dans des projets avec une rentabilité "correcte".

David Marchal, le représentant de l'ADEME lors de la table ronde, considère cependant que, malgré le soutien affiché des Français et les perspectives prometteuses de développement local du solaire PV, il faut éviter que les projets d'installation engendrent des désillusions. Les projets d'énergies renouvelables développés grâce au financement participatif ou citoyen ont en effet plus de chance d'aboutir s'ils sont portés par une dynamique de développement territorial au sens large, incluant les questions environnementales, plutôt que des motivations uniquement "militantes" (accord avec les propres convictions des leaders du projet). Les travaux du GRETS à EDF confirment ces analyses, en montrant l'importance de la rentabilité dans le choix des acteurs. Mais il reste encore beaucoup de questions de compréhension et il est nécessaire de renforcer la professionnalisation du montage des projets d'installation dans les phases en amont.

Parallèlement, des données sont recueillies et analysées sur le terrain. Sophie Bouly de Lesdain (EDF) précise qu'EDF enquête sur le terrain auprès des particuliers pour étudier leur demande d'installation du solaire PV dans l'habitat (quels freins, quel imaginaire, ou désir d'autonomie énergétique…), en fonction de leur profil de consommation d'énergie. EDF intègre déjà des sociologues dans les équipes d'ingénieurs et d'économistes pour concevoir et évaluer les projets d'installation.

Ces résultats sont intéressants à plus d'un titre. Toutefois, ils ne doivent pas cacher leur relative pauvreté sur le plan des méthodes et de la production d'analyses de qualité scientifique. Sans que la journée SHS-PV du 25 avril 2017 puisse prétendre en aucune façon avoir été précédée d'une recherche

systématique, il reste qu'aucun des experts présents n'a identifié l'existence de tels travaux porteurs de résultats. Ceux-ci auraient pu être obtenus par exemple par des sociologues ou des anthropologues pour saisir les comportements à l'aune des représentations sociales ou des jeux des parties prenantes. Cette question est (à nouveau) particulièrement cruciale s'agissant de l'autoconsommation.

Quelles sont les problématiques SHS déterminantes dans le choix de l'autoconsommation solaire PV ?

L'autoconsommation consiste à consommer soi-même l'électricité solaire PV que l'on produit. Les statistiques disponibles à l'ADEME indiquent que les Français y sont plutôt favorables, pour des motivations « technophiles » ou d'autonomie énergétique. Mais il faut prendre garde au déplacement des usages (changement de ses habitudes de consommation). Les études étrangères montrent que les ménages seraient les plus impactés par l'autoconsommation, car le solaire PV change leurs usages quotidiens, par exemple l'usage des appareils ménagers. Il faut donc en tenir compte.

Jean-Christophe Gault[15] estime que, compte tenu de la baisse des coûts de la production puis du stockage du solaire PV, le contexte technologique est maintenant favorable au développement de l'autoconsommation, les principaux enjeux relevant désormais des SHS. Il faut, en particulier :

- continuer à évaluer les déterminants du choix de l'autoconsommation, qu'il s'agisse d'intérêt économique, de besoin d'autonomie, d'importance de produire localement... ;

[15] Chef du département « Économie, fonctionnement et études des systèmes énergétiques » (EFESE) d'EDF R&D.

- déterminer de bons modèles économiques et de régulation de l'autoconsommation recherchant par exemple à apporter des gains effectifs pour la collectivité ;
- plus largement, évaluer les perspectives d'implication des consommateurs dans l'acquisition et le pilotage des équipements de production, de stockage ou de consommation de l'électricité.

Il en résulte un champ de recherche pluridisciplinaire en SHS très vaste et ouvert, dans lequel EDF R&D s'est déjà largement investi. EDF entend proposer de nouvelles coopérations de recherche aux partenaires de l'UPSaclay, sur l'autoconsommation, mais aussi bien au-delà.

Comment contribuer à un premier maillage de chercheurs en SHS sur le solaire PV ?

Le département SHS de l'UPSaclay reste encore peu mobilisé sur la recherche en SHS impliquant le solaire PV et plus largement l'énergie. Il est vrai que la thématique sociétale de l'énergie se heurte à la double injonction qui anime les chercheurs. Ils sont, en effet, incités à produire à la fois des publications académiques dans leur discipline et, de façon parfois contradictoire, des innovations valorisant leurs résultats de recherche.

C'est en tout cas la vocation de la MSH Paris-Saclay d'aider au dialogue[16] des SHS avec les autres sciences, en tirant profit de la richesse du tissu industriel de l'écosystème de l'UPSaclay. L'organisation de journées pluridisciplinaires comme la journée

[16] Le dialogue entre chercheurs en SHS et chercheurs et ingénieurs des autres sciences n'a de sens que par la prise en compte des préoccupations des acteurs tiers du déploiement des équipements solaires PV : administrations publiques, entreprises du BTP, organisations militantes, autorités d'arbitrage…

SHS-PV est une illustration concrète du croisement nécessaire des points de vue pour contribuer à résoudre les contradictions.

Cette rencontre pluridisciplinaire SHS-PV du 25 avril est une première étape encourageante. Elle avait pour ambition de constituer un premier maillage de chercheurs en SHS à l'interface des chercheurs « technologues » des instituts IPVF et INES. Non seulement elle a permis de faire un premier bilan de la compréhension des faits sociaux impliquant le solaire PV, mais elle a ouvert des perspectives de recherche prometteuses, en soulignant notamment que :

- des convergences s'imposent entre les SHS et les sciences technologiques, dès la conception des projets technologiques ;
- il est important de formuler des enjeux interdisciplinaires à la rencontre des sciences technologiques et des SHS ;
- l'analyse des pratiques, notamment de consommation, et des comportements prend une importance croissante pour comprendre les évolutions possibles de la demande. Il convient de mettre ces perspectives en regard des systèmes sociotechniques dont le caractère déterminant est aujourd'hui reconnu.

En guise de conclusion

La Recherche en SHS sur le solaire PV est en fort développement. Elle aborde clairement une gamme d'enjeux essentiels en relation avec le développement et le potentiel de cette technologie. Au-delà de ce constat encourageant, il semblerait intéressant de développer une cartographie structurée et exhaustive des travaux en cours de développement à l'international.

Des résultats significatifs ont déjà été obtenus. Tout d'abord, ceux qui nous restent peu accessibles, car peu académiques et non publiés, en soutien à des démarches industrielles de

conception, de définition de produit ou de service. Ces travaux, qui ne donnent pas lieu à publication et possèdent une valeur industrielle potentiellement importante, sont largement inconnus. Ils sont l'œuvre de sociologues, de *designers*, d'éthologues, d'experts en *marketing*…

D'autres résultats, comme évoqué plus haut, sont disponibles en matière de comportement, de segmentation des populations, de comportements face à diverses innovations (notamment dans l'usage d'instruments *smart*). Ainsi, la sensibilité des publics au prix des services est un point qui ne peut pas laisser indifférent.

Les économistes ont aussi apporté ces dernières années une moisson de résultats, notamment en matière de choix et d'efficacité des outils de politique publique et d'insertion du solaire PV dans les réseaux. Ils posent la question de la tarification liée à ces systèmes en des termes tels qu'il est certain qu'elle devra évoluer. Les sociologues ont également apporté des résultats, notamment en matière de comportement, dont la synthèse n'est pas accessible mais qui éclairent par exemple en termes de réactions aux prix.

Les travaux des historiens permettent de remettre en perspective la situation présente, en rappelant notamment que des périodes passées ont vu des phases de démarrage de nouveaux marchés qui ont eu beaucoup de mal à se concrétiser. En comparaison, l'époque actuelle est très probablement en rupture profonde. Les experts en innovation qui se penchent sur les conditions de réussite de nouveaux produits et services contribuent eux aussi à fournir des indications sur les choix d'organisation de la recherche et d'articulation avec l'industrie qui peuvent accélérer la pénétration de ces « nouvelles offres ».

Ces éclairages apportent leur lot d'encouragement à persévérer. Au plan de la transformation du monde, ils nous amènent par exemple à penser que la dynamique de la transition énergétique, qui est peut-être le point le plus important des

prochaines années, ne dépend pas seulement des instruments de politique économique et de la performance des technologies. Elle est en effet fortement liée aux temps propres des processus individuels, territoriaux, sociaux, *via* lesquels les énergies renouvelables (l'énergie solaire en particulier) sont appelées à croître, d'où l'intérêt de leur compréhension.

S'agissant de la façon de mener nos recherches, ces éclairages révèlent aussi « en creux » de nombreuses voies de collaborations nouvelles pour aller dans le sens des objectifs posés en début de cet article (à tout le moins une meilleure compréhension des phénomènes à l'œuvre, pour construire des prospectives fécondes).

Outre la nécessaire pluridisciplinarité (on pense déjà à mieux travailler entre technologues et économiste !), les chantiers à ouvrir semblent notamment les suivants :

- la production d'un *mapping* des études existantes, incluant une veille internationale, puis d'éléments de synthèse (lorsque cela apparaît possible) ;
- le renforcement des approches sociologiques relatives aux systèmes et services incluant du solaire PV ;
- l'analyse pluridisciplinaire d'expériences en cours en matière d'autoconsommation et la comparaison avec des situations à l'étranger ;
- l'analyse de la gouvernance et des actions des parties prenantes dans les processus de prise de décision publique touchant aux filières solaires PV ;
- l'élargissement des compétences mobilisées en matière de conception innovante ;
- l'expression d'une demande publique (relayée par les ONG qui le souhaiteraient) d'une intensification et d'une mise en réseau des travaux sur la thématique du développement de

systèmes et services incluant du solaire PV, en lien avec l'objectif de limitation du réchauffement climatique[17] ;

- la diffusion et l'explication des résultats des études dans des communautés très larges ;
- la valorisation des carrières des chercheurs impliqués dans ce champ applicatif et de la prise de risque à participer à des démarches pluridisciplinaires, voire interdisciplinaires.

La production d'une feuille de route en la matière est encore prématurée. L'étape qui vient consiste surtout à identifier des sujets prioritaires et à les instruire, dans une démarche collective. Telle pourrait être une des ambitions de l'initiative *Energy@*Paris-Saclay de notre université, en lien avec les acteurs de la recherche, les guichets de financement, les pouvoirs publics territoriaux et « centralisés » et les industriels.

[17] Daniel Lincot suggère notamment de mettre en place des *ateliers citoyens* de jeunes pour travailler sur les projets d'installations solaires PV.

ANNEXE

Déroulement de la journée « SHS-PV » et de sa table ronde du 25 avril 2017

La journée organisée par le Club de l'Orme, l'IPVF et la MSH, en association avec les alliances Ancre et Athena, comportait cinq grandes sessions. La première session a permis à des acteurs du secteur d'exprimer leurs ressentis sur les problématiques SHS du développement du solaire PV. Les trois sessions suivantes étaient consacrées à des approches SHS, disciplinaires ou plus intégrées dans les territoires, du secteur solaire PV. Enfin, la dernière session présentait des grands défis du développement du solaire PV. La journée s'est terminée par une table ronde sur le thème « Un premier bilan de la compréhension des faits sociaux impliquant le solaire PV est-il envisageable ? Quelles orientations futures ? ».

La table ronde qui clôturait la journée visait à réfléchir sur le rôle des SHS pour progresser dans la compréhension des mécanismes de dissémination des technologies solaires PV. Au-delà, elle visait aussi à débattre des modalités d'organisation de la Recherche en SHS et sur les actions à mener dans la conception même des recherches. Il n'aura, en effet, pas échappé au lecteur attentif qu'un des objets de cet échange était de compléter des approches souvent *techno push* de la Recherche technologique, par des démarches intégrant les résultats d'approches SHS le plus en amont possible (idéalement dès la conception de systèmes destinés à offrir un ensemble de services et de « bien-être » plus large que la fourniture d'électricité).

Les participants étaient les suivants :

- Sophie BOULY DE LESDAIN, Chercheur expert dans le groupe « Énergie, Technologie et Société » (GRETS) d'EDF R&D ;
- Jacques DUBUCS, Directeur scientifique du secteur « Sciences de l'Homme et de la société », à la Direction générale de la Recherche et de l'innovation (DGRI) du ministère de la Recherche ;
- David MARCHAL, Directeur adjoint « Productions et énergies durables » à la Direction exécutive des Programmes de l'ADEME ;
- Alain NADAÏ, Directeur de recherche au CNRS, chercheur au CIRED, coresponsable du groupe prospectif de réflexion Énergie/Climat de l'alliance Athena ;
- Laurent WILLEMEZ, Professeur de sociologie à l'université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines, responsable du département SHS de l'université Paris-Saclay.

Références bibliographiques

LABUSSIÈRE O., NADAÏ A. (dir.), 2015. *L'Énergie des sciences sociales* [En ligne], Paris, Alliance Athena. Mis en ligne sur OpenEdition Books le 29/07/2015 (consulté le 09/11/2017).

URL : http://books.openedition.org/allianceathena/203 ;

DOI : 10.4000/books.allianceathena.203

Commentaires sur l'article d'introduction « Le solaire PV à la lumière des SHS »

François MÉNARD

Ces commentaires complètent, en approfondissant certains points, l'article d'introduction « Le solaire PV à la lumière des SHS » sur les enseignements et perspectives de la journée SHS-PV du 25 avril 2017. Ils permettent d'éclairer, sous un angle plus sociologique, les obstacles à la collaboration entre les SHS et les autres sciences dites "dures".

Les points suivants sont approfondis :

- sens de la notion de *comportement* des acteurs et complexité du champ d'analyse ;
- prise en compte des préoccupations des acteurs tiers dans le dialogue entre les SHS et les sciences technologiques ;
- prise en compte des stratégies légitimant les usages du photovoltaïque.

Sens de la notion de *comportement* et complexité du champ d'analyse

La notion de *comportement* est souvent utilisée dans l'article introductif, mais son emploi récurrent ne doit pas présupposer que les SHS sont réduites à la seule analyse du comportement des utilisateurs, qu'ils soient consommateurs ou producteurs.

Les SHS, dans le domaine de l'énergie comme dans d'autres, ne serait-ce que par leur diversité, ne se réduisent pas à une analyse des comportements des individus, quand bien même elle serait étendue aux comportements des acteurs du champ technico-scientifique. La notion même de *comportement* porte d'ailleurs en elle certaines

controverses qui opposent et traversent tout à la fois les différentes disciplines des SHS (Elizabeth Shove, Simon Guy, *theory of social practice*… *vs* l'économie comportementale. Cf. Gaspard & Martin, 2016). La question n'est toutefois pas là, mais dans son emploi récurrent dans l'article introductif.

Certes, le terme *comportement* est utilisé par commodité pour désigner les « aspects humains et sociaux du développement du PV », mais son emploi finit par assigner aux SHS une place plus restrictive que celle ambitionnée au départ et présente, d'ailleurs, dans l'article introductif. Ainsi, les SHS s'intéressent aux technologies elles-mêmes, qu'elles lisent comme des productions humaines, qui incorporent des représentations, des normes, des usages, des théories de l'action, des mondes économiques et industriels, des formes politiques. De même, elles s'intéressent à l'action publique, au gouvernement des hommes et des choses, aux systèmes de décisions, à des contextes, textes et sous-textes.

Les SHS s'intéressent donc à des formes sociales d'expression et d'action non réductibles à des *comportements* d'utilisateurs, qu'ils soient consommateurs ou producteurs. Elles le font au moyen de différentes méthodes et à travers une phénoménologie assez courante aujourd'hui qui exige parfois de ne pas systématiquement (et souvent implicitement) distinguer l'humain du non-humain. Il s'agit alors de mieux saisir « ce qui se passe », ce « qui arrive », sans être gêné par un a priori distinguant par nature ce qui est humain de ce qui ne le serait pas. Une telle attitude peut s'avérer nécessaire sur le plan moral et politique, mais handicapante sur le plan méthodologique.

Or, c'est précisément là que se situe la difficulté du dialogue entre mondes des technologies et des SHS, bien au-delà des orgueils disciplinaires et des cultures professionnelles. Il en résulte parfois le sentiment que les « technologues » peuvent éprouver d'être mal "servis" par des SHS qui se serviraient d'eux et de leurs dispositifs techniques comme objet de recherche (ce qui n'est pas toujours faux). De même, il en résulte parfois le sentiment chez les chercheurs en sciences sociales de voir leurs travaux considérés comme déloyaux, car refusant le champ d'observation qui leur est proposé par les technologues. Un des cas les plus fréquents est la

distance entre une conception physique (ou chimique) d'un procédé ou d'une technique (« vrai » en soi, car fonctionnant conformément aux règles du monde matériel) et une conception du « fait social » de l'existence de cette technologie dans la société.

Prise en compte des préoccupations des acteurs tiers dans le dialogue entre les SHS et les sciences technologiques

Le dialogue entre chercheurs en SHS et chercheurs et ingénieurs des sciences technologiques provient en pratique de la prise en compte des préoccupations des acteurs tiers du déploiement des équipements solaires PV. Ces acteurs tiers sont les administrations publiques, les entreprises du BTP, les organisations militantes, les autorités et instances d'arbitrage…

La relation entre les chercheurs et ingénieurs du PV et les chercheurs en SHS ne relève pas du dialogue. En effet, leur conversation n'existe que parce qu'il y a un « déploiement » (matériel, industriel, territorial...), lequel engage d'autres entités, d'autres acteurs par lesquels la parole des uns arrive aux autres et peut ainsi être traduite, déformée. Mais, surtout, leur conversation existe parce que cette parole incorpore les préoccupations et les discours des tiers. Sans ces acteurs-là, le dialogue évoqué ci-dessus n'aurait aucun motif d'existence, aucune existence propre, si ce n'est à travers un travail strictement épistémologique ou méthodologique.

Encore faut-il qu'il y ait là une question publique qui détermine, pour partie au moins, les termes de l'échange. C'est un enjeu essentiel de ne pas maintenir hors du cadre ces paroles tierces, car celles-ci sont tout sauf abstraites ou inertes. Il ne s'agit pas ici d'élargir la pluridisciplinarité à l'ensemble des régimes de discours, ni même à tous les régimes de connaissance intervenant dans le domaine des pratiques et politiques du PV, mais de bien leur faire une place. Il s'agit ainsi de les prendre en compte en tant que tels et non de façon implicite, et aussi de savoir « de qui » le discours de la science ("dure" ou « sociale ») est le portevoix. L'existence d'une commande publique de recherche, celle d'une expertise technique mobilisée par des collectifs professionnels et/ou militants plaide dans ce sens.

Prise en compte des strategies légitimant les usages du PV

Le photovoltaïque n'existe pas en soi, avec une finalité inscrite « dans ses gènes » qui serait, par exemple, l'autoconsommation d'énergie. Il se trouve aujourd'hui embarqué dans des stratégies tout aussi légitimes, dans des trajectoires tout aussi déterminantes qui ont à voir, par exemple, avec la décarbonation de la société et/ou l'équilibre en puissance du réseau de distribution d'électricité, pour lequel il constitue tout à la fois une contrainte et une ressource.

Le PV entre en interaction avec la conception des bâtiments, de leur façade, de leur toiture et les services qu'ils rendent, mais plus largement encore avec leurs usages structurels (habitat, activité…) et leurs temporalités d'utilisation. Dès lors qu'il participe à des territoires, à des réseaux, à la flexibilité, plus largement à des « nœuds socio-énergétiques » (Debizet dir., 2016), il se trouve embarqué dans des stratégies qui diffèrent selon qu'elles sont centrées sur l'optimisation du réseau d'électricité à différentes échelles ou sur l'impact environnemental du mix énergétique local (son empreinte).

Or, ces dimensions obligent à construire des objets de recherche qui excèdent largement la relation entre l'installation PV et son utilisateur (ou utilisateur potentiel) pour intégrer des politiques territoriales de l'énergie, des coalitions de croissance ou de décroissance, des modèles économiques, des formes de propriétés, des bâtiments, des réseaux…. Ce sont alors autant d'objets pour lesquels les SHS sont indispensables mais ne disposent pas à elles seules de toutes les compétences.

Pour conclure, à la lumière des SHS, le photovoltaïque révèle des *arrières mondes* qu'il est nécessaire de saisir, pas tant comme contexte, contrainte ou origine, mais bien comme modalité d'existence matérielle, publique, présente et à venir. Et aucune discipline ne peut prétendre à elle seule en rendre compte.

Références bibliographiques

DEBIZET G. (dir.), 2016. Scénarios de transition énergétique en ville. Acteurs, régulations, technologies, Paris, La Documentation française.

GASPARD A., MARTIN S., 2016. Changer les comportements, faire évoluer les pratiques sociales vers plus de durabilité. L'apport des sciences humaines et sociales pour comprendre et agir, Paris, ADEME Éditions.

La conformation de l'économie solaire aux ordres d'aménagement locaux

Vincent BAGGIONI

Équipement de moyenne portée, au sens où ils s'étendent sur des surfaces continues de quelques centaines d'ares à des dizaines d'hectares, les parcs solaires n'ont certes pas la dimension d'autoroutes, de ports ou d'aéroport, mais ils sont bien plus grands qu'un rond-point, qu'une station d'épuration, qu'un silo à grain ou même qu'un lotissement. Ils impactent des espaces naturels et agricoles, ainsi que le paysage, et imposent un usage monofonctionnel de l'espace. Ils ne sont pas non plus un épiphénomène, puisque dans le recensement effectué sur la période de 2006 à 2012, un peu moins de deux cents projets ont été identifiés en région Provence-Alpes-Côte d'Azur. Et pourtant, les parcs solaires ont reçu un accueil relativement pacifié[1] par rapport à des aménagements de dimensions similaires[2].

Cette réception globalement favorable est en partie le résultat de leur intégration aux politiques d'aménagement des communes les accueillant. Pour le dire autrement, les parcs solaires se

1 25 % de conflits identifiés pour les trois départements des Alpes-de-Haute-Provence, des Bouches-du-Rhône et du Var qui cumulent 86 % des projets à la mi-2012.

2 Par comparaison, l'éolien, aux dires des opérateurs et des acteurs institutionnels rencontrés lors de cette recherche, a été, dans 100 % des cas, l'objet de conflits en région PACA. Il n'existe cependant à ce jour ni base de données ni travaux quantitatifs, qui mesurent précisément cette conflictualité.

localisent sur des communes dont l'organisation spatiale du développement correspond à ce type d'équipement, rendant d'autant plus familière leur réception. Cette organisation, propre à chaque municipalité et conçue comme *ordre local d'aménagement*, anticipe les possibilités et les modalités d'aménagement du territoire communal. Elle conforme les parcs aux canons de l'aménagement local, déterminant leur taille, le type d'espace occupé, mais également la justification avancée par la municipalité pour soutenir leur installation sur le sol communal. À chaque ordre local correspond une forme de parc solaire qui s'intègre aux visions locales de l'aménagement. Ce processus invite ainsi à penser la transition énergétique non pas comme une norme écologique descendante qui s'imposerait dans les modes d'aménager locaux, mais comme une opportunité de développement saisie par les collectivités territoriales pour la modeler à leur identité spatiale. Parmi les cinq formes identifiées en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, trois sont présentées ici afin d'illustrer ce processus d'appropriation communale.

Un ordre d'aménagement civique paysan

Les municipalités sont souvent intéressées à accueillir des parcs solairespour des raisons économiques. Les parcs génèrent, en effet, desretombées financières importantes sous forme de taxes et de loyer. La rente qu'ils rapportent peut correspondre à une conception agricole de l'occupation de l'espace, où les choix sont opérés en fonction de la maximisation des valeurs productives allouées aux différents sols communaux. Néanmoins, dans cette conception agricole, tous les espaces sont intégrés au sein d'un même système productif qui pense leur interaction et leur interchangeabilité. L'immobilisation d'une partie du territoire pendant des dizaines d'années par un parc solaire déroge alors en partie à cette conception. Dans ces conditions, le parc se justifie dans la mesure où il apparaît

comme une opportunité d'occuper des espaces collectifs considérés de faible valeur agronomique afin de répondre à de nouveaux besoins collectifs en équipements ou en services publics, liés à l'augmentation de la population. Ce sont donc des terrains municipaux qui accueillent le projet, afin que les loyers profitent à la collectivité, et non des terrains privés, malgré la présence de grands propriétaires également intéressés par cette rente foncière. Par ailleurs, la surface occupée doit rester raisonnable, généralement en dessous de quinze hectares. En effet, le projet entre dans un espace conditionné par des liens sociaux, où d'autres activités, agricoles et forestières, également consommatrices d'espaces, voisinent. Le dimensionnement du projet veut ainsi prendre en compte les autres utilisateurs de l'espace, en cherchant à limiter les perturbations que risque d'engendrer l'emprise du parc sur le système foncier communal.

L'ordre d'aménagement industriel du renom

La logique qui préside à l'accueil d'un parc solaire est ici toute différente. Il s'agit de participer au mix énergétique national, ce positionnement permettant en même temps, localement, de rehausser le prestige de la commune. L'action politique en faveur du photovoltaïque ne se conçoit donc pas à l'échelle de la commune, mais à des niveaux supérieurs, intercommunaux, départementaux, régionaux, voire nationaux. Il s'agit de bâtir le plus grand parc solaire de France, ou de devenir, ne serait-ce qu'un temps, la commune totalisant la plus grande surface de panneaux de France. L'idée est de saisir l'objet parc solaire, symbole de modernité technique et écologique aux yeux du pouvoir municipal, comme moyen d'inscrire le territoire communal dans l'élan de la transformation du système de production industrielle électrique national. Évidemment, il s'agit aussi d'en retirer des bénéfices locaux, mais l'attente est avant tout symbolique. La commune se sent, en effet, minoritaire au

sein du bassin politique auquel elle appartient et elle attend une forme de reconnaissance du choix volontariste qu'elle effectue. Le dimensionnement industriel du projet force ainsi l'intérêt des médias, dans la mesure où sa communication est pensée, en s'adjoignant par exemple des spécialistes ou en invitant la presse dès qu'une occasion se présente. Le projet bénéficie donc d'une visibilité médiatique importante, parfois à l'échelle nationale. Cette notoriété contribue localement à rehausser le prestige de la commune au travers de son projet solaire.

L'ordre territorial de la cité environnementale

Alors que, dans les autres ordres, les parcs prennent place dans des espaces naturels ou agricoles, dans une conception environnementale de l'aménagement communal, la création d'un parc solaire ne peut se faire au détriment d'autres biens environnementaux présents sur la commune. La commune a accueilli durant les dernières décennies beaucoup de populations à forts capitaux culturels, souvent venues de la ville et à la recherche d'un cadre de vie campagnard, plus sensibles aux questions environnementales. Le pouvoir municipal a intégré les préoccupations de cette frange de la population. Son ordre d'aménagement priorise le maintien du cadre de vie qu'offre la commune et patrimonialise les espaces naturels et les paysages. Un parc solaire au sol ne peut dès lors s'envisager que dans un espace dégradé, dit « anthropisé », anciennes carrières, décharges, terrains militaires ou d'aviation, auquel il fournit une nouvelle vocation.

Une transition énergétique saisie par le bas

Ces ordres locaux d'aménagement rendent ainsi compte de la diversité des modes d'appropriation locale des objets de production électrique promus par les normes se référant au réchauffement climatique et à la transition énergétique qu'ils

appellent. Les conceptions identifiées et leur traduction dans les formes qu'empruntent les parcs solaires constituent autant d'adaptations, réalisées à l'échelon local, de normes descendantes définies et appliquées par des niveaux nationaux et supranationaux. Elles s'apparentent à un processus de conformation des objets valorisés par la transition énergétique aux formes et significations subsumées par les ordres d'aménagement des communes. Ce processus indique ainsi comment la transition énergétique s'actualise dans la convergence entre la construction d'un sens local du développement communal et le façonnement d'un parc solaire à ces attendus normatifs. Il invite ainsi à penser la transition énergétique à l'envers : ce ne sont pas des impératifs écologiques qui transforment ici les modes d'aménagement, mais les communes qui modèlent à leur identité spatiale les objets de production promus par la transition énergétique.

Une histoire à écrire : le photovoltaïque

Yves BOUVIER & Sophie PEHLIVANIAN

L'histoire du photovoltaïque n'est, fort heureusement, pas l'apanage des historiens. Des associations patrimoniales, des initiatives historiques locales, des témoignages d'anciens ou d'actuels acteurs produisent un discours historique sur la filière solaire qui a connu le plus de succès ces dernières années. Ce petit texte cherche à montrer qu'aux côtés de ces productions, une approche académique du photovoltaïque est non seulement légitime, mais permet aussi d'interroger autrement cette histoire. Pour cela, le propos est organisé en deux temps, un premier fondé sur les sources disponibles pour écrire cette histoire et un second sur les pistes de réflexion à explorer.

Matériaux pour une histoire du photovoltaïque

L'histoire est, au sens d'Hérodote, une enquête documentée. Pour le travail de l'historien, des sources sont donc nécessaires. Ces archives peuvent être de natures variées et ne se réduisent pas aux documents papier conservés dans les centres des archives publiques. Pour le photovoltaïque, des papiers importants sont toutefois conservés dans des institutions publiques : archives du Commissariat à l'énergie solaire aux Archives nationales, archives des programmes de recherche du CNRS (par exemple celui consacré aux photopiles solaires à partir de 1976), archives des mouvements militants comme les Amis de la Terre (qui a fait publier l'ouvrage *Tout solaire* en

1978). Notons que les archives privées des entreprises, des associations ou des particuliers ne relèvent pas d'une obligation de dépôt et courent donc le risque de disparaître par destruction. Mais les archives ne se limitent pas aux papiers, même si ceux-ci sont souvent les documents les plus précieux du fait des interactions entre personnes (courriers, comptes rendus de réunion…) qui y sont consignées. Les archives comprennent également les documents iconographiques, avec en particulier des photographies et des affiches, qui ne sauraient être seulement des illustrations, mais doivent, à l'instar des documents audiovisuels, être sollicités. Conservées à l'INA, les archives des émissions de radio et de télévision sont, pour leur part, insuffisamment exploitées par les historiens, alors que, sur cette période récente des 50 dernières années, elles recèlent des documents originaux, comme l'émission du 17 août 1977 au cours de laquelle Jean-Marc Reiser évoque sa maison solaire. Ces documents sont d'autant plus importants qu'ils ont parfois eu un écho réel auprès de l'opinion publique. Mentionnons enfin, sur ce registre, les archives du web français, également conservées à l'INA, et qui pourraient permettre de documenter le tournant des années 2000 de façon efficace. C'est bien en cheminant dans ces corpus, allant des prises de décision dans les bureaux d'un ministère aux émissions télévisées, que l'historien peut recueillir les informations et données précises indispensables à l'élaboration d'une interprétation.

À côté de ces dépôts d'archives, d'autres sources semblent davantage accessibles comme les ouvrages et revues, même si l'absence d'un répertoire ou d'un inventaire sur le photovoltaïque se fait sentir. Sans multiplier les exemples, force est de constater là encore la diversité de ces sources puisque l'on peut aussi bien y trouver les actes des conférences des organismes intervenant dans le domaine comme l'*International Solar Energy Society* (la première ayant eu lieu à Phoenix en 1955) (Boër, 2005) ou l'Unesco, que les publications emblématiques

du mouvement environnementaliste (*La Gueule ouverte*, *Le Sauvage*). N'oublions pas les publications de vulgarisation telles la revue *Diagrammes* (le numéro 17 de 1958 consacré à l'énergie solaire) et, bien évidemment, *La Science et la Vie*. S'y ajoutent des ouvrages de la part d'acteurs comme *La Houille d'or* de Marcel Perrot en 1963. Les publications spécialisées (*Le Journal du photovoltaïque*) sont bien évidemment incontournables.

Enfin, l'immense avantage de la période contemporaine est de pouvoir, aussi, recueillir les témoignages de certains acteurs. Tous les acteurs sont susceptibles de livrer un témoignage : chercheurs, industriels, militants du photovoltaïque… Certains témoignages ont été collectés et ont parfois été publiés comme ceux de Michel Rodot (Rodot, 1995) et d'Alain Ricaud (Ricaud, 2013), mais de façon éparse et il manque, aujourd'hui, une collecte organisée d'archives orales (ou filmées) sur le sujet.

Les matériaux, donc, ne manquent pas. Des travaux historiques ont déjà été réalisés mais de nouvelles perspectives sont aussi à explorer.

Perspectives historiques

Le principe du travail de l'historien est de dégager des temporalités, ce qui, dans le cas présent, renvoie à la façon dont émerge le photovoltaïque, à la manière dont il a été pensé et dont il s'est développé et recomposé. Depuis l'identification du principe photoélectrique (1839), c'est plus avec lenteur que célérité que s'est développée la filière. Peut-on parler de « transition solaire » fondée sur le photovoltaïque ? Assiste-t-on à une résurgence après les engouements des années 1970 ou bien est-on aujourd'hui dans une configuration profondément différente ? Quels ont été les effets du contre-choc pétrolier de 1986 et du moratoire de 2010 sur la filière photovoltaïque ? L'écriture de l'histoire ne peut se satisfaire d'un récit linéaire qui partirait de l'invention scientifique jusqu'aux applications

actuelles en passant par les grandes figures des pionniers (équipe des Bell Labs en 1954, Michel Rodot pour la filière française[1]) (Rodot, 1961), et l'historien ne peut que rappeler, sans relâche, le poids des contextes (guerre froide, décolonisation, choc pétrolier…). Trois perspectives principales peuvent être dégagées pour sortir du récit linéaire.

La première piste pourrait apparaître comme une évidence puisqu'il s'agit de replacer l'histoire du photovoltaïque dans une histoire de l'énergie. Éviter une approche purement interne à la filière photovoltaïque conduit à interroger les relations avec les autres sources d'énergie : pétrole, nucléaire, hydroélectricité, charbon, éolien… Les acteurs de la filière ont souvent considéré que les énergies fossiles et fissiles avaient nui au développement du photovoltaïque en captant les financements et en monopolisant l'attention des pouvoirs publics, quand ces filières ne sont pas purement et simplement accusées d'avoir volontairement causé la mort des technologies solaires. La situation paraît un peu plus complexe dans la mesure où ce sont les acteurs des énergies dominantes qui ont, aussi, financé et encouragé des expérimentations solaires (CEA avec les maisons solaires en Polynésie française en 1982 (Akrich, 1988), Total avec les pompes solaires, EDF avec des expériences nombreuses de chauffage, etc.). Certes, il est possible d'interpréter cette attitude comme une prise de contrôle du photovoltaïque, mais l'enthousiasme et l'investissement des porteurs de projet ne font pas de doute. De la même façon, redonner une place au photovoltaïque dans l'histoire de l'énergie suppose de le positionner par rapport aux autres filières solaires, d'autant plus que celles-ci ont été privilégiées par les autorités tant au niveau local (solaire thermique pour chauffer les piscines) que national ou européen (solaire à concentration avec les centrales Thémis et Eurelios).

---

1 Avec une intervention lors du colloque de Mont-Louis de 1958.

Enfin, l'historien cherche à inscrire ses réflexions dans des contextes, c'est-à-dire à replacer les acteurs du photovoltaïque dans un ensemble de relations institutionnelles et personnelles. Par exemple la diplomatie solaire des années 1950 aux années 1970 sous la bannière de l'Unesco fait que l'on peut difficilement étudier le solaire sans rappeler le contexte de guerre froide, mais aussi de coopérations techniques internationales, sur fond de décolonisation. C'est assez évident avec l'Institut d'Alger dans lequel Marcel Perrot menait ses recherches jusqu'à l'indépendance, avant de venir à Marseille, mais aussi pour la création de la Comples (Coopération méditerranéenne pour l'énergie solaire, 1962) sur la base d'un partenariat franco-italien à vocation régionale. Une histoire transnationale du photovoltaïque a tout son sens tant les organisations internationales actives dans le domaine sont nombreuses : Unesco (organisation de nombreux colloques et création d'une Commission solaire mondiale en 1995), Agence internationale de l'énergie, Programme des Nations unies pour le développement, Agence internationale des énergies renouvelables, Communauté européenne (projet Altener).

Dernière perspective de recherche inscrite dans une socio-histoire des techniques, le solaire photovoltaïque ne saurait se résumer à la mise au point de panneaux ou à des recherches sur la pureté du silicium. Les usages du photovoltaïque ne sont pas de simples dérivés des recherches industrielles et ont contribué, aussi, à façonner les technologies. Cela peut paraître évident pour les panneaux photovoltaïques des satellites mais c'est également le cas pour des usages moins étudiés comme l'alimentation des dispositifs de signalisation ferroviaire, aux États-Unis dans les années 1970, ou routier. Si les postes transistor solaires de la société Hoffman (dès 1957) connurent un relatif échec commercial, le succès des petites calculatrices des années 1980 et autres gadgets n'est pas complètement anodin. Par la familiarisation avec le principe photovoltaïque, par

la facilité d'usage et par les représentations positives qui ont pu être associées au photovoltaïque (avec, à titre d'exemple, l'exposition de 1983 au Palais de la Découverte intitulée *Aujourd'hui l'énergie solaire*), ces objets ont préparé l'essor des panneaux chez les particuliers.

L'histoire du photovoltaïque reste encore à écrire même si les principaux jalons ont été posés par John Perlin dans *From Space to Earth* (Perlin, 1999). En évitant d'être cantonné à l'histoire des sciences, à l'histoire des techniques, à l'histoire des représentations, à l'histoire des entreprises ou à l'histoire des politiques publiques, mais en mêlant ces différentes composantes d'une histoire totale (Pehlivanian, 2014), l'historien peut parvenir à saisir quelques-uns des traits de « l'enthousiasme technologique » (Hughes, 1989) qui caractérise cette filière.

Références bibliographiques

AKRICH M., 1988. « Rechercher pour innover ou innover pour rechercher, le développement du photovoltaïque en Polynésie », *Culture technique*, 64, p. 318-329.

BÖER K.W. (ed.), 2005. *The Fifty-Year History of the International Solar Energy Society and its National Sections*, Boulder, American Solar Energy Society, 2 vol.

HUGHES T.P., 1989, *American Genesis. A Century of Invention and Technological Enthusiasm. 1870-1970*, New York, Viking.

PEHLIVANIAN S., 2014. « Histoire de l'énergie solaire en France. Science, technologies et patrimoine d'une filière d'avenir », thèse d'histoire, sous la dir. de D. Varaschin, université de Grenoble/université Savoie Mont Blanc.

PERLIN J., 1999. *From Space to Earth. The Story of Solar Electricity*, Cambridge, Harvard University Press.

RICAUD A., 2013. « Électricité photovoltaïque : politiques publiques et conséquences économiques. Les choix français dans le contexte international (1973-2013) », *Annales historiques de l'électricité* (« Les politiques publiques de l'énergie solaire »), 11 (1), p. 111-131.

RODOT M., 1961, « La conversion de l'énergie solaire en énergie électrique par les semi-conducteurs : thermopiles et photopiles », *in* F. Trombe (dir.), *Applications thermiques de l'énergie solaire dans le domaine de la recherche et de l'industrie* (colloque du 23-28 juin 1958 à Mont-Louis), Paris, CNRS.

RODOT M., 1995. « Les photopiles solaires : du laboratoire au seuil de la diffusion massive », *in* A. Herléa (dir.), *L'Énergie solaire en France*, Paris, Éd. du CTHS, Paris, p. 85-105.

Un point de vue géographique sur les enjeux du développement du photovoltaïque

Antoine FONTAINE

La transition énergétique est régulièrement présentée comme le passage d'un mix énergétique dominé par les énergies fossiles à un mix énergétique dominé par les énergies renouvelables. La construction d'un futur énergétique bas carbone renvoie alors à la discussion de trajectoires et de potentiels de contribution de filières technologiques à un nouveau mix énergétique. Cette mise en discussion s'étend cependant peu sur le potentiel de recompositions sociales, environnementales, économiques et politiques dont ces filières technologiques sont porteuses. Les disciplines de la géographie et de l'aménagement du territoire contribuent à l'analyse de ce potentiel de recomposition en soulignant la dimension spatiale de plusieurs problématiques de la transition énergétique. Je propose ici deux manières d'appréhender le développement de la filière photovoltaïque dans sa dimension spatiale.

Ressource énergétique solaire et filière photovoltaïque

La transition énergétique se présente de prime abord comme le passage des ressources fossiles, concentrées dans l'espace au sein de gisements (*e.g.* la nappe de pétrole, la veine de charbon), aux sources d'énergies renouvelables, spatialement diffuses (*e.g.* le rayonnement solaire, le vent). La transition vers ces énergies diffuses représente une opportunité pour construire un système

énergétique plus soutenable écologiquement (*e.g.* réduction de l'intensité carbone) socialement (*e.g.* meilleur accès à l'énergie) et économiquement (*e.g.* possibilité de produire sa propre électricité et d'en maîtriser les coûts). Toutefois, l'émergence dans le cadre de la transition vers les énergies renouvelables de modèles énergétiques plus soutenables n'est pas garantie. Plusieurs modèles d'organisation sont en jeu autour de la valorisation énergétique du rayonnement solaire grâce aux technologies photovoltaïques. D'un côté, le caractère diffus du rayonnement solaire permet de générer et consommer de l'électricité en s'affranchissant des logiques spatiales de l'architecture du réseau électrique et ainsi de faire émerger un modèle décentralisé (*e.g.* les opérations photovoltaïques en autoconsommation). De l'autre, l'électricité d'origine photovoltaïque peut être injectée dans le réseau et entretenir le fonctionnement actuel d'un système énergétique organisé autour de centralités de production d'énergie et d'un maillage dense des territoires par le réseau électrique (*e.g.* le projet Désertec qui entendait « chauffer l'Europe avec l'énergie des déserts »). Dans un cas comme dans l'autre, le développement du photovoltaïque et la construction d'une soutenabilité n'émergent ni des seules caractéristiques de la ressource, ni de celles des technologies photovoltaïques, mais de la façon dont « technologie » et « ressource » sont saisies à l'échelle des territoires par les acteurs lorsqu'ils s'organisent pour produire de l'énergie (Fontaine & Labussière, *En attente de publication*).

Territorialisation du photovoltaïque et politiques publiques

Le processus de territorialisation du photovoltaïque renvoie alors non seulement au développement quantitatif d'une filière technologique, mais également à une somme d'enjeux qualitatifs relatifs aux modalités d'organisation des acteurs. Pour analyser cela, il importe de questionner les enjeux du processus de

territorialisation du photovoltaïque à la lumière des politiques publiques qui soutiennent le développement de la filière. En effet, si le développement du photovoltaïque en France se rapproche progressivement de la parité réseau, il dépend encore largement d'une politique publique d'incitation à l'investissement (tarifs d'achat, complément de rémunération, appels d'offres). Cette politique joue un rôle essentiel dans la construction du potentiel de contribution du photovoltaïque à la transition énergétique et encadre les formes d'organisation qui peuvent émerger autour du photovoltaïque dans les territoires. Pour analyser la construction de la soutenabilité du photovoltaïque, il convient d'interroger les effets de cette politique dans les territoires : comment les acteurs se saisissent-ils de cette politique pour monter des projets photovoltaïques ? Cette politique a-t-elle des effets imprévus et non désirables ? Quels seraient les problèmes suscités par cette politique dans les territoires ?

Pour illustrer l'enjeu de cette réflexion, il convient de rentrer dans la politique française d'incitation au développement du photovoltaïque. Celle-ci a été mise en place progressivement à partir de l'an 2000. Elle est organisée autour de plusieurs dispositifs : des tarifs d'achat qui garantissent aux producteurs d'électricité un montant d'achat de leur électricité supérieur aux prix de vente de l'électricité sur le marché, des compléments de rémunération appelés à remplacer les tarifs d'achat, des crédits d'impôts sur le matériel photovoltaïque, des procédures de raccordement au réseau des panneaux solaires et éventuellement de renforcement du réseau. Ces dispositifs permettent aux acteurs de construire la rentabilité de leur investissement dans des installations photovoltaïques. Cette rentabilité s'avère être essentiellement individuelle et privée (Fontaine, 2017) : les montants des tarifs d'achat sont distincts d'une toiture à une autre, les ménages peuvent prétendre aux crédits d'impôts uniquement s'ils équipent leur propre toiture, les coûts de raccordement et de renforcement du réseau se calculent toiture par toiture.

Sous l'effet de ces dispositifs, la rapide croissance des capacités de production photovoltaïque installées entre 2006 et 2010 a pris la forme d'une quête individuelle de rentabilité économique privée. Dans ce cadre, le développement du photovoltaïque dans les territoires est apparu problématique, dans la mesure où il était peu discutable par les acteurs publics. Ce développement a notamment initié l'émergence de nouveaux paysages de l'énergie sans que celle-ci fasse l'objet d'une concertation. De nombreux projets photovoltaïques ont alors été controversés et ont suscité des tensions autour du développement de la filière. La quête d'une rentabilité économique individuelle et privée a également justifié l'émergence de projets photovoltaïques économi-quement rentables pour l'investisseur bien qu'énergétiquement peu pertinent (toitures mal ensoleillées, présence de masques solaires). Face à de tels projets, le photovoltaïque est soumis au risque de devenir une technologie de production d'électricité coûteuse et clivante.

Photovoltaïque et construction d'une soutenabilité

La construction du potentiel de contribution du photovoltaïque à la construction d'un futur bas carbone appelle un effort de décloi-sonnement de la pensée du développement de la filière technologique du photovoltaïque. L'étude de la territorialisation des politiques publiques du solaire permet de souligner que le seul déploiement dans les territoires de technologies photovoltaïques performantes ne constitue pas un gage de soutenabilité. Cette soutenabilité est à construire dans les territoires à l'occasion de chaque projet solaire. La contribution des sciences humaines et sociales, au-delà d'une approche territoriale, ne peut être cantonnée à l'aval – construire l'acceptabilité sociale d'une technologie (Barbier & Nadaï, 2015) – mais doit intervenir à l'amont pour formuler

ce que seraient les problèmes du développement du photovoltaïque et replacer l'enjeu technologique au milieu d'enjeux économiques, politiques, sociaux et environnementaux (Labussière & Nadaï, 2015).

Références bibliographiques

BARBIER R., NADAÏ A., 2015. « Acceptabilité sociale : partager l'embarras », *VertigO. La Revue électronique en sciences de l'environnement* [En Ligne], 15 (3). Mis en ligne le 03/12/2015 (consulté le 09/11/2017). URL : http://vertigo.revues.org/16686 ; DOI : 10.4000/vertigo.16686

FONTAINE A., 2017. « Les centrales villageoises photovoltaïques en Rhône-Alpes : une focale d'analyse sur la territorialisation des politiques du solaire photovoltaïque en France », *Encyclopédie de l'énergie* [En ligne]. Mis en ligne en septembre 2017. URL : http://encyclopedie-energie.org/articles/les-centrales-villageoises-photovolta%C3%AFques-en-rh%C3%B4ne-alpes

FONTAINE A., LABUSSIÈRE O., 2017 [*En attente de publication*]. « Politics of the sun: the art of growing without destroying solar energy entities », *Local Environment*.

LABUSSIÈRE O., NADAÏ A. (dir.), 2015. *L'Énergie des sciences sociales* [En ligne], Paris, Alliance Athena. Mis en ligne sur OpenEdition Books le 29/07/2015 (consulté le 09/11/2017). URL : http://books.openedition.org/allianceathena/203 ; DOI : 10.4000/books.allianceathena.203

Photovoltaïque, passer de l'offre de technologies à l'offre de services : une véritable opportunité pour la filière

Nathalie POPIOLEK

Début 2017[1], la capitalisation boursière des GAFA (Google, Apple, Facebook et Amazon) dépassait les 2000 milliards d'euros, soit le PIB de la France[2]. En s'appuyant fortement sur le numérique (traitement de données, *cloud* avec ses interfaces *API*[3]), ces entreprises relativement jeunes mettent en relation, sur des plateformes ouvertes, une multitude de fournisseurs avec des consommateurs (consom'acteurs) qu'elles font travailler pour leur apporter des services sur mesure. Elles ont ainsi ouvert la voie à des modèles appelés « marchés bifaces », en rupture totale avec le monde économique traditionnel (Parker, Van Alstyne & Choudary, 2016 ; Badinet, 2016). Si nous souhaitons faire la transition énergétique, il faut que les promoteurs des technologies décarbonées puissent épouser ce nouveau paradigme pour être à même de créer de la valeur et, par là même, exister sans aide massive. C'est le scénario prospectif que nous soutenons ici, avec l'exemple du solaire photovoltaïque qui, du fait de son

1 Pour une rédaction plus détaillée, cf. article publié dans la lettre de l'I-tésé, juin-juillet 2017.

2 A. MIRLICOURTOIS, « Les GAFA, riches à milliards, pauvres en emplois » (04:52), *Xerfi, Canal Économie* [Vidéo en ligne], 12/04/2017 (consultée le 08/11/2017). URL : http://www.xerficanal-economie.com/emission/Alexandre-Mirlicourtois-Les-GAFA-riches-a-milliards-pauvres-en-emplois_3744644.html

3 *Application programming interfaces* (*API*).

intermittence, est difficilement rentable dans un paysage économique énergétique classique qui a été organisé autour d'énergies de stock.

D'une approche traditionnelle de la filière PV…

Bien qu'elle ait la vedette dans toutes les annonces médiatisées concernant les lauréats des appels d'offre photovoltaïques (AO PV) à travers le monde, l'approche en termes de *LCOE* (*levelized costs of energy*) n'est pas satisfaisante pour mesurer la rentabilité effective d'une installation photovoltaïque. Cela est lié au fait que le *LCOE* considère que la valeur du MWh produit est la même, quelle que soit l'heure, alors que le prix de marché du PV est très variable (Joskow, 2011). Le bon critère de choix d'investissement est plutôt la VAN (valeur actuelle nette) qui est la somme actualisée des valeurs des MWh PV produits, de laquelle est déduit le coût d'investissement de l'installation. Or, si le coût d'investissement décroît, la valeur des MWh baisse aussi en raison de leur production simultanée lorsqu'il y a du soleil (corrélation des productions fatales). En d'autres termes, les entrées cumulées des producteurs d'énergies intermittentes (à l'instar du PV) ont un effet de décroissance des prix de marché, ce qui altère l'économie des équipements en place. De plus, avec l'intégration du PV au mix électrique, le gestionnaire de réseau doit veiller à la mise en place d'options de flexibilité dont les coûts sont croissants de façon non linéaire avec la progression du PV (Finon, 2016).

… vers une approche tenant compte du nouveau paradigme de l'économie

Si l'on en croît l'analyse de P. Veltz (2017), la révolution hyperindustrielle est en marche et il n'est plus question désormais de vendre un produit manufacturé seul, mais un

système imbriqué composé de bien industriel, de services (comprenant la maintenance) et de numérique. C'est le passage d'une vente transactionnelle à une vente de solutions basées sur une proximité renforcée avec le client qu'il convient de placer, grâce au numérique, au centre de l'action pour co-créer avec lui de la valeur (Marion, 2016).

Dans ce contexte, la question qui se pose est celle de la création de valeur pour la filière solaire photovoltaïque qui, elle-même, s'insère dans une dynamique de transition énergétique véhiculée par quatre moteurs (4D) : la décarbonisation, la décentralisation, la digitalisation et la désintermédiation[4].

Comment insérer la brique PV dans un système intelligent capable d'accroître la valeur du kWh produit ?

Les systèmes intelligents susceptibles d'intégrer la brique PV sont, par ordre de maturité sur la courbe de Rogers (2003), les bâtiments intelligents, les systèmes d'autoconsommation, la mobilité électrique et les réseaux intelligents. Ce sont tous les ingrédients de la *smart-city* qui s'intègrent dans la dynamique des 4D. Or, force est de constater qu'ils sont en phase de *technologies push* (Precepta, 2016), ce qui signifie que l'on attend des évolutions technologiques importantes et que l'on ne sait pas bien cerner encore les solutions d'usage adaptées. Tout reste à créer et il faut le faire en intégrant les premiers utilisateurs de la solution PV innovante dans le processus de Recherche Innovation Développement (RID) et dans les premiers *business*

---

4 La désintermédiation est un phénomène économique et commercial qui se traduit par la réduction ou la suppression des intermédiaires dans un circuit de distribution (cf. J.-M. LEHU, *L'Encyclopédie du marketing commentée et illustrée*, Paris, Eyrolles, 2012).
Cf. l'intervention d'ENGIE lors du *6th European Energy Forum*: "What business model for energy in Europe? Between simple evolution and paradigm shift", organisé par le Conseil français de l'Énergie (Paris, 22-23 mai 2017).

models créateurs de valeur ajoutée. Quelle que soit sa fonction dans la ville, le quartier, l'immeuble ou le bâtiment individuel, il faudrait pouvoir offrir au client, en même temps que le panneau PV manufacturé, une myriade de services allant de la multifonctionnalité intégrée au produit (ex : tuiles, ardoises, tôles, verre, béton, route solaires, PV solaire et thermique) ou bien au système (ex : mobilité solaire, production d'hydrogène), jusqu'à la fourniture de services pour lui-même (ex : maintenance, autoconsommation, suivi de courbe de charge) ou pour une entité plus vaste dans lequel il s'insère (ex : lutte contre le changement climatique, services au réseau : soutien en tension et en fréquence, écrêtement, courant de court-circuit…)[5].

Cette évolution souhaitable pour la filière PV dans la mesure où elle augmente sensiblement la valeur du kWh produit, ne pourra se faire dans bien des cas sans l'aide du numérique. Le rôle des technologies de l'information et de la communication (TIC) (*smart phone*, réseau, *cloud*), comme celui des algorithmes de traitement de données, voire d'intelligence artificielle ou de *blockchain*[6] est en effet essentiel dans ce dispositif, principalement parce qu'il concrétise, aux yeux de l'utilisateur final, une notion jusque-là très abstraite qui est celle du kWh[7]. La traçabilité, la comptabilisation, la certification, on pourrait même dire la matérialisation par le digital grâce à une interface simple et conviviale du kWh PV « vert », produit, autoconsommé, vendu, stocké ou effacé, est susceptible

---

5 Ph. MALBRANCHE, « Le solaire PV et les nouveaux services » : présentation lors de la Journée « Sciences humaines et sociales & Photovoltaïque » (Paris, 25 avril 2017), Session « Les défis du développement du solaire PV ».

6 La *blockchain* est une base de données sécurisée et distribuée entre différents utilisateurs, permettant de valider des transactions.

7 Cf. le *6th European Energy Forum* (Paris, 2017) organisé par le CFE et les interventions de A. CHARDON, T. THIERRY D'ALLIANCÉ, F. GONZI, aux *Débats BIP Enerpresse « La transition numérique comme alliée de la transition énergétique »* (Paris, 18 avril 2017).

d'ouvrir la voie à de nombreuses transactions instantanées, la plupart du temps monétaires, effectuées notamment par le consom'acteur qui pourrait intervenir sur des plateformes énergétiques décentralisées basées sur des réseaux virtuels.

Et c'est ici que la désintermédiation a le plus de chance de s'opérer dans la mesure où la *blockchain* va permettre de valider et de sécuriser des transactions entre consom'acteurs. Elle pourrait s'accompagner aussi d'une réintermédiation avec l'apparition de nouveaux intermédiaires (ex : nouvelles sociétés de services, métiers d'agrégateurs) chargés de gérer l'équilibre entre l'offre et la demande sur les réseaux locaux d'autoconsommation collective comme sur le réseau national.

La filière PV doit savoir se positionner dans un jeu dont le centre de gravité a basculé vers les services et le numérique

Si le scénario d'intégration du PV dans un système digital, en partie désintermédiatisé, se déroulait dans les prochaines années, les enjeux principaux des acteurs du PV pour augmenter la valeur du kWh serait de nouer des coopérations avec les nouveaux intermédiaires et avec les acteurs du numérique, mais aussi avec les autres filières industrielles (ex : bâtiment, transport, stockage), afin d'être à même de concevoir et de vendre des produits multifonctionnels et en particulier des objets communicants (*Internet of things*) améliorant sensiblement la gestion et la maintenance des équipements en place. Même les entreprises en amont de la filière auraient intérêt à se rapprocher des consom'acteurs par une approche « B to C » avec des méthodes de conception innovante et le *design thinking* devenant clé dans le processus de RID.

Et au niveau des pouvoirs publics…

Avec la décentralisation, la difficulté des pouvoirs publics est d'assurer au niveau national le « trilemme » énergétique : sécurisation des approvisionnements énergétiques, équité et soutenabilité. La mise en cohérence de toutes les initiatives locales en faveur de la transition 4D doit être réfléchie au niveau d'une politique énergétique nationale (préservant la viabilité des infrastructures de services de long terme comme les réseaux, *hard* et *soft*), elle-même conditionnée par les directives européennes. Il n'est plus pertinent de raisonner les politiques industrielles ou sectorielles en silo, mais il faut désormais les concevoir avec une vision systémique favorisant les synergies entre secteurs (notamment avec celui des TIC) et en faisant intervenir les usagers. Il en est de même d'ailleurs pour les politiques d'innovation devant aider en priorité les programmes de RID à l'interface des technologies (multi-filières) et des usages.

Devant une telle complexité comprenant des strates horizontales (multi-secteurs) et verticales (différents niveaux de gouvernance), avec des jeux d'acteurs publics et privés appartenant à des petites (ex : *start-up*) ou bien des grandes organisations, une solution pour les pouvoirs publics consiste à encourager, au niveau des territoires, des initiatives vertueuses en faveur du PV innovant et de la transition 4D, afin d'en tirer un retour d'expérience pour le futur.

Et pour finir, n'oublions pas de mentionner dans cette économie du numérique, le rôle clé que les pouvoirs publics doivent avoir pour la protection des données individuelles ainsi que pour la cybersécurité.

Références bibliographiques

BADINET G., 2016. *Transformation digitale : l'avènement des plateformes. Histoires de licornes, de data et de nouveaux barbares…*, Paris, Le Passeur Éditeur.

FINON D., 2016. « La pénétration à grande échelle des ENR dans les marchés électriques. La perte de repère des évaluations économiques », *La Revue de l'Énergie*, 633-634, p. 367-391.

JOSKOW P., 2011. « Comparing the Costs of intermittent and dispatchable electricity generation technologies », *American Economic Review Papers and Proceedings*, 100 (3), p. 238-241.

MARION G., 2016. *Le Consommateur coproducteur de valeur. L'axiologie de la consommation*, Cormelles-le-Royal, EMS, Management & Société.

PARKER G., VAN ALSTYNE M., CHOUDARY S.P., 2016. *Platform Revolution. How Networked Markets Are Transforming the Economy and How to Make Them Work for You*, New York, Norton & Compagny.

PRECEPTA, 2016. *La Ville intelligente. Quelles options stratégiques pour conquérir ce nouvel eldorado ?*, Paris, Xerfi.

ROGERS E.M., 2003 [5e éd.]. *Diffusion of Innovations*, New York, Free Press.

VELTZ P., 2017. *La Société hyper-industrielle. Le nouveau capitaliste productif*, Paris, Seuil.

Les enjeux économiques du développement du solaire photovoltaïque

Hyun Jin Julie YU

La dynamique du secteur photovoltaïque et les problématiques liées à son développement

L'Accord de Paris définit des objectifs internationaux sur le climat afin de limiter la hausse de la température moyenne mondiale bien en dessous de 2 °C par rapport à l'ère préindustrielle. L'énergie photovoltaïque (PV) est désignée comme étant une solution pour réussir à atteindre cet objectif. Lors de la dernière décennie, les prix des modules PV ont largement diminué du fait de la mondialisation du secteur et cela a fortement amélioré la compétitivité de cette technologie. Les installations PV ont ainsi très nettement progressé passant de moins de un gigawatt crête (GWc) de capacités installées en 2000 à plus de 300 GWc en 2016. Après l'Europe dans les années 2000, ce sont désormais l'Asie (Chine et Japon) et les États-Unis qui portent le marché. Un gros potentiel de croissance existe également dans les nouveaux marchés comme l'Inde et le Moyen-Orient.

Mais le développement de l'énergie PV associé à la dynamique industrielle du secteur lève de nouvelles questions économiques. Par exemple, le marché du PV souffre d'une surcapacité de production et des disputes commerciales ont éclaté. De plus, des questions se posent sur l'intégration du PV à grande échelle dans les systèmes énergétiques existants.

Mécanisme des politiques publiques sur l'énergie photovoltaïque et jeu des acteurs dans le système

Pour bien comprendre les politiques du PV, il est important de regarder le système dans son ensemble. C'est ce qu'on appelle l'analyse systémique. Avant tout, il faut savoir pourquoi on souhaite développer l'énergie PV. Par exemple, en se référant au rapport du GIEC[1], on peut classer les objectifs politiques sur le sujet selon quatre axes principaux : la sécurité énergétique, l'environnement, l'accès à l'énergie des populations et le développement économique et sociétal. Il existe plusieurs instruments pour réaliser une politique de l'offre (comme le soutien à la R&D ou à l'industrie) et/ou une politique de la demande (développement du marché et intégration dans le système). Ces instruments sont habituellement les incitations fiscales, le financement public et la régulation. Ces politiques vont permettre d'obtenir des résultats directs (*outputs*) et, à plus long terme, avoir des impacts plus globaux sur le système (*outcomes*).

Les instruments standards les plus couramment utilisés pour juger du succès d'une politique énergétique sont l'efficacité et l'efficience. On peut mesurer l'efficacité des politiques (*policy effectiveness*) en comparant les *outputs* avec les moyens financiers engagés. À plus long terme, l'efficience des politiques (*policy efficiency*) compare les objectifs atteints aux objectifs visés. Un élément très important est le contexte qui peut impacter fortement les choix des politiques et leurs résultats. Chaque pays a son contexte et une politique aura probablement des résultats différents selon le pays. Le contexte est dynamique et il est aussi bien influencé par les politiques nationales que par l'environnement international.

Pour réaliser une approche systémique des politiques, l'analyse du jeu des acteurs est une étape importante. Il existe

1 IPCC, *Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*, 2011.

plusieurs méthodes pour cela. Par exemple, elle peut être réalisée sur la base d'une matrice 2 x 2 intérêt-influence, couramment utilisée par les organismes internationaux comme la Banque mondiale. En combinant ces deux variables, la méthode permet de classer les acteurs selon quatre groupes : les promoteurs, les défenseurs, les indifférents et les attentistes (ou groupe latent). Cette classification nous aide à déterminer les risques à gérer concernant le développement de l'énergie PV dans le système. Les acteurs dans le groupe latent, qui ont un intérêt faible pour le développement du PV mais un pouvoir fort sur le secteur, sont importants à suivre. Si un conflit d'intérêt apparaît, ce groupe peut freiner, voire bloquer le développement du photovoltaïque. Il est donc nécessaire de les intégrer aux décisions politiques et de comprendre leurs besoins. Ce groupe est souvent composé des industries traditionnelles du secteur de l'énergie (réseau et producteurs) et des consommateurs d'électricité sensibles aux changements de prix. Le système est également dynamique et la position des acteurs change avec le temps. Il peut y avoir de nouveaux entrants ou des acteurs qui changent de groupe. Un acteur latent peut ainsi devenir un défenseur s'il y trouve son intérêt. Cette analyse est donc à actualiser avec le temps.

Les enjeux économiques du photovoltaïque

Avec le développement du secteur PV de cette dernière décennie, de nombreuses questions sont apparues. En Europe, les politiques publiques visaient aussi bien le développement des installations photovoltaïques que la création d'une industrie sur le secteur. L'Allemagne, par sa politique volontariste et de long terme, est devenue au milieu des années 2000 le plus gros installateur PV avec une industrie qui rattrapait le Japon, pays leader à l'époque. Mais le développement du marché allemand et européen en général a attiré d'autres acteurs comme la Chine,

qui a eu une politique de l'offre avec un accès plus facile au crédit pour son industrie. Elle n'a pas développé son marché et a massivement exporté vers l'Europe. En quelques années, elle a gagné le marché mondial et a étouffé l'industrie allemande. En 2013, l'industrie allemande ne représentait que 2 % de la production mondiale contre près de 20 % en 2006. La concurrence importante qui est née de la mondialisation a conduit à la construction d'usines de plus en plus grosses afin de profiter d'effets d'échelle, à une surcapacité de production et à des disputes commerciales. En 2016, la demande mondiale était d'environ 70 GW alors qu'autour de 160 GW de capacités ont été construites. Le top 10 des entreprises possède près de 50 GW de capacités. Le leader du marché a une capacité de production équivalente à la demande totale de l'Europe en 2016 (~7 GW). De nouvelles opportunités de croissance du secteur PV sont à rechercher hors du simple marché national.

Le second point important est l'impact systémique sur le système électrique national. En effet, l'intégration de capacités de production d'électricité variable impacte plus fortement le système électrique que les capacités "dispatchables" classiques (nucléaire, charbon, gaz). À forte pénétration, il y a donc un coût d'intégration plus important à prendre en compte pour le décideur politique. Le principal impact direct concerne la gestion du réseau, notamment son renforcement, son équilibrage et sa capacité à répondre aux pics de demande. Il existe également des impacts moins directs qu'on appelle les externalités. En parallèle des externalités positives sur l'environnement ou l'économie apparaissent également des externalités négatives sur le marché de l'électricité. La plupart de ces effets négatifs impactent des acteurs du groupe latent. Il est donc nécessaire d'avoir une stratégie d'intégration pour limiter ces effets systémiques et pour éviter les blocages sur le développement du PV. La technologie PV a l'avantage d'être modulaire et son utilisation est très flexible. Les modules PV

peuvent être utilisés pour le résidentiel, avec des puissances de quelques kW crête, jusqu'aux centrales solaires de plusieurs centaines de MWc. Grâce à la modularité du PV, les différences de prix au kWc installé entre le résidentiel et les grandes centrales ne sont pas si grandes et il est bénéfique de s'intéresser aux différents usages pour mettre en place une stratégie en fonction des contextes nationaux et locaux.

Les opportunités pour le futur du PV et les questions économiques associées

Les effets couplés entre la dynamique de réduction des prix des systèmes PV et le développement des technologies associées, comme les batteries, les réseaux intelligents ou encore les objets connectés, seront un moteur supplémentaire de la croissance du PV. La demande pour l'autoconsommation PV dans le secteur résidentiel va augmenter naturellement lorsque les utilisateurs trouveront rentable d'installer des systèmes PV pour réduire leur facture d'électricité. Cependant, alors que certains secteurs sont adaptés à l'autoconsommation, comme les supermarchés ou les bureaux, le secteur résidentiel l'est beaucoup moins, la demande ne correspondant pas suffisamment à la production PV. Comme pour les systèmes photovoltaïques, le secteur des batteries résidentielles évolue très vite, porté par les appareils mobiles et les transports électriques. Si l'on s'intéresse à la dynamique des prix des systèmes PV et des batteries résidentielles, on s'aperçoit qu'un système PV résidentiel avec batterie, correctement dimensionné, peut devenir rentable cette prochaine décennie en France.

L'autoconsommation a des avantages en termes d'impacts systémiques sur le réseau en supprimant les coûts d'extension et de renforcement et en limitant les coûts d'équilibrage grâce au foisonnement. Elle répond également à une demande d'indépendance énergétique avec de l'électricité « verte » et de

nouvelles opportunités de *business* vont apparaitre. Pourtant, elle impacte aussi les acteurs du groupe latent, notamment le gestionnaire réseau qui voit son financement, lié au volume d'électricité consommé sur le réseau, diminuer. Que se passerait-il alors si l'ensemble des 18,8 millions de maisons individuelles passaient à l'autoconsommation ? Cela représente environ 10 % de la consommation totale actuelle et cela peut apparaître naturellement sur une courte période, risquant de déstabiliser le système. Une politique est nécessaire pour anticiper cette transition.

D'un point de vue international, de nombreux marchés vont se développer à travers le monde avec l'augmentation de la compétitivité du PV. Le PV est, par exemple, une solution pour répondre au problème de pauvreté énergétique mondiale, les 1,3 milliards de personnes sans accès à l'électricité étant pour la plupart situés dans des zones avec de bonnes ressources solaires. Une aide au développement de ce marché permettrait de soutenir le développement durable des pays les plus pauvres. En retour, ce soutien a également un effet bénéfique pour les pays industrialisés, car ce marché représente un nouveau débouché pour la production photovoltaïque, et, à plus long terme par effet d'apprentissage, il permettrait de baisser encore les prix du PV, rendant possible son développement à moindre coût dans les pays du nord qui ont des ressources solaires moins abondantes.

Conclusions

Le secteur PV est à un tournant. La demande naturelle pour l'énergie photovoltaïque sans soutien politique pourrait survenir dans un futur proche dans beaucoup de pays. La planification de cette transformation doit être préparée avec tous les acteurs concernés. De nouveaux modèles de *business* transverses vont naître grâce aux innovations techniques et économiques sur les énergies décentralisées, la mobilité verte, l'intégration dans le

bâtiment et les territoires, l'hydrogène et le stockage. Un nouveau cadre va se dessiner pour le secteur de l'énergie. En parallèle, de nouvelles problématiques économiques et sociales vont apparaître avec le développement à grande échelle du PV.

Comme l'indique le Conseil mondial de l'Énergie, nous sommes face à une rupture qui créera, cette prochaine décennie, un monde fondamentalement nouveau pour l'industrie de l'énergie (la grande transition). Les décisions qui seront prises dans les dix prochaines années impacteront profondément le développement du secteur de l'énergie, et les gagnants et les perdants de la grande transition commenceront à se révéler.

Ce défi est intimement lié à notre capacité à anticiper le futur. Les questions fondamentales sur le rôle de l'énergie photovoltaïque dans la société doivent être étudiées sur la base d'une approche systémique intégrant le système énergétique complet et la stratégie des acteurs. Cela servira également à anticiper l'apparition de nouveaux modèles de *business* sur les nouveaux systèmes énergétiques. Pour cela, l'approche technico-économique centrée sur le coût des technologies doit être associée aux différentes disciplines et méthodes de la socioéconomie.

Auteur.e.s

AGATOR, Jean-Marc
Institut de technico-économie des systèmes énergétiques (I.tésé), CEA/DAS ; CEA Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette cedex.
Chargé de mission, coordinateur d'actions transverses sur le plateau de Saclay, concernant la recherche, la formation, l'innovation et les relations avec les entreprises, au sein du bureau Énergie de l'Université Paris-Saclay. Dans ce cadre, il contribue à rapprocher les compétences SHS, économiques et industrielles sur l'énergie.
Email : jean-marc.agator@cea.fr

DEVEZEAUX DE LAVERGNE, Jean-Guy
Institut de technico-économie des systèmes énergétiques (I.tésé), CEA/DAS ; CEA Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette cedex.
Économiste, docteur d'État, directeur de l'I.tésé (Institut du CEA réalisant des études technico-économiques et des analyses multicritères et prospectives de technologies ou systèmes énergétiques).
Thème de recherche : économie de l'énergie.
Dernière publication : coordination du numéro spécial de la *Revue Générale Nucléaire* : « Nucléaire et énergies renouvelables », n°1, 2017.
Email : jean-guy.devezeaux@cea.fr

BAGGIONI, Vincent
Laboratoire méditerranéen de sociologie (UMR 7305), Aix-Marseille Université ; MMSH, 5 rue du Château de l'Horloge, 13094 Aix-en-Provence cedex 2.
Docteur en sociologie, post-doctorant au laboratoire PASSAGES, Université de Pau et des Pays de l'Adour.
Thèmes de recherche : parc solaire, territoire, action publique, structures sociales, sociologie de l'aménagement, instruction, concertation, conflit, histoire municipale, démographie...

Dernière publication (à paraître en 2018) : « La transition énergétique au prisme des sciences humaines et sociales », avec Céline Burger, Joseph Cacciari, Marie Mangold, Presses universitaires de Rennes.
Email : vincent.baggioni@univ-amu.fr

BOUVIER, Yves
Laboratoire SIRICE (UMR 8138), Université Paris-Sorbonne ; 1 rue Victor Cousin, 75231 Paris cedex 05.
Historien, maître de conférences à l'Université Paris-Sorbonne, membre du comité d'histoire de l'électricité et de l'énergie de la Fondation EDF.
Thèmes de recherche : histoire de l'énergie, histoire économique et sociale contemporaine.
Dernière publication : Yves Bouvier, Léonard Laborie (dir.), *L'Europe en transitions. Énergie, mobilité, communication. XVIII^e^-XXI^e^ siècle*, Paris, Nouveau monde éditions, 2016.
Email : yves_bouvier@hotmail.com

PEHLIVANIAN, Sophie
Université Savoie-Mont Blanc ; Présidence, 27 rue Marcoz, 73000 Chambéry.
Historienne, chercheure associée au laboratoire Langages, Littératures, Sociétés, Études Transfrontalières et Internationales.
Thème de recherche : patrimoine de l'énergie solaire en France.
Thèse de doctorat (publication prévue en 2018) : « Histoire de l'énergie solaire en France. Science, technologies et patrimoine d'une filière d'avenir ».
Email : s.pehlivanian@gmail.com

FONTAINE, Antoine
Laboratoire PACTE (UMR 5194), Université Grenoble Alpes ; 14 bis avenue Marie Reynoard, 38100 Grenoble.
Doctorant en géographie et aménagement du territoire au sein des laboratoires PACTE (Grenoble) et CIRED (Nogent-sur-Marne).

Thèmes de recherche : politiques publiques de l'énergie solaire photovoltaïque, émergence de coopératives de production d'énergie solaire et contribution à la transition énergétique.
Email : antoine.fontaine@umrpacte.fr

MENARD, François
Plan Urbanisme, Construction, Architecture (PUCA), Agence interministérielle ; Grande Arche, Arche Sud, 92055 La Défense Cedex
Sociologue de formation, il a travaillé en bureau d'études avant d'intégrer la Délégation interministérielle à la ville en 2002, puis le PUCA en 2006. Depuis, il y coordonne des programmes de recherche au croisement des questions d'habitat, de territoire et d'énergie tel « Smart grids, Bepos, territoires et habitants » (2011) ou des séminaires chercheurs-acteurs tel « Smart city » (2014-2018). Il participe au pilotage du programme national d'expérimentations « Démonstrateurs industriels pour la ville durable » (DIVD).
Email : francois.menard@developpement-durable.gouv.fr

POPIOLEK, Nathalie
Direction des Analyses Stratégiques, CEA ; CEA Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette cedex.
Vice-présidente du Conseil académique de l'Université Paris-Saclay.
Économiste (HDR), expert senior au CEA, elle analyse l'innovation technologique au regard des dynamiques de marchés et de l'évolution des politiques de régulation.
Thèmes de recherche : mobilité solaire (voir « Multi-criteria analysis of innovation policies in favour of solar mobility in France by 2030 », *Energy Policy*, 97, 2016, p. 202-219), impact de la R&D des grands organismes de recherche technologique (dans le cadre de l'association européenne EARTO).
Dernière publication : ouvrage aux Éditions EDP Sciences sur la Prospective technologique.
Email : nathalie.popiolek@cea.fr

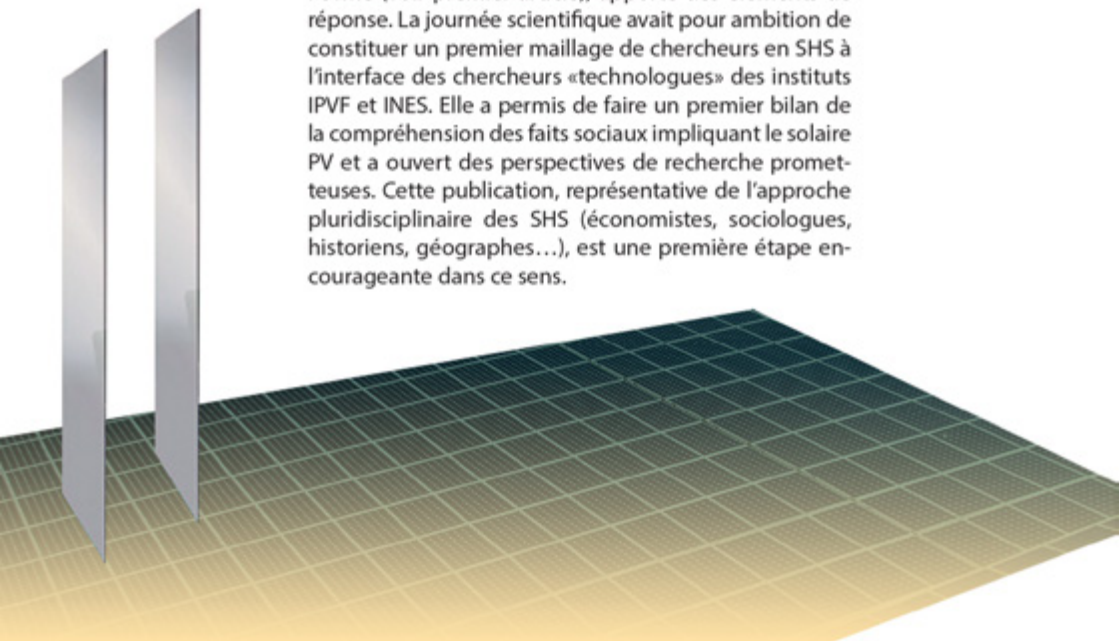
YU, Hyun Jin Julie
Institut de technico-économie des systèmes énergétiques (I.tésé), CEA/DAS ; CEA Saclay, 91191 Gif-sur-Yvette cedex.
Ingénieure-chercheure et économiste, elle travaille sur les problématiques de la transition énergétique, avec une spécialisation sur l'énergie solaire photovoltaïque (PV).
Chercheure affiliée à la Chaire European Electricity Markets (CEEM) de l'université Paris-Dauphine.
Thèmes de recherche : stratégies industrielles, politiques publiques, mondialisation, jeu des acteurs, autoconsommation, effets systémiques…
Dernière publication : H.J.J. YU, « A prospective economic assessment of residential PV self-consumption with batteries and its systemic effects: the French case in 2030 », *Energy policy*, 113C, 2018, p. 673-687.
Email : julie.yu@cea.fr

Correction des textes : Anne-Sophie Décriaud
Maquette et mise en page : Cécile Thiébault
Graphisme : Hugo Marchais

SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES & PHOTOVOLTAÏQUE

Le solaire photovoltaïque (PV) se développe de façon impressionnante depuis maintenant une décennie dans le monde, avec une forte hausse de la puissance crête installée et une baisse rapide des prix des systèmes PV. Comment alors anticiper le développement du solaire PV à grande échelle ? Comment mieux comprendre ses aspects humains et sociaux ? Ce sont des questions que se posent les grands instituts de recherche du solaire PV, IPVF (Palaiseau) et INES (Chambéry).

La présente publication, qui rassemble des articles d'auteurs présents à la journée scientifique SHS-PV du 25 avril 2017 au CEA Paris-Saclay, organisée par le club de l'Orme (voir premier article), apporte des éléments de réponse. La journée scientifique avait pour ambition de constituer un premier maillage de chercheurs en SHS à l'interface des chercheurs «technologues» des instituts IPVF et INES. Elle a permis de faire un premier bilan de la compréhension des faits sociaux impliquant le solaire PV et a ouvert des perspectives de recherche prometteuses. Cette publication, représentative de l'approche pluridisciplinaire des SHS (économistes, sociologues, historiens, géographes…), est une première étape encourageante dans ce sens.



ANCRE
Club de l'Orme
université PARIS-SACLAY Département Sciences de l'Homme et de la Société
ines INSTITUT NATIONAL DE L'ENERGIE SOLAIRE
IPVF INSTITUT PHOTOVOLTAÏQUE D'ÎLE-DE-FRANCE

ISBN 978-2-490369-00-3
EAN 9782490369003