Mémoire de Master 2 Urbanisme et Aménagement

Parcours Urbanisme et Coopération internationale



Territoires & Énergie

Lutter contre les conflits d'usage des sols et améliorer l'acceptabilité sociale des projets de centrales photovoltaïques au sol

Étudiante : Emma CAMPION-HIRSCH
Directeur : Frédéric SANTAMARIA

Institut d'Urbanisme et de Géographie de Grenoble

Année universitaire 2020-2021

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier Thilo Rießner qui a permis cette expérience si enrichissante.

Merci à toute l´équipe de Sterr-Kölln & Partner et Endura Kommunal pour leur accueil et gentillesse. Un grand merci à Steffen Kölln pour m'avoir fait confiance et soutenue tout au long de mes cinq mois de stage. Je tiens également à remercier Christoph Schweizer pour sa gentillesse et son aide, et sans qui, mon aventure au sein de Sterr-Kölln & Partner n'aurait pas été la même.

Merci à Monsieur Santamaria pour son temps, ses conseils, ainsi que son encadrement et sa confiance. Merci également à Monsieur Debizet pour son enthousiasme vis-à-vis de mon sujet, ainsi que ses précieux conseils de lecture.

Merci à mes parents pour leur soutien, leur intérêt et leur aide infaillibles, tant lors de mes études que dans la rédaction de ce mémoire. Enfin, merci à mes camarade de promotion Manon Pellas et Robin Gillaizeau, réels soutiens et sources de motivation au cours de cette année de Master 2 *Urbanisme et Coopération internationale.*

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE ET DU STAGE

J'ai réalisé mon stage de fin d'études en Allemagne, chez Sterr-Kölln & Partner. Fondé en 1978 en tant que cabinet d'expertise comptable, Sterr-Kölln 1 Partner s'est transformé en 1992 en cabinet de conseil franco-allemand, spécialisé dans le développement durable. Ses avocats, conseillers fiscaux, commissaires aux comptes et consultants en stratégie conseillent les acteurs des énergies renouvelables (entreprises, banques et collectivités locales) dans toutes les étapes du développement, du financement et de la réalisation de projets. Si son siège social se trouve à Fribourg-en-Brisgau, le cabinet bénéficie de trois autres bureaux, à Berlin, Paris et Strasbourg. Ce sont au total 40 collaborateurs qui travaillent chez Sterr-Kölln & Partner.

J'ai, au cours de mes cinq mois de stage, intégré l'équipe de consultants en stratégie, au sein de leur bureaux de Fribourg-en-Brisgau. Si leur travail porte sur des projets d'énergies éolienne et photovoltaïque, ainsi que sur l'hydrogène et le biogaz, je n'ai moi travaillé que sur le photovoltaïque. J'ai d'abord réalisé une liste exhaustive des communes du Bade-Wurtemberg et de la Bavière dont la majorité des surfaces sont considérées comme zones défavorisées adéquates à la construction d'installations photovoltaïques, suite à la loir sur les énergies renouvelables (EEG) de 2017. J'ai par la suite réalisé un long travail de synthèse sur la règlementation française en vigueur, ainsi que les démarches administratives nécessaires, relatives à l'implantation de centrales photovoltaïque. Enfin, à identifier des promoteurs immobilier dans les programmes étaient susceptibles d'intégrer des installations photovoltaïque sur les toits afin de proposer aux futurs acquéreurs de l'autoconsommation.

J'ai parallèlement travaillé avec l'équipe « Mobilité » de Endura Kommunal, cabinet de conseil fille de SKP, spécialisée dans le conseil des communes et intercommunalité. Souhaitant développer des projets de mobilité durable transnationale , j'ai élaboré une carte mentale du système d'acteurs franco-allemand de la mobilité. J'ai par la suite référencé l'intégralité des programmes de financement européens, français et allemands mobilisables pour ce type de projets.

CONTENU

REMERCIEMENTS 1

PRÉSENTATION DE L'ENTREPRISE ET DU STAGE 2

GLOSSAIRE 4

INTRODUCTION 5

La nécessaire transition énergétique: contextes mondial et nationaux 10

1. Face à la crise environnementale, un changement de modèle énergétique nécessaire et urgent 10

2. La transition énergétique: engagements pour le climat et politique énergétique 14

3. La solution solaire: des réalités françaises et allemandes très différentes 24

Entre protection de l´activité agricole, conservation des espaces naturels et préservation des paysages, le difficile déploiement des centrales photovoltaïques 32

1. L´impact territorial des centrales photovoltaïques 32

2. L´octroi de permis de construire : un cadre règlementaire et une procédure administrative stricte… 37

3. … renforcé par l´étude d´impact environnemental, l'enquête publique et la nécessaire autorisation préfectorale 44

Améliorer l´acceptabilité et faciliter la recherche de foncier des centrales photovoltaïques au sol 51

1. La déconcentration des énergies renouvelables: réflexion sur l´évolution de nos „paysages énergétiques" 51

2. La décentralisation des énergies renouvelables: des projets financés, gérés et valorisés par les acteurs locaux 58

3. Limiter les conflits d´usage par la double utilisation des sols 64

CONCLUSION 75

BIBLIOGRAPHIE 77

TABLE DES FIGURES 81

ANNEXES 83

GLOSSAIRE

CCNUCC = Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques

CRE = Commission de régulation de l´énergie

EEG = *Erneuerbare-Energien-Gesetz*

EnR = Énergies renouvelables

EPCI = Établissement public

GES = Gaz à effet de serre

ONU = Organisation des Nations Unis

PCAET = Plan Climat Air Énergie Territorial

PCET = Plan climat énergie territorial

PLU = Plan local d´urbanisme

PNR = Parc naturel régional

PNUE = Programme des Nations Unies pour l´environnement

PPE = Programmation pluriannuel de l´énergie

SCoT = Schéma de cohérence territorial

SNBC = Stratégie Nationale Bas Carbone

SRCAE = Schéma Régional Climat Air Énergie

SRADDET = Schéma régional d'aménagement et de développement durable du territoire

UE = Union européenne

INTRODUCTION

À huit mois de la COP26 qui devrait se tenir à Glasgow en novembre 2021, Joe Biden a invité quarante dirigeants mondiaux à se réunir autour d'un Sommet climat virtuel les 22 et 23 avril 2021 afin de « *galvaniser les efforts des principales économies pour réduire les émissions de gaz à effet de serre* » (Garric, 2021). Alors que l'un des principaux objectifs de l'Accord de Paris (2015) est de diminuer les émissions mondiales d'au moins 45% d'ici 2030 afin de maintenir le réchauffement climatique, l'année 2020 est classée parmi les années les plus chaudes jamais enregistrées. L'Agence internationale de l'énergie prévoit cette année un rebond de 5% des émissions de Co^2 issues de la production et de la consommation d'énergie. Ainsi, suite à un recul historique des émissions de CO^2 du fait de la pandémie de la COVID-19, l'année 2021 sera très probablement l'année de la deuxième plus forte hausse annuelle d'émission carbone enregistrée. En définitive, les évènements climatiques extrêmes se multiplient en même temps qu'ils s'intensifient et nos modèles énergétiques, alliés à notre consommation de masse, mènent notre planète vers un réchauffement de 3°C à 4°C. Alors que l'Union européenne a réhaussé ses ambitions climatiques en septembre 2020 dans le cadre de sa « loi européenne sur le climat » en adoptant un objectif de réduction nette des émissions d'au moins 55% à l'horizon 2030 par rapport à 1990[1], la France entend baisser de 40% ses émissions sur cette même période, tandis que l'Allemagne a annoncé de son côté un objectif de zéro émission nette en 2045.

Derrière cette course au leadership climatique, l'enjeu de la transition énergétique est « crucial » (Malingre, 2021). La production et la consommation d'énergie étant responsables de 70% des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), il est urgent et nécessaire que nous sortions des énergies fossiles afin de pouvoir concilier croissance économique et réduction des émissions de GES. La **transition énergétique** se définit par la transformation structurelle de nos modes de production et de consommation d´énergie dans le but de rendre nos territoires plus écologiques. Ainsi, nous devons dans le même temps réduire et améliorer notre consommation d´énergie. Ce second impératif se traduit par le déploiement des énergies renouvelables (EnR), qui sont des énergies de sources naturelles, inépuisables et non-polluantes. Le déploiement des EnR implique la « déconcentration » et la « décentralisation »

[1] Modification du règlement (UE) 2018/1999, dite loi européenne sur le climat (COM(2020) 80 final).

de l´énergie (Aubert, 2020). La production de l´électricité doit passer d´un modèle polluant, cher et hyper-centralisé, à un système durable, plus sûr, moins cher et déconcentré. Cela signifie que le développement des EnR doit se traduire par l´émergence de multiples petites, moyennes voire grandes centrales hydro-électriques, éoliennes, thermiques ou photovoltaïques sur tout le territoire. Cette **déconcentration** spatiale, également appelée régionalisation de l´énergie, permet de produire de l´électricité directement là où elle est consommée, selon les besoins et spécificités propres des territoires et habitants. Cette dynamique entraine un renouveau des acteurs et des modèles de gouvernance de ce secteur, que l´on appelle la **décentralisation** de l´énergie. En effet, les EnR permettent aux acteurs territoriaux, tant publics que privés, d´être acteurs de la transition énergétique. Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéresserons aux **centrales photovoltaïques au sol**, également appelées parcs ou centrales solaires. Ces installations produisent de l´électricité grâce à la captation des rayons du soleil par leurs modules photovoltaïques. Contrairement aux centrales installées sur des toitures ou ombrières de parking, ces installations se trouvent au sol et peuvent s´étendre sur plusieurs centaines d´hectares, voire bientôt plusieurs milliers. Concentrant 90% des nouveaux raccordements, les filières éoliennes et solaires sont aujourd´hui en France les moteurs du développement des énergies renouvelables (*La Rédaction*, 2021). Ainsi en France, la Programmation pluriannuelle de l'énergie, partie prenante de la stratégie française pour l'énergie et le climat, prévoit une puissance photovoltaïque installée de 35,1 à 44,9 Gigawatt d'ici 2028.

Comme l´explique Flora Aubert dans sa thèse (2020), les EnR nécessitent des surfaces et espaces beaucoup plus étendus que les centrales fossiles historiques qui ~~,~~ concentrent de grandes capacités énergétiques sur des surfaces relativement réduites. C´est particulièrement le cas des centrales solaires au sol qui modifient totalement la corrélation traditionnelle entre la puissance de production et la surface des installations de production d´électricité. En modifiant les caractéristiques spatiales et matérielles du secteur de l´énergie, les centrales photovoltaïques suscitent de nombreux conflits d´usage et problèmes d´acceptabilité auprès de la société civile. En effet, d´une part, leur étendue impacte l´occupation des sols ce qui est source de conflits et de concurrence d´usage, notamment vis-à-vis des surfaces agricoles. D´autre part, en étant visibles, elles transforment profondément les paysages tels qu´ils sont vus et vécus par les usagers des territoires (Mouly, 2019). Cet impact paysager engendre des problèmes d´acceptabilité au niveau local des projets de centrales : alors que 86% des Français

affirment avoir une bonne image du photovoltaïque, il est très commun que les acteurs locaux des territoires d´implantation des centrales bloquent ces projets au nom de la conservation des paysages. Ainsi, alors que la France est 1,6 fois plus grande et bénéficie d´un gisement solaire beaucoup plus important qu´en Allemagne, l´énergie photovoltaïque y est largement moins développée. Avec une puissance installée de 53,9 Gigawatt crête, contre seulement 11,7 GWc en France, le secteur photovoltaïque-allemand était en 2020 près de 4,5 fois plus important.

En partant du constat que le photovoltaïque est largement plus développé en Allemagne qu'en France, l'objectif de ce mémoire est d'exposer les lourdeurs administratives et règlementaires françaises qui bloquent ou ralentissent les projets de centrales au sol, afin de proposer des solutions. Nous nous interrogerons sur le droit des sols et les procédures administratives comme obstacles ou effets de levier au déploiement des centrales photovoltaïques. L´auteur usera de son expérience en Allemagne pour apporter des éléments de réponse et des solutions facilitant l´implantation des centrales photovoltaïques au sol en France. Nos territoires étant le support de la transition énergétique, ils doivent inciter, permettre et encadrer l´atteinte des objectifs en termes d´énergies renouvelables.

Comment concilier déploiement des centrales photovoltaïques au sol, rareté du foncier adéquat et protection des paysages ?

Pour répondre à cette problématique, l'auteure a d'abord réalisé un travail documentaire et bibliographique. Dans le prolongement de ses recherches, trois entretiens semi-directifs ont été réalisés :

- ✓ Le premier, le 6 mai 2021, avec **Cyril Wintenberger**, responsable du pôle Transition énergétique du syndicat mixte Territoire d'Énergie Orne (Te61). En tant qu'autorité organisatrice de la distribution de l'électricité sur le territoire ornais (61), le syndicat et le Sirtom du Perche Ornais sont aujourd'hui en pleine phase de montage d'un projet de centrale photovoltaïque sur l'ancien site de stockage de déchets non dangereux (ISDND) de Colonard-Corubert. L'échange porta sur les lourdeurs administratives et obstacles auxquels ils sont confrontés pour la seule demande, puis obtention, d'un permis de construire.
- ✓ Le deuxième, le 9 juin 2021, avec **Heiko Hildebrandt**, directeur général de Next2Sun, lauréate du *Deutscher Solarpreis* en 2020. Cette start-up allemande propose des

modules solaires bifaciaux montés verticalement et exposés d'est en ouest. Cette technologie innovante, particulièrement adaptée à l'agrivoltaïque, permet un rendement électrique plus important et un taux d'occupation des sols très réduit, tout en étant favorable à l'agriculture et à la biodiversité. L'entretien se concentra sur l'organisation du droit des sols et documents d'urbanisme locaux allemands vis-à-vis des centrales solaires, ainsi que sur l'agrivoltaïque.

- ✓ Enfin, le troisième, fin juillet 2021, avec **Markus Jenne**, associé et consultant chez Sterr-Kölln & Partner. Francophone, Monsieur Jenne est notamment responsable des clients et projets français. Souhaitant soutenir des projets de centrales solaires sur le sol français, l'auteure a travaillé avec ce dernier. Cet entretien traita des différences franco-allemandes en termes d'énergies renouvelables et de la complexité de la règlementation française concernant l'implantation de nouvelles centrales.

Outre les nombreux échanges spontanés non enregistrés avec les différents consultants de SKP, l'auteure a participé à plusieurs colloques et conférences franco-allemands sur l'état du photovoltaïque et les multiples formes qu'il peut prendre pour faciliter la réussite de nos objectifs.

L'hypothèse traitée au cours de ce mémoire sera que le manque de foncier disponible pour les centrales solaires n'est pas dû à un manque d'espace sur le territoire français mais à un droit des sols contraignant ainsi qu'à des problématiques d'acceptabilité citoyenne

En cela, nous exposerons dans une première partie les enjeux de la transition énergétique, les engagements internationaux pour le climat et le développement durable, ainsi que les politiques énergétiques française et allemande. Suite à cela, notre deuxième partie se focalisera sur les centrales photovoltaïques au sol ; les difficultés réglementaires et sociétales qui freinent leur implantation. Dans cette partie nous mettrons en lumière la primauté de la protection de l'activité agricole et de la conservation des paysages sur le déploiement de ces centrales. Enfin, nous proposerons dans une troisième partie, par une approche paysagère, une approche sociétale et une approche technique, plusieurs solutions pour limiter ces conflits d´usage et d'acceptabilité.

DÉFINITIONS :

Agrivoltaïque : Forme de photovoltaïque intégré qui associe sur une même surface, une production d´électricité secondaire à une culture agricole principale. Cette pratique peut prendre différentes formes : panneaux fixes orientés sud, panneaux mobiles ou horizontaux et bifaciaux, ombrières, persiennes…

Centrale photovoltaïque au sol : Installation photovoltaïque installée au sol. Les panneaux solaires, installés en rangées et reliés entre eux, forment ce qu´on appelle un champ solaire.

Énergie fossile : Énergie produite à partir de combustibles fossiles, limités, non-renouvelables et émetteurs de gaz à effet de serre.

Énergie renouvelable : Énergie produite à partir de sources naturelles, inépuisables, renouvelables et non-polluantes.

Énergie photovoltaïque : Production d´énergie électrique par la transformation de l´énergie solaire

Friche : Terrain de plus de 2000 m² ayant perdu sa fonction et étant laissé à l´abandon depuis plus de deux ans. Ces friches urbaines, industrielles, commerciales, militaires ou agricoles sont dans l´attente d´une réaffectation ou réhabilitation.

Transition énergétique: Ensemble des modifications du système de production, de distribution et de consommation d´énergie, réalisées dans le but de réduire l´impact environnemental de notre modèle énergétique et de le rendre plus durable.

Mix énergétique : Répartition des différentes sources d´énergies primaires utilisées pour répondre aux besoins énergétiques d´une zone géographique.

Photovoltaïque flottant : Forme de photovoltaïque intégré consistant à l´installation d´un parc solaire sur une étendue d´eau.

La nécessaire transition énergétique: contextes mondial et nationaux

1. Face à la crise environnementale, un changement de modèle énergétique nécessaire et urgent

a. Un modèle fondé sur l´énergie fossile, responsable de la crise climatique actuelle

Le développement de nos sociétés au cours des deux derniers siècles repose sur la découverte et l´utilisation des énergies fossiles, associées à la production et à la consommation de masse. Ces énergies, que sont le charbon, le pétrole et le gaz, sont dites fossiles car « issues de la transformation de matières organiques enfouies dans le sol pendant des millions d´années » (Planète énergies, 2016). Principalement constitués de carbone et d´hydrogène, ces combustibles sont abondants, facilement exploitables et ce, de façon peu coûteuse. De fait, selon les chiffres de l´Agence Internationale de l´Énergie (AIE), la part des énergies fossiles dans la consommation mondiale d´énergie primaire s´élevait en 2018 à 81,3%[2] (pétrole 31,6%, charbon 26,9% et gaz naturel 22,8%). Parallèlement, ces énergies, également appelées « non renouvelables », sont épuisables et extrêmement polluantes. Leurs réserves, qui ne se reconstituent qu´à l´échelle d´ères géologiques, s´amenuisent. Il faut alors aller chercher, localiser et exploiter de nouveaux gisements, modifiant et dégradant tant la biodiversité que les paysages. Prenons l´exemple des forages pétroliers offshore[3] qui se multiplient et impactent de façon croissante les fonds marins, leur biodiversité et l´activité halieutique. Enfin, en plus de dégrader l'environnement, ces énergies, utilisées pour la production d´électricité, les transports ou encore le chauffage, s´avèrent être la principale source des émissions de CO^2 mondiales. Leur combustion émet des gaz à effet de serre, responsables du réchauffement climatique et de ses conséquences. Ainsi, en 2018, l´utilisation de ces énergies a engendré à l´échelle mondiale, 33,5 Gt d´émissions de CO2 dont 44% est imputable à la combustion du charbon, première source de production d´électricité dans le monde (Planète énergies, 2016).

En France, la première source de production et de consommation d´électricité n´est pas le charbon mais le nucléaire, qui produit un peu plus de 70% de l´électricité français (EDF, 2019). En 2019, avec une production de 379,5 TWh, la France était le deuxième pays producteur

[2] IEA (2020). *Key World Energy Statistics 2020*.
[3] Définition pétrole offshore

d´électricité d´origine nucléaire, et ainsi le premier pays européen, après les États-Unis et avant la Chine (EDF, 2021). Nous pouvons alors parler du « tout-nucléaire français » (Launay & Lacroux, 2020). Si l´énergie nucléaire, reposant sur la fission nucléaire d´atomes d´uranium, n´est pas fossile, elle n´est pas pour autant renouvelable. On dit qu´elle est « décarbonée non renouvelable » (Futura Planète, 2020). D'une part, « Non renouvelable » car si l´uranium est abondant sur la planète, ses stocks ne se reconstituent pas à l´échelle d´une vie humaine et sont épuisables ; d'autre part, « décarbonée » car ni sa production, ni sa consommation n´émettent de CO2. Pour autant, l´énergie nucléaire n´est pas propre, n´est pas écologique[4]. En effet, le nucléaire produit des déchets radioactifs qu´il faut traiter, stocker et surveiller. Si leurs volumes et nocivité diffèrent et même si leur toxicité diminue avec le temps, ces déchets restent dangereux pendant plusieurs centaines, voire milliers, d´années (Futura Science, 2015 ; Fournier 2017). Capables de contaminer l´environnement et les humains, le France comptait en 2018, selon l´Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra), près de 1 640 000 m³ de déchets radioactifs stockés sur son territoire[5]. Enfin, les accidents nucléaires de Tchernobyl en 1986 et plus récemment, Fukushima en 2011, ont rappelé au monde entier l´instabilité et la dangerosité de cette énergie.

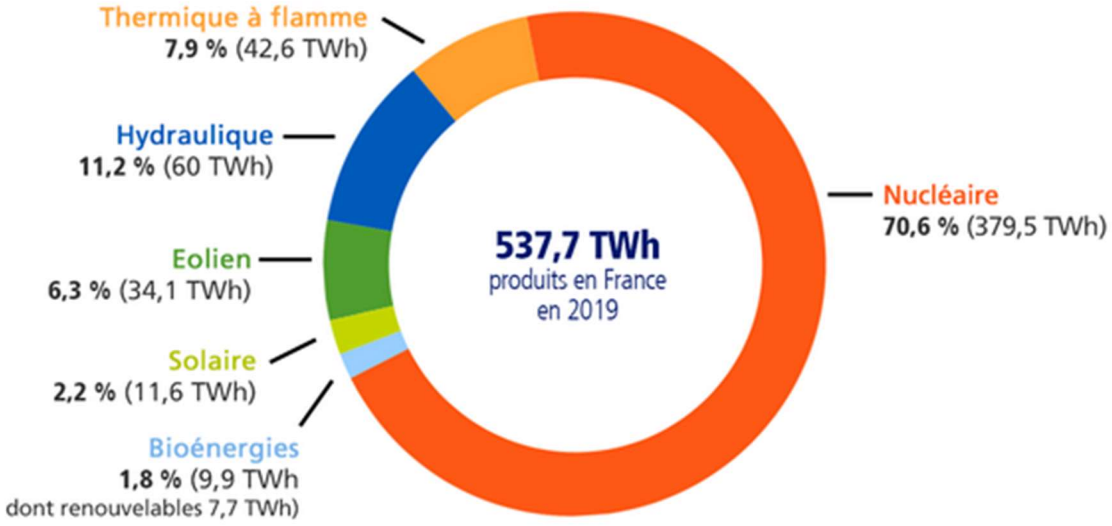


Figure 1 : Les sources de la production française d´électricité (RTE-bilan électrique, 2019)

[4] Attention, ici l´auteure prend position. La question de la propreté et du caractère écologique de l´énergie nucléaire cristallise les désaccords en France et est source de débats récurrents.

[5] Andra (2020). Les déchets radioactifs: inventaire. En ligne [consulté le 16 juin 2021]: https://www.andra.fr/les-dechets-radioactifs/tout-comprendre-sur-la-radioactivite/inventaire

Limité, dégradant et polluant, notre modèle énergétique qui se traduit par une dépendance aux combustibles fossiles et non renouvelables est insoutenable. Face aux dégradations environnementales, à la disparition de nos ressources naturelles et aux conséquences du changement climatique qui se multiplient et s´intensifient, nous devons,-impérativement et le plus vite possible, établir un nouveau modèle énergétique décarboné.

b. Un changement de modèle: la transition énergétique et les énergies renouvelables

Malgré la naissance d'une conscience environnementale dès les années 1970 au sein du monde scientifique et dans l'opinion publique, avant de s´étendre aux décideurs politiques à partir des années 1990, force est de constater qu'il n'y pas eu de réduction significative des émissions de gaz à effet de serre au cours de ces quarante dernières années et que la destruction de la biodiversité s'est accrue. Si quelques efforts ont été faits en termes de développement durable et d'efficacité énergétique, les émissions de gaz à effet de serre n'ont pas diminuées. Au contraire, la croissance démographique, l'avènement de la consommation de masse et de l'obsolescence programmée ne font qu'accroitre les émissions de carbone et méthane. Ainsi, en France, les émissions de gaz à effet de serre ont augmenté entre 2016 et 2018 et le mode de consommation des Français en émet plus en 2018 qu'en 2005 (Durand 2020). Alors qu'au début de l'ère industrielle, en 1850, la concentration atmosphérique en CO2 s'élevait à 270ppm, elle dépasse 415ppm en 2019. Ce niveau, sans précédent depuis trois millions d'années, allié à la hausse de la concentration d'autres GES comme le méthane et le protoxyde d'azote, est responsable d'un réchauffement planétaire de plus d' 1°C environ depuis la Révolution industrielle (Durand, 2020). Ce réchauffement climatique planétaire a de nombreuses conséquences environnementales et biodiversitaires dramatiques. Nous notons une multiplication des records climatiques depuis 20 ans. Comme l'expose Durand, à l'exception de 1998, les dix-huit années les plus chaudes jamais mesurées sur Terre se situent toutes au XXIème siècle. Si les cinq années les plus chaudes se situent entre 2015 et 2020, 2020 bat tous les records avec en moyenne une température supérieure de 1,25°C à celle de l'époque préindustrielle. Parallèlement, les phénomènes météorologiques extrêmes se multiplient, l'érosion des sols s´intensifie, les océans s´acidifient, les eaux montent, la fonte des glaces arrive à un point de non-retour et la biodiversité connait sa sixième extinction de masse.

Si nous connaissons les conséquences des émissions de GES, nous en connaissons également les sources. À l´échelle mondiale, 70% des émissions de ces GES sont issus de la production et de la consommation d´énergie ; dont 41% dus à la seule production d´électricité[6]. Face à cet impact environnemental du secteur énergétique, la nécessité d´un nouveau système plus écologique de production, de distribution et de consommation de l´énergie n´est plus remis en question. On appelle communément ce changement structurel nécessaire, la « transition énergétique ». Nous devons aller vers la sobriété et l´efficience énergétique. C´est-à-dire que nous ne devons pas seulement consommer moins d´énergie, mais également mieux (Mouly, 2019). Ce mémoire se concentrera sur ce deuxième challenge. Comme titre le ministère de la Transition énergétique, il faut « *en finir avec les énergies fossiles et s´engager vers la neutralité carbone* »[7]. En effet, pour limiter l'élévation de la température moyenne de la planète à +2°C maximum et autant que possible à +1,5°C par rapport au niveau préindustriel, tel que la communauté internationale s´y est engagée en 2015 (Accord de Paris), nous devons impérativement décarboner notre modèle énergétique. Cela doit passer par le l´avènement des énergies dites « renouvelables » (EnR) dans le mix énergétique. On parle communément de « diversification » du mix énergétique. Les EnR que sont l´hydraulique, l´éolien, le solaire et la biomasse sont issues de ressources naturelles tels que le vent et les rayons du soleil. Se reconstituant à l´échelle humaine, plus vite qu´elles ne sont consommées, elles sont inépuisables et abondantes. Enfin, contrairement aux énergies fossiles, les EnR sont propres : leur exploitation n´engendre pas ou très peu d´émissions polluantes.

En définitive, la limitation du réchauffement climatique exige la réduction drastique des émissions de GES, voire le « zéro émission carbone ». Nous devons soutenir l´innovation de nos moyens de production, notamment énergétiques, afin de séparer « performance économique » et « émissions de co2 ». Cela nécessite un changement radical de notre modèle énergétique, que l´on appelle la transition énergétique et qui se traduit par le passage des énergies fossiles aux énergies renouvelables.

[6] Chiffres du ministère de la Transition écologique, 2018. https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/sites/default/files/2020-12/datalab_81_chiffres_cles_du_climat_edition_2021.pdf

[7] https://www.ecologie.gouv.fr/en-finir-energies-fossiles-et-sengager-vers-neutralite-carbone

La prochaine partie nous permettra d´exposer les différents engagements internationaux et nationaux pour le climat. Nous nous concentrerons sur les objectifs en termes de réduction des émissions polluantes et de développement des EnR.

2. La transition énergétique: engagements pour le climat et politique énergétique

a. Les engagements mondiaux et objectifs européens

Communauté internationale/ONU

Afin de soutenir le développement durable et définir ses grandes orientations, des rencontres décennales sont organisées par l´Organisation des Nations Unis (ONU) depuis 1972. Celles-ci sont communément appelées « Sommet de la Terre ». La première conférence des Nations Unies sur l'environnement (1972), appelée « Conférence de Stockholm », deviendra ainsi le premier Sommet de la Terre et donnera naissance au Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). Les quatre premiers sommets (1972 à 2012) ont permis d´ériger les problématiques écologiques au rang de préoccupations internationales et d´établir la responsabilité humaine vis-à-vis de l'environnement. Si, aux termes de ces différents sommets, les pays membres de l'ONU s'engagent et réaffirment leur engagement à développer un modèle de développement économique équitable et respectueux de l'environnement, peu de mesures concrètes sont en réalité prises ou en définitive adoptées. Les engagements de réduction des émissions de GES et de préservation de la biodiversité sont non contraignants et tiennent plus de déclarations d´intentions que de promesses (Mouly, 2019). Prenons l´exemple du Sommet de Rio de Janeiro de 1992 qui a impulsé "l'Agenda 21", un plan d'action pour le XXIe siècle (Le Monde, 2012) et mené à l´adoption de la Convention sur la diversité biologique[8]. Vingt ans après, en 2012, le PNUE déplore dans son rapport Geo-5[9] que seuls quatre objectifs sur les 90 attestent des « progrès significatifs ».

Parallèlement, les pays signataires de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), également adoptée lors du sommet de la Terre de Rio de Janeiro, se rassemblent annuellement depuis 1995 lors des « COP » (*Conferences of the*

[8] Également appelée Convention de Rio, elle appelle dès 1992 les pays membres à limiter la concentration des GES dans l´atmosphère selon leurs responsabilités et leurs capacités.
[9] PNUE (2012). *GEO5 L´avenir de l´environnement mondial. Résumé à l´intention des décideurs*.

Parties). Réunissant également des groupements scientifiques, des ONG ou encore des collectivités territoriales, ces COP permettent d´adopter de nouveaux « accords sur la réduction des émissions anthropiques de GES avec des objectifs communs ou différenciés » (Connaissance des énergies, 2020). La COP3 qui s´est tenue à Kyoto en 1997 a été particulièrement importante en ce qu´elle a menée à la ratification du Protocole de Kyoto. Rentré en vigueur en 2005, ce protocole a pour objectif de réduire, entre 2008 et 2015, d´au moins 5% les émissions de GES par rapport au niveau de 1990. Ainsi, le protocole de Kyoto est le premier accord international « contraignant », avec des engagements chiffrés. Seuls 37 pays industrialisés se sont réellement engagés à respecter ces engagements ; Toutefois, si l´accord n´est « légalement » pas contraignant, les objectifs ont été collectivement largement dépassés avec une réduction totale des émissions de 22,6% (Connaissance des énergies, 2020). Afin de poursuivre cette dynamique, la COP8, tenue en décembre 2012 à Doha, a fixé une nouvelle période d´engagement de 2013 à 2020.

Enfin, la COP21, qui s´est déroulée France en décembre 2015, a donné lieu à la signature par les 195 pays membres d´un accord international sur le climat, applicable à tous. Ledit Accord de Paris a pour but de lutter contre le changement climatique en « accélérant et intensifiant les actions et investissements nécessaires à un avenir durable à faible intensité carbone » (United Nations Climate Change, 2018). Ainsi, il fixe comme objectif la limitation du réchauffement climatique mondial entre 1,5 °C et 2 °C d'ici 2100, ainsi que l´objectif de la neutralité carbone (zéro émission nette) d´ici 2050. Le principe de transparence impose aux États parties de rendre compte de leurs émissions ainsi que des efforts fournis pour atteindre les objectifs communs, et un bilan collectif est prévu tous les cinq ans à partir de 2023. De fait, l´Accord de Paris se place aujourd´hui comme cadre international de toutes les politiques climatiques et énergétiques des pays signataires.

Union européenne

À l´échelle européenne, la Commission a présenté le Paquet „Climat-Energie“ dès 2008, faisant de l´UE la première région au monde à s´engager de façon si ambitieuse en faveur du climat et de la transition énergétique. Les objectifs à atteindre son chiffrés et les mesures à mettre en œuvre concrètes (Mouly, 2019). En effet, ce plan d´action a trois objectifs dits des « 20-20-20 » ou « Trois fois vingt » :

- ✓ Réduire les émissions de CO_2 des pays de l'Union de 20 % par rapport à 1990 ;
- ✓ Augmenter la part des énergies renouvelables dans l´approvisionnement énergétique européen à 20 % par rapport à 2005 ;
- ✓ Accroitre l'efficacité énergétique de 20 % au regard des chiffres de 2008.

Alors que ces deux premiers objectifs de réduction des émissions de GES et de promotion des EnR sont contraignants, le troisième concernant l´efficacité énergétique n´a pour l´instant aucune valeur juridique. L´objectif énergétique se décline en un objectif communautaire et en différents objectifs nationaux contraignants (Cruciani, Keppler & Kérébel, 2008). Alors que la part des EnR dans la consommation finale d´énergie de l´Union ne s´élève qu´à 8,5% en 2005, les 27 doivent accroitre cette part de 11,5 points d´ici 2020. Parallèlement, chaque État se voit imposer une augmentation minimale de 5,75% de la part des EnR dans son mix énergétique, qui s´additionne à un autre objectif chiffré selon son Produit intérieur brut (PIB). Ainsi, par ce procédé, les EnR devront représenter 23% de la consommation totale d´énergie en France d´ici 2020, contre 11,4% en 2008. À Malte, l´objectif est fixé à 10% alors que la Suède devra atteindre 49%. Enfin, cas exceptionnel en Allemagne, dont l´évolution des EnR prévue au préalable par le gouvernement est supérieure à l´objectif national contraignant et qui, ainsi, s´impose un objectif chiffré de 19,6%, soit supérieur au 18% imposé par la directive.[10]

Adopté en 2014 puis révisé en 2018, le second paquet « Climat-Énergie » prolonge cette ambition. Il a donné lieu à un rehaussement des objectifs, à attendre à l´horizon 2030 :

- ✓ Réduction les émissions de GES d'au moins 40 % par rapport à 1990 ;
- ✓ Augmenter la part d'au moins 32 % d'énergies renouvelables dans l'énergie consommée ;

[10] Bundesrepublik Deutschland (2009), *Nationaler Aktionsplan für erneuerbare Energie gemäß der Richtlinie 2009/28/EG zur Förderung der Nutzung von Energie aus erneuerbaren Quellen.*

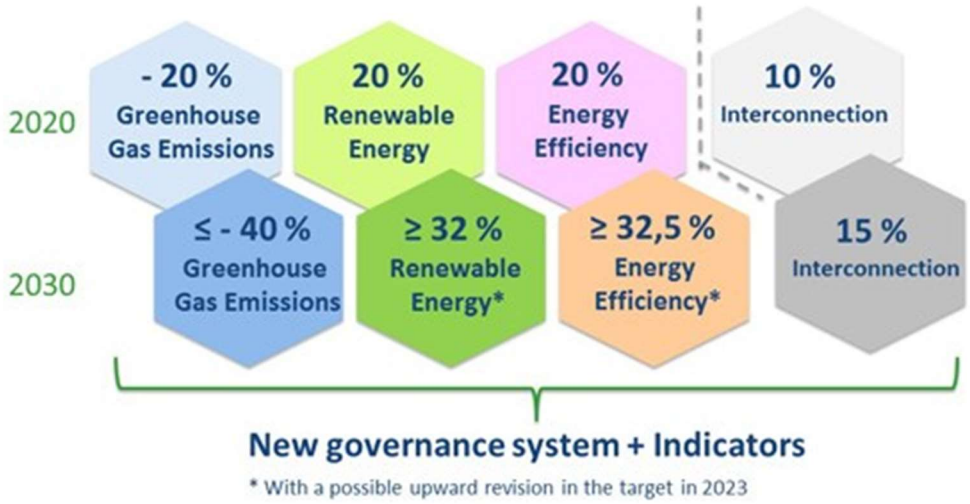


Figure 2 : Cadre d´action en matière de politique énergétique et climatique européenne – Objectifs chiffrés (Source : https://climat.be/politique-climatique/europeenne/paquet-climat-energie-2030)

Enfin, afin d´atteindre l´objectif de neutralité climatique de l´UE à l´horizon 2050 prévu par l´Accord de Paris, le Conseil européen a décidé en décembre 2020 de relever ces ambitions climatiques européennes et d´approuver un nouvel objectif contraignant d´une réduction nette des émissions de gaz à effet de serre dans l'UE d'au moins 55 % d'ici 2030 par rapport aux niveaux de 1990[11]. L´UE souhaite atteindre la neutralité carbone d´ici 2050 et ces ambitions sont inscrites dans la Loi européenne sur le climat, amendé en mai 2021[12]. Alors qu´entre 1990 et 2017, les émissions mondiales de GES se sont accrues de 60%, sur la même période, les émissions de l´Union européennes ont diminué de 19,4%. Cette baisse a été de -22,5% en France et de -24,8% en Allemagne. Cette réussite est plus nuancée vis-à-vis du développement des énergies renouvelables. L´utilisation d´énergie reste la principale source européenne d´émissions de GES : 78,0% dont 34% sont générées par la production même d´énergie (Commissariat général au développement durable, 2020). Si pour la première fois, au premier semestre 2020, l´UE a produit plus d´électricité issue de sources durables que fossiles (38%), l´expansion des EnR reste insuffisante pour remplir les objectifs 2030. (Mouterde, 2021). En 2018, l´Union était encore à 1,1 point de son objectif 2020 (18,9%) et seuls 12 pays avaient atteint ou dépassé leurs objectifs nationaux. Les Pays-Bas et la France étaient alors les deux pays les plus éloignés de leurs objectifs avec respectivement un écart de

[11] Conseil européen (2020). *Réunion du Conseil européen (10 et 11 décembre 2020) – Conclusions*. (https://www.consilium.europa.eu/media/47328/1011-12-20-euco-conclusions-fr.pdf)
[12] https://www.consilium.europa.eu/fr/policies/climate-change/ .

6,9 et 5,8 points (Eurostat, 2020). Arrivé en 2020, alors que l´Allemagne a dépassé de 1.3 points sont objectif contraignant, la France, qui se veut tête de file de la transition énergétique, n´a pas atteint le sien. Ainsi, en 2020, 19,3%[13] de la consommation finale brute d´énergie est issue de sources renouvelables en Allemagne contre seulement 19,1%[14] en France alors que 23% y était attendu.

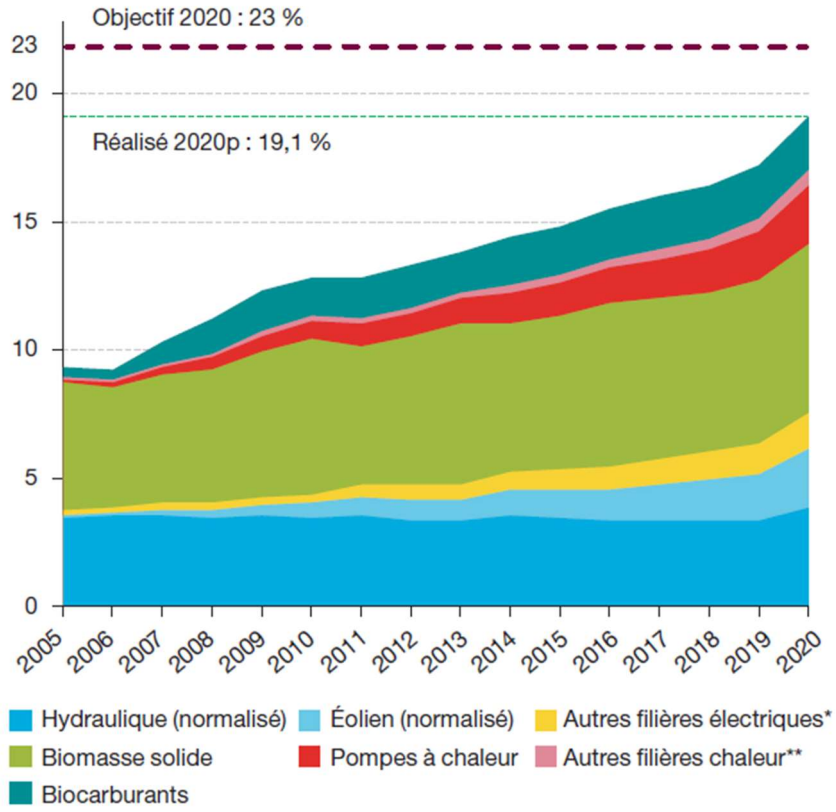


Figure 3 : Part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie par filière et objectif 2020 (en %) (Ministère de la Transition écologique, 2021)

Dans une prochaine partie nous analyserons la traduction nationale de ces engagements et objectifs.

b. La politique énergétique française et son application par les collectivités territoriales

Lois et textes

Les années 2000 marquent le début d´une politique environnementale énergétique française active et ambitieuse. Dans le prolongement des directives européennes, l´État s´engage pour le développement des EnR. La politique énergétique française continue de s´adapter et de se

[13] https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen#uberblick
[14] https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/les-energies-renouvelables-en-france-en-2020-suivi-de-la-directive-200928ce-relative-la-promotion

calquer sur les objectifs européens et internationaux qui, comme nous l´avons démontré précédemment, sont en constante augmentation.

Instaurée en 2005, la Loi de Programmation fixant les Orientations de la Politique Énergétique (Loi Pope) marque le début de l´engagement officiel pour la réduction des émissions polluantes via le déploiement des EnR. Deux ans plus tard, ces grandes orientations sont reprises par le **Grenelle Environnement**. Ce grand débat national s´est tenu en 2007 dans le but de définir une stratégie à long terme de développement durable. Associant l´État, les collectivités locales, les entreprises, les syndicats et les ONG, le rapport général de synthèse définit la stratégie de développement durable autour de trois priorités : la lutte contre le réchauffement climatique, la préservation de la biodiversité et la réduction des pollutions (Merlin, 2015). Ce débat a abouti à l'adoption de deux lois savoir, la Loi n°2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement, dite « Grenelle I », qui fixe les objectifs nationaux généraux en termes d'environnement, et la Loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 portant engagement national pour l'environnement, dite « Grenelle II», qui détermine les mesures à prendre pour atteindre ces objectifs.

La **Loi relative à la Transition énergétique et à la croissance verte** (dite TECV) promulguée le 17 août 2015 (N°2015-992) a pour objectif de lutter plus efficacement contre le réchauffement climatique et de renforcer l´indépendance énergétique de la France tout en garantissant l´accès à l'énergie à tous à un cout compétitif[15]. Cette évolution législative permet de transposer les objectifs du Paquet Energie-Climat de l´UE et de la Loi Grenelle. La LTECV renforce ces objectifs avec l´instauration d´une échéance en 2030 et une autre en 2050 (Mouly, 2019). Les principaux objectifs sont les suivants :

- ✓ Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030 et les diviser par quatre entre 1990 et 2050 ;
- ✓ Réduire la consommation énergétique primaire d'énergies fossiles de 30 % en 2030 par rapport à 2012 ;
- ✓ Porter la part des énergies renouvelables à 32 % de la consommation énergétique finale d'énergie en 2030 et à 40 % de la production d'électricité ;

[15] Loi de transition énergétique pour la croissance verte | Ministère de la Transition écologique (ecologie.gouv.fr)

- ✓ Réduire la consommation énergétique finale de 50 % en 2050 par rapport à 2012 avec comme objectif intermédiaire -20 % en 2030 ;
- ✓ Porter la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % à l'horizon 2025

Ces efforts sont repris dans le **Plan Climat**[16] qui, en 2017, introduit un nouveau cap à l´échelle nationale ; celui de la neutralité carbone à l´Horizon 2050. Par ce plan, la France entend devenir le chef de file de la mise en œuvre opérationnelle de l´Accord de Paris à l´échelle européenne et internationale. La lutte contre le changement climatique doit devenir irréversible (axe 1), s'ancrer dans l´action publique et territoriale et associer tous les citoyens (axe 2). Afin de décarboner la production d´énergie (axe 8), il est prévu qu´en 2022 les dernières centrales électriques au charbon soient mises à l´arrêt. Parallèlement à l´augmentation du prix du carbone (axe 10), le gouvernement s´engage à accélérer le développement et le déploiement des énergies renouvelables (axe 14).

Enfin, afin d´atteindre les objectifs énergétiques définis par la Loi TECV, les pouvoirs publics ont développé la **Programmation pluriannuelle de l´énergie** (PPE). Cet outil opérationnel fixe les priorités d'actions des pouvoirs publics dans le domaine de l'énergie. Ayant couvert une première période de trois ans entre 2016 et 2018, la PPE 2 s´applique aujourd´hui dans le cadre d´une seconde période de cinq ans (2019-2028Le scénario énergétique[17] imposé par la PPE a ainsi pour finalité la décarbonation de notre modèle énergétique (Ministère de la Transition écologique, 2021). Trois de ses principales mesures sont donc : la baisse de la consommation d´énergie, la diversification du mix énergétique par l´expansion des EnR et le développement des réseaux et de la production locale. En cela la PPE 2 entend «augmenter de plus de 70% la capacité installée des énergies renouvelables électriques"[18] par rapport à 2014 pour atteindre les 32% d´EnR dans la consommation finale d'énergie en 2030 prévus par la loi TECV

[16] Ministère de la Transition écologique et solidaire (2017). *Plan climat. 1 planète, 1 plan*.
[17] Notons que, tous deux introduits par la loi TEcv, la PPE et la stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC) sont unies par un lien de compatibilité.
[18] https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/16064-1_PPE_light_0.pdf

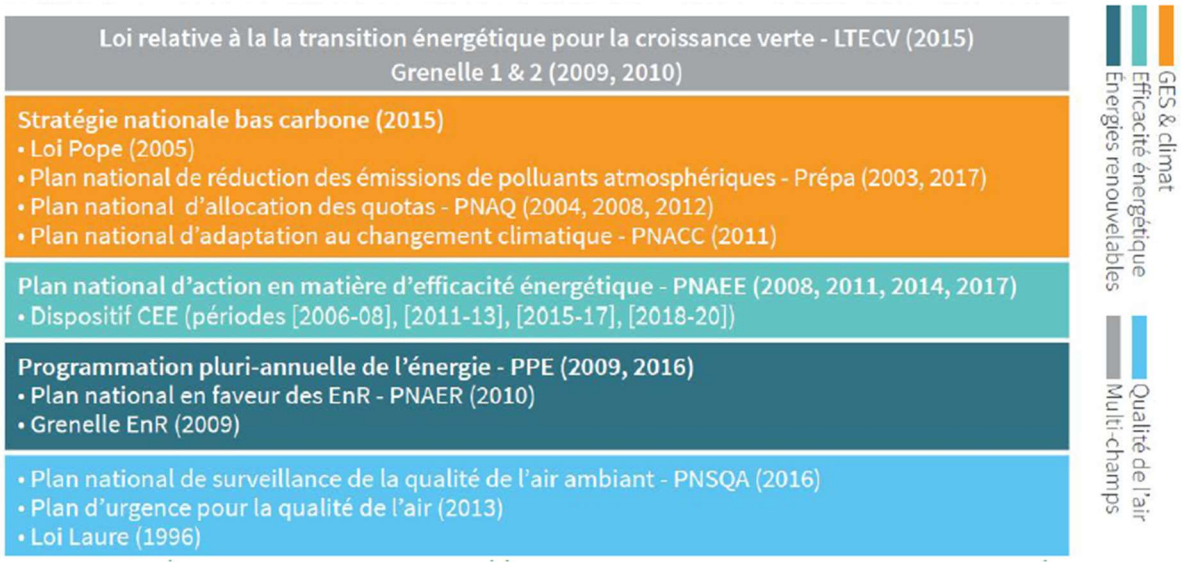


Figure 4: Agencement des principaux textes législatifs en matière d´énergie et d´émissions polluantes (ADEME, 2018)

Documents d´urbanisme

Les autorités locales et collectivités territoriales françaises sont les acteurs majeurs de l´application de la transition énergétique et de la planification du développement des EnR à l´échelle nationale. Dès son apparition en Allemagne et en Autriche au début des années 1980, le concept de transition énergétique se définit par la **décentralisation du système énergétique** (Krause, Bossel & Müller-Reissmann, 1980). La transition énergétique nécessite le passage à de plus petites unités de production d´énergie, localisées au plus près des consommateurs afin de se « substituer aux structures de production centralisées et contrôlées par des grandes sociétés capitalistiques » (Deshaies, 2015). De ce fait, les collectivités locales sont aujourd´hui responsables de la mise en œuvre des objectifs internationaux et nationaux sur leurs territoires. Elles sont intégrées à la planification des EnR et ont acquis des compétences dans quatre domaines de l´énergie (Mouly, 2019) : « la concession du service public de distribution d'énergie, la production d'énergies de sources renouvelables, l'aménagement du territoire et de la sensibilisation ».

La Loi Grenelle 2 impose à chaque région un Schéma Régional du climat, de l´Air et de l´Énergie (SRCAE), auquel doit être annexé un Schéma Régional Éolien (SRE) dont la tâche est de désigner les zones géographiques les plus appropriées à l´implantation de ces infrastructures énergétiques. Comme l´explique le Cerema [19], ce document stratégique, élaboré en

[19] http://outil2amenagement.cerema.fr/le-schema-regional-du-climat-de-l-air-et-de-l-r584.html

collaboration avec l´Etat, définit les orientations et objectifs chiffrés de la région en termes d´adaptation au changement climatique, de réduction des émissions de GES, de maitrise de la demande d´énergie et de développement des énergies renouvelables. Par la suite, la Loi portant sur la nouvelle organisation territoriale de la République, -dite loi NOTRe, a donné naissance en 2015 aux Schémas régionaux d´aménagement, de développement durable et d´égalité des territoires (SRADDET). En matière d´énergie, ce document fusionne le SRCAE et le SRE et fixe les objectifs à moyen-et long termes (2030 et 2050) de maitrise et de valorisation de l´énergie. Ainsi, comme l´explicite le Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales, le SRADDET renforce la place de l´institution régionale en tant que planificateur de la stratégie afférente aux énergies renouvelables[20]. En définitive, si avec la maitrise régionale de l´énergie l´Etat reste le garant de la bonne mise en œuvre de la politique énergétique, le Préfet de région apparait comme l´autorité de gestion, omniprésente, de son application.

Les compétences relatives aux EnR sont encore plus importantes à l´échelle communale. En effet, depuis la Loi TEcv, les intercommunalités de plus de 20 000 habitants sont dans l´obligation de présenter un Plan Climat Air Énergie Territorial (PCAET). L´échelle de cet outil opérationnel de coordination de la transition énergétique propre aux territoires permet la réalisation de programmes d´actions précis et adéquats. L´orientation stratégique pour le développement des EnR se retrouve alors dans les documents d´urbanisme que sont les Schémas de Cohérence territorial (SCoT) et les Plans Locaux d´Urbanisme (PLU).

Les SCoT fixent les orientations fondamentales de l´organisation de l´espace pour une période de 10 à 20 ans. Ils établissent un cadre et une stratégie d´ensemble en assurant la cohérence des actions de développement et d´aménagement des documents de planification des collectivités intercommunales et communales. Ce document pivot se situe entre les grands schémas régionaux et les documents de planification locaux. Si depuis la loi Grenelle II de 2010, il doit limiter la consommation d´espaces agricoles, naturels et forestier, il doit également réduire les émissions de GES et renforcer la préservation de la biodiversité. Ainsi, il définit les conditions d´implantation des parcs photovoltaïques au travers d´arguments techniques, socio-économiques et environnementaux. Il peut localiser des zones

[20] https://www.cohesion-territoires.gouv.fr/sraddet-un-schema-strategique-prescriptif-et-integrateur-pour-les-regions

d´implantation potentielles selon des pré-diagnostics environnementaux, agricoles et forestiers. Le PLU définit la destination générale des sols à l´échelle communale ou intercommunale (PLUi). Il respecte les grandes orientations définit par les Projets d´Aménagement et de Développement durable (PADD), et comma le SCoT, la loi Grenelle II a renforcé son approche environnementale, paysagère et patrimoniale[21]. Par un zonage de chaque parcelle, le PLU indique et impose les règles d´occupation et d´usage des sols: zones constructibles ou non, zones devant rester naturelles ou agricoles, zones réservées à l'activité industrielle ou même des zones prévues pour l´implantation d´EnR, etc.... Ainsi, il précise les secteurs susceptibles d´accueillir les projets photovoltaïques selon les préconisations du SCoT et une analyse locale plus fine des impacts environnementaux.

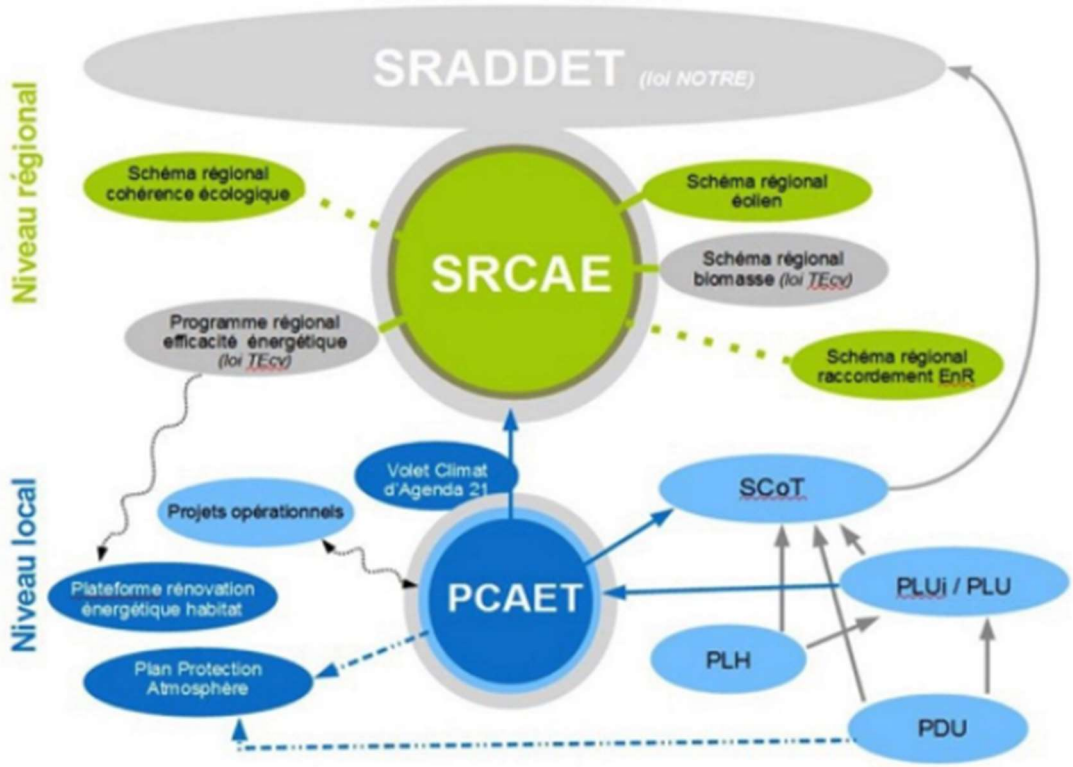


Figure 5 : Agencement des principaux documents d´urbanisme prenant en compte les politiques de développement durable et de l´énergie. (Source : morbihan.bzh/niveaux-national-et-regional/, 2021)

Parallèlement, en Allemagne, nous retrouvons les *Regionalplanung* qui définissent l´aménagement du territoire à l´échelle régionale pour généralement une période de quinze

[21] https://www.cc-macs.org/environnement-urbanisme/urbanisme/plan-local-durbanisme-intercommunal-plui/projet-damenagement-et-de-developpement-durable-padd.html

ans[22]. Chacun des seize länder allemands est divisé en régions[23]. Les plans régionaux précisent ainsi les exigences en termes d´organisation spatiale du *Landesentwicklungsplan* (plan de développement du land) pour la région concernée. Ils établissent les zones de peuplement ou de construction ; les emplacements pour les projets de commerce ou d´industrie ; les espaces ouverts à protéger, sauvegarder ou conserver ; les zones prioritaires pour l´agriculture ou la sylviculture, ou encore les zones d´extraction de matières premières. À l´échelle communale, nous retrouvons les *Flächennutzungsplan* qui sont l´équivalent des plans d´occupation des sols. Définissant les caractéristiques du type d'occupation des sols de la commune, ils constituent la base des plans de développement des municipalités (*Bebauungsplan*). Ils représentent un grand nombre de d´usages différents tels que les types de bâtis autorisés, les zones de circulation, les infrastructures publiques, les espaces verts, de forêts ou d´agriculture, etc… L'élaboration et la modification des plans d´occupation des sols sont la tâche des communes dans le cadre de la souveraineté d'aménagement qui leur est garantie par le droit constitutionnel allemand. Cela garantit que, outre l'initiative, la responsabilité des plans d'occupation des sols relève de la sphère locale, à savoir de la municipalité et de son conseil municipal élu par les citoyens.

La question énergétique est de plus en plus prise en compte par les documents d'urbanisme français. Nous assistons à une montée en puissance des autorités locales via à vis des mesures de développement durable et de l'application de la transition énergétique. Par le suite, nous analyserons la place du photovoltaïque dans nos objectifs mondiaux de décarbonation. Nous étudierons également l'inégal développement du l'énergie solaire entre la France et l'Allemagne par le prisme de l'histoire énergétique et de l'histoire agricole de ces deux pays.

3. La solution solaire: des réalités françaises et allemandes très différentes

a. Le rôle du photovoltaïque dans les objectifs énergétiques mondiaux

Malgré le ralentissement économique entrainé par la pandémie de la COVID-19, la capacité d´énergies renouvelables installée en 2020 a battu toutes les estimations et expansions antérieures. En effet, comme le montre le rapport de l´Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), la planète a accueilli 261 GW supplémentaires d´EnR entre 2019 et

[22] https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/bauen/landes-und-regionalplanung/regionalplanung/
[23] Par exemple, le Baden-Wurtemberg englobe douze régions.

2020, dépassent l´expansion de 2019 de près de 50%. Cette hausse de 10,3% porte alors la capacité installée mondiale d´EnR à un total de 2 799 GW fin 2020 et fait dire à Francesco La Camera que nous sommes rentrés dans la décennie des énergies renouvelables[24] :

> *„Despite the difficult period, as we predicted, 2020 marks the start of the decade of renewables." Francesco La Camera, 2021.*

Si l´énergie hydraulique (43%) reste l´EnR dominante dans le mix énergétique mondial, l´éolien et le solaire rattrape leur retard et correspondent aujourd´hui chacun à 26% de ce mix avec respectivement 733 GW et 714 GW installés (IRENA, 2021). En effet, l´accroissement sans précédent de la capacité installée d´EnR en 2020 est notamment due à l´expansion de l´éolien et du solaire. Alors que 82% des nouvelles capacités électriques installées l´année dernière étaient renouvelables, 91% d´entre elles étaient issues d´installations éoliennes ou solaires. En définitive, les énergies solaires et éoliennes se sont, à l´échelle mondiale, respectivement accrues de 22% et 18%, c´est à dire de 127 GW et 111 GW supplémentaires.

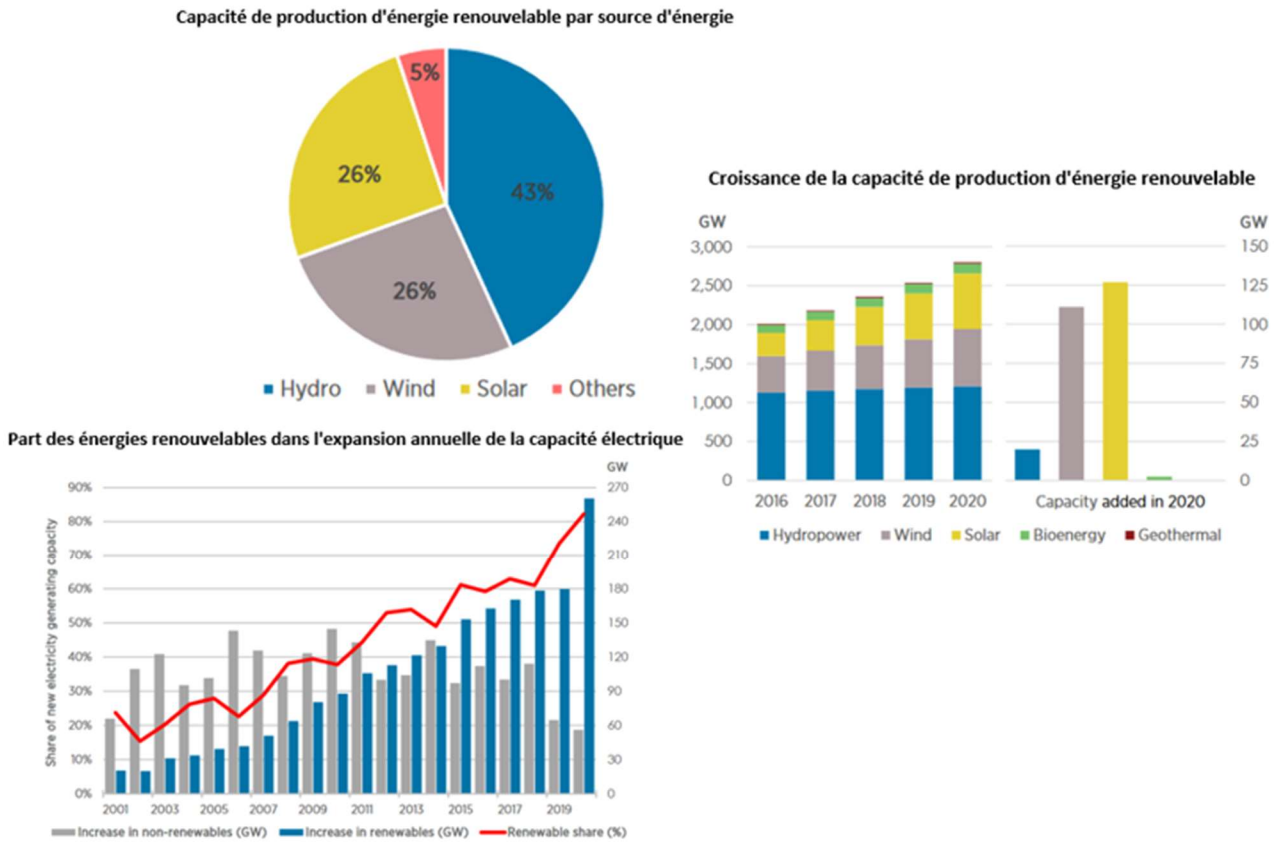


Figure 6 : Capacité de production mondiale des énergies renouvelables en 2020 (IRENA, 2021)

[24] IRENA (2021). *World Adds Record New Renewable Energy Capacity in 2020*. En ligne [consulté le 25 mai]: https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2021/Apr/World-Adds-Record-New-Renewable-Energy-Capacity-in-2020

Aussi développée que l´énergie éolienne, l´énergie solaire est aujourd´hui la technologie renouvelable qui croît le plus rapidement, et ce, partout dans le monde. Avec une chute du prix de production des panneaux solaires de plus de 85% depuis 2010, l´énergie solaire est devenue le mode de production le moins cher. De fait, la plupart des scénarios de transition énergétique reposent sur l´essor du solaire photovoltaïque[25], qui devrait à termes dépasser la capacité installée de l´éolien. C´est le cas des six scénarios de mix électrique pour 2050 présentés cette année par RTE[26], appelés « Futurs Énergétiques 2050 » et censés permettre à la **France** d'atteindre la neutralité carbone à cette échéance. Les trois premiers scénarios, prévoyant un mix énergétique 100% renouvelable en 2050 (M0) ou en 2060 (M1 et M23), reposent tous sur une sortie du nucléaire permise par un recours massifs l´énergie photovoltaïque (PV). Ainsi, M0 prévoit une capacité installée de 208 GW pour le PV contre seulement 136 GW d´éolien ; M1, 200 GW et M23, 125 GW. Cela fait dire à l´association internationale SolarPower Europe que l´UE ne pourra remplir ces objectifs de transition énergétique, ni devenir le premier continent à atteindre la neutralité climatique sans l´énergie solaire.

> *« As the cleanest and most cost-effective energy source with the highest levels of public acceptance across Europe, 1 solar energy will be a major driver of Europe's renewable growth. »* SolarPower Europe, 2018.

Ainsi, si le photovoltaïque représente seulement environ 5% du mix électrique européen aujourd´hui, cette part pourrait s´élever, selon SolarPower Europe à 36% d´ici 2050, et à 62% selon les scénarios de l´Université technologique de LappenrantaLahti (Finlande). Selon les chiffres de l´IRENA, la puissance du parc photovoltaïque européen s´élevait à 161 GW en 2020, dont 53,9 GW installés en Allemagne contre seulement 11,7 GW en France. Cet écart se retrouve dans la production d´électricité. En effet, si les EnR ont couvert 44,4% de la production brute d´électricité allemande en 2020, cette part ne s´élevait qu´à 21,1% en France (Statista, 2020). De fait, la même année, le solaire photovoltaïque a produit 8,9% de l´électricité allemande, contre seulement 2,2% de l´électricité française (Ministère de la Transition écologique, 2020). Dans cette continuité, l´avance allemande en termes d´EnR et de photovoltaïque se retrouve également dans ses objectifs 2030. Alors que la Programmation

[25] Nous expliquerons dans le prochain chapitre la différence entre l´énergie solaire thermique et l´énergie solaire photovoltaïque.

[26] RTE (2021). *Futurs énergétiques 2050. Bilan de la phase I. Synthèse et enseignements issus de la consultation publique.*

Pluriannuelle de l´Énergie 2 française estime que les EnR devront représenter 40% de la production d´électricité d´ici 2030, l´Allemagne a décidé dès 2018 de relever cet objectif à 65% pour sa production nationale. Cet objectif chiffré est aujourd´hui inscrit dans la loi EEG 2021[27]. Parallèlement, la loi EEG 2021 prévoit qu´à l´horizon 2030 la capacité installée de photovoltaïque atteigne 100 GW en Allemagne. La France, elle, a pour objectif une capacité installée se situant entre 35 et 44 GW en 2028.

	Part des EnR dans la production d'énergie	Puissance du parc photovoltaïque installé (GWc)	Part du photovoltaïque dans la production brute d'électricité	Part du photovoltaïque dans la production brute d'électricité renouvelable	Objectifs 2030 : part des EnR dans la production brute d'électricité	Objectifs 2030 : capacité photovoltaïque installée (GWc)
France	21,1%	11,7	2,2%	10,1%	40%	35-44
Allemagne	44,4%	53,9	8,9%	20%	65%	100

Figure 7 : L´énergie photovoltaïque dans les mix électriques français et allemands en 2020 (Campion, 2021)

En définitive, malgré une croissance continue du secteur solaire, nous faisons face à un important retard de la filière photovoltaïque française. Alors que l´Allemagne se positionne comme le quatrième producteur d´électricité photovoltaïque au mode derrière la Chine, les États-Unis et le Japon, la France n´est que le quatrième producteur européen après l´Allemagne, l´Italie et le Royaume-Uni. Ce retard est d´autant plus critiquable que la France, étant un des pays les plus ensoleillé d´Europe, bénéficie d´une irradiation annuelle moyenne de 1274 KWh/m² (Wikipédia, 2021), tandis que l´Allemagne fait au contraire partie des pays recevant le moins de soleil en Europe et dont l´irradiation annuelle moyenne ne s´élève qu´à 1083 KWh/m² (EIGENSONNE, 2021). Ainsi, selon les chiffres de l´Agence de la transition écologique et le Cerema, la potentiel solaire inexploité s´élève à 1100 GW en France (ADEME & Transénergie, 2019). Dans une prochaine partie nous expliquerons le retard de

[27] La *Erneuerbare Energien Gesetz* (EEG) est la loi fédérale allemande sur les énergies renouvelables. Promulguée en 2000, elle fut plusieurs fois réformée, dont la dernière fois en 2021.

développement des énergies renouvelables françaises ainsi que l´étendue du photovoltaïque allemand par l´analyse historique des systèmes énergétiques français et allemands.

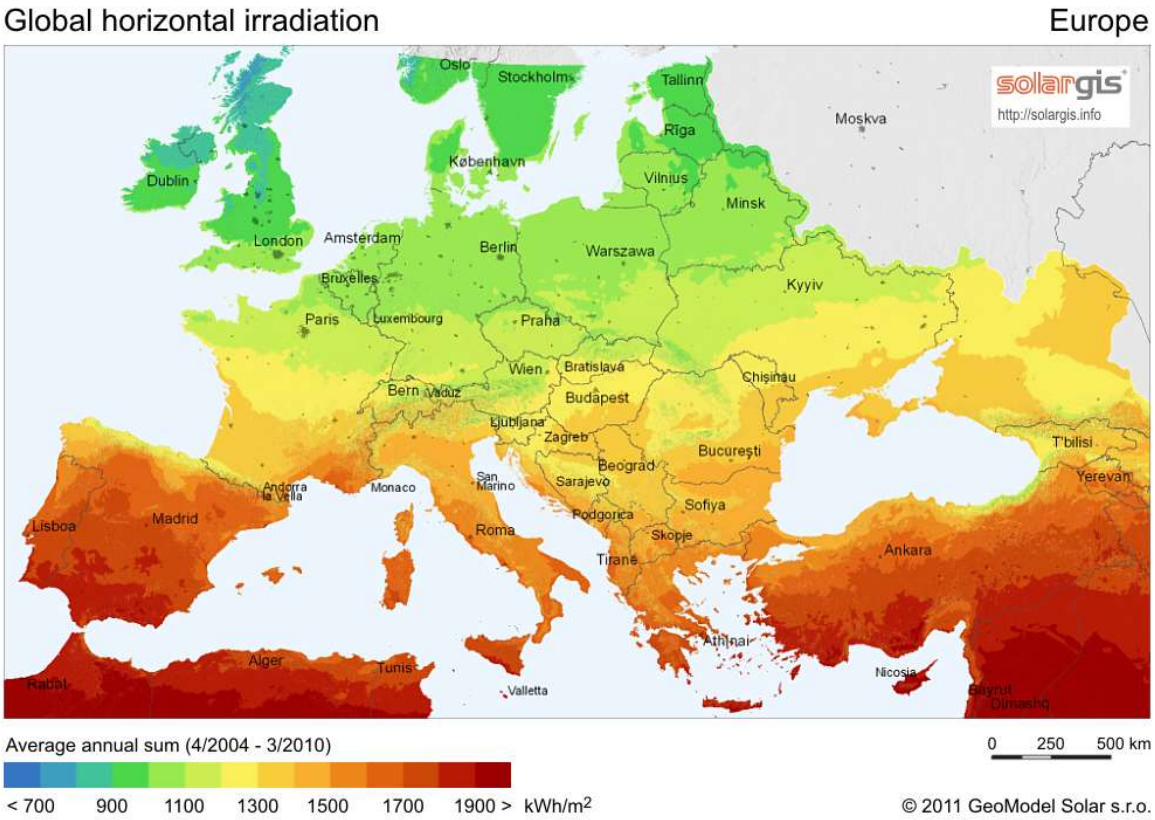


Figure 8 : Irradiation horizontale moyenne de l´Europe (2004-2010) (Solargis, 2011)

b. Des systèmes énergétiques allemands et français très différents

Voisins et partenaires privilégiés, il est rare de trouver d´autres domaines que celui de l'énergie où les conceptions et systèmes allemands et français s´opposent autant. Si les objectifs des politiques énergétiques respectives des deux pays se rejoignent, l´*Energiewende* allemande et la transition énergétique française ne prennent ni la même forme ni le même chemin (Glastra & Rüdinger, 2016). Cyril Wintenberger, responsable du pôle Transition énergétique du syndicat mixte Territoire d´Énergie Orne (Te61), considère que cet écart en terme d´EnR et de photovoltaïque trouve sa source et son explication dans les cultures énergétiques et foncières, françaises et allemandes :

> *« Pour moi, un phénomène majeur explique le retard de puissance photovoltaïque installée en France par rapport à l´Allemagne : l´histoire avec un grand H. L´histoire du foncier et l´histoire de l´énergie. »* Cyril Wintenberger, 2021.

Histoire énergétique

Comme l´explique Cyril Winterberger, la gestion énergétique française s´est basée sur l´électricité nucléaire hyper-centralisée, caractérisée par une production et une distribution étatique dès 1946. « Nous avons centralisé, puis nationalisé la question énergétique après la guerre » : l´énergie étant un service public, l´État en avait le monopole. Si cela a permis une égalité d´accès et de tarifs, cela a également donné lieu à des infrastructures très importantes, chères et polluantes, gérées par des acteurs uniques, la plupart du temps publics (Boulin & Leny, 2002). Alors que l´énergie s´est lentement privatisée après les Trente Glorieuses, son modèle est resté largement centralisé et monopolistique. EDF et Engie perdent respectivement leur monopole en 1996 et 1998. Il faudra tout de même attendre 2004 pour que les professionnels et collectivités aient le choix de leur fournisseur d´énergie et 2007 pour que ce droit s´étende à tous les consommateurs, notamment sous l'impulsion européenne. Ainsi, le marché français de l´énergie est ouvert à la concurrence depuis seulement 14 ans. À l´inverse, le système formé par le fédéralisme allemand et l´autonomie de ses communes se caractérise par la libéralisation totale de son marché de l´énergie depuis 1998 (Lewald & Rat-Fischer, 2015). Le marché de l´électricité y est composé d´une multitude d´entreprises privés, semi-publiques ou publiques depuis le fin du XIXème siècle. Les Allemands peuvent ainsi comparer et choisir les prix de plus d´un millier de fournisseurs d´électricité «noire », « verte » ou « grise » (mix de sources carbonées et renouvelables), qui proposent environ 23 000 différentes offres tarifaires selon leur code postal et leurs besoins annuels en électricité[28].

Tandis que la France faisait le choix du tout nucléaire, l´Allemagne se tournait vers la houille et le lignite. La France stoppe ses recherches sur les énergies renouvelables dès 1982 après le second choc pétrolier et construit jusqu´en 1986, trente-sept réacteurs nucléaires sur son territoire (Planète énergies, L´Histoire & La Recherche, 2015). Cela marque le début du profond retard français vis-à-vis de l´Allemagne. Cet écart se creuse suite à l'accident nucléaire majeur de la centrale de Tchernobyl (ex URSS) en avril 1986. Si l´opinion française reste presque indifférente à cette catastrophe nucléaire, cela marque au contraire l´avènement des EnR en Allemagne (Glastra & Rüdinger, 2016). Comme l´expose Markus Jenner, une des raisons du développement des EnR en Allemagne est cette volonté, partagée par la société

[28] Les „Big Four", que sont E.ON, EnBW, RWE et Vattenfall, continuaient tout de meme, en 2015, à totaliser près de 82% de la production et 45% de la vente de l´électricité allemande (Meyer, 2015).

civile, de sortir du nucléaire. Les Allemands ont alors dû très tôt trouver des alternatives auprès des EnR. Ainsi, si l´Allemagne annonce son *Energiewende* en 2011 par une approche holistique, le développement des EnR est en réalité impulsé et soutenu par le Gouvernement depuis 1990 par la loi sur l´approvisionnement en électricité. Cette loi oblige les entreprises d´approvisionnement en électricité d´acheter et de rémunérer l´électricité issue de sources renouvelables produites par des particuliers (Lewald & Rat-Fischer, 2015). S´additionne à cela le fait que l´électricité étant plus chère en Allemagne qu´en France, il est depuis longtemps attractif pour les foyers allemands de produire eux-mêmes leur électricité, grâce notamment au photovoltaïque de toiture (Jenner, 2021). Ainsi, ces caractéristiques expliquent en partie la diversification du mix énergétique allemand et son avance temporelle sur les EnR. Le succès de la transition énergétique allemande est sa dynamique *bottom-up* ; l´action et l´investissement des acteurs locaux privés et publics. Ainsi, en 2013 déjà, près de 50% des systèmes d´EnR allemands appartenaient à des particuliers, dont environ 35% d´installations individuelles ou citoyennes et 12% à la propriété d´agriculteurs (Lewald & Rat-Fischer, 2015). En 2020, alors que la France compte 468 000 installations photovoltaïques, elles sont plus de 2 millions en Allemagne.

Histoire foncière

Comme l´expose Cyril Wintenberger, la seconde différence majeure entre la France et l´Allemagne est leur rapport au foncier, et notamment aux terres agricoles et naturelles :

> *« L'approche agricole n'est pas du tout la même en Allemagne. D'un point de vue très schématique, l'Allemagne n'hésite pas à industrialiser son agriculture alors que la France veut garder sa paysannerie. […] Ils arrêtaient totalement leur production agricole pour devenir des producteurs d'énergie méthanisée ou solaire. En France on interdit totalement ça, on ne veut pas convertir notre foncier agricole car on veut garder notre activité agricole telle que l'on l'entend. » Cyril Wintenberger, 2021.*

En effet, la loi sur les énergies renouvelables (EEG) définit les tarifs de rachat de l´électricité photovoltaïque, autant que les critères d´éligibilité des terrains d´implantation des centrales. Alors que la loi EEG 2008 avait mis fin à la subvention des centrales PV sur terres arables, la loi EEG 2017 a de nouveau inclus les terres cultivables et espaces verts défavorisés dans les

appels d´offres photovoltaïques (Möller, 2020). Le Bade-Wurtemberg et la Bavière ont directement fait usage de cette clause d´ouverture de l´État (*Länderöffnungsklausel*). En 2018, la Hesse a été la troisième land à libérer des espaces et s´est aujourd´hui au tour de la Rhénanie du Nord-Westphalie. Cette ouverture de certaines terres arables et espaces verts à faible rendement aux centrales solaires a pour but de répondre aux objectifs énergétiques allemands. Le Fraunhofer Institut considère que pour y parvenir, au minimum 500 GW de puissance photovoltaïque doivent être installés. Cela nécessite une très grande quantité d´espace foncier. Alors qu´environ 16,7 millions d´hectares de son territoire étaient utilisés à des fins agricoles en 2017, l´Allemagne considère que les surface agricoles et naturelles doivent participer à l´effort photovoltaïque (Ministre fédéral de l´Économie et de l´énergie, 2018). Ainsi, contrairement à la France, en Allemagne, la production d´énergies durables est tout autant ou valorisée que la production agricole, et les centrales PV y sont perçues comme un moyen de retirer des terres arables de l´agriculture intensive et de les convertir en prairies, favorables aux écosystèmes.

Le prochain chapitre nous permettra de comprendre en quoi cette différence de traitement des terres agricoles constitue un obstacle majeur au développement des centrales solaires en France. Par l´analyse du cadre règlementaire et des procédures administratives nécessaires pour répondre à un appel d´offres, nous mettrons en évidence la dérive paysagère et subjective du traitement des dossiers, premier obstacle à l´obtention d´un permis de construire. En effet, nous traiterons de la difficulté du passage des stratégies aux projets ; de l´écart entre les objectifs nationaux et leur réalisation (Novaria & seigneuret, 2018).

Entre protection de l´activité agricole, conservation des espaces naturels et préservation des paysages, le difficile déploiement des centrales photovoltaïques

1. L´impact territorial des centrales photovoltaïques

a. Une énergie aux formes multiples

Alors que l´énergie solaire thermique transforme le rayonnement du soleil en chaleur, le solaire photovoltaïque le transforme en électricité. Ce sont les cellules photovoltaïques qui captent les rayons du soleil et les transforment en courant électrique continu. Ensembles, ces cellules forment des modules, qui eux-mêmes, reliés entre eux, constituent les systèmes photovoltaïques. Ces systèmes sont composés des panneaux « solaires », ainsi que de tous les équipements associés qui permettent de réguler la tension, conditionner, acheminer ou encore stocker l´électricité (Engie, 2017). Les cellules photovoltaïques se divisent globalement en deux catégories : les cristallines ou les couches minces. Les premières, composées de silicium cristallin (c-Si) produisent des modules hautement efficaces. À l´inverse, les couches minces fournissent des modules moins couteux mais moins efficaces qui nécessitent donc une surface plus importante pour produire la même quantité d´électricité (International Finance Corporation, 2015). Les panneaux sont fixés sur des châssis en bois ou en métal, fixes ou mobiles, orientées au sud selon un angle d'exposition pouvant varier de 15 à 30° en fonction de la topographie locale (AEPE Gingko, 2020). Si cette première technologie est plus simple, moins chère et nécessite moins d´entretien, la deuxième permet une poursuite solaire tout au long de la journée qui peut augmenter le rendement de la centrale jusqu´à 45%. Enfin, on considère que les modules photovoltaïques ont une durée de vie de 25 ans à 30 ans et qu´une centrale solaire bien conçue bénéficie d´un coefficient de rendement compris entre 77% et 86%. Au fil du temps, la performance des modules diminue mais ce taux de dégradation diffère selon leur technologie et les conditions environnementales auxquelles ils sont soumis (International Finance Corporation, 2015).

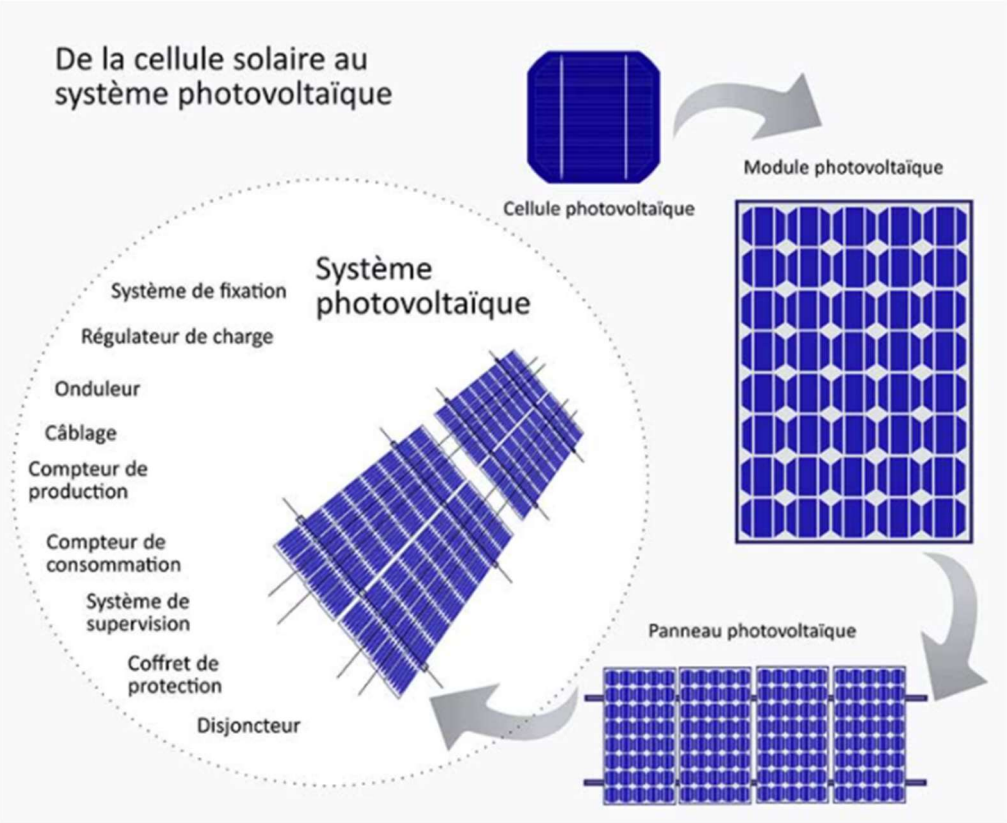


Figure 9 : Schéma explicatif d´un système photovoltaïque (Engie, 2017[29])

Les panneaux solaires peuvent être implantés au sol ou être intégrés au bâti. L´impact sur le foncier est quasiment nul lors de l´intégration sur un bâti car aucun espace au sol supplémentaire n´est consommé et l´usage de son support reste inchangé (Mouly, 2019). Néanmoins, qu´ils soient sur un toit ou une façade, les panneaux doivent s´intégrer, que ce soit à l´architecture, aux teintes, à l´environnement globale ou aux paysages. Que ce soit sur des bâtiments publics ou privés, ces installations sont encore trop rares en France, contrairement à l´Allemagne. Prenons l´exemple de la mairie de Fribourg, fonctionnant entièrement à l´électricité photovoltaïque qu´elle produit (Annexe 1). Si ces surfaces sont nécessaires, elles ne peuvent remplir à elles seules les objectifs fixés en matière de production photovoltaïque. Étant des superficies limitées, ces installations ont inévitablement une capacité de production réduite, à laquelle s´additionne l´intermittence de cette énergie. En effet, le temps de fonctionnement des panneaux et la quantité de production dépendent du rayonnement solaire et donc de la localisation des panneaux, de la saison, de l´heure, de la météo, mais surtout de l´orientation et de l´inclinaison des modules. Ainsi, le nombre de ces conditions et critères endogènes rend nécessaire l´implantation de centrales photovoltaïques

[29] https://mypower.engie.fr/energie-solaire/conseils/schema-panneau-photovoltaique.html

au sol. Si elles consomment beaucoup d´espace foncier, ces dernières sont largement plus rentables et efficaces pour rejoindre les objectifs nationaux et internationaux.

La prochaine partie nous permettra de comprendre l´étendue des terrains d´implantation des centrales solaires et leur impact territorial.

b. L´importante consommation de foncier des centrales au sol

Une centrale solaire se caractérise par l´étendue de son terrain d´implantation. La puissance crête des panneaux solaires, c´est à dire la puissance maximale qu´ils sont capables de délivrer, se calcule selon les conditions définies dans les années 1970, appelées *Standard Test Conditions*[30]. Ainsi, les panneaux solaires sont testés et comparés dans les conditions suivantes : une irradiation de 1000W/m², une température des cellules de 25°C et un coefficient air/masse de 1,5. Selon ces standards, les panneaux solaires s´étendent aujourd´hui d´une puissance de 280 Wc à 400 Wc selon leur composition et leur taille (In sun we trust, 2021). Par définition, plus un panneau est puissant, plus il produit de kWh sur une surface égale. Malgré l´amélioration continue des systèmes photovoltaïques, le rapport entre surface au sol utilisée et puissance installée reste particulièrement important. Markus Jenner, consultant spécialisé en énergie renouvelables et projets transnationaux chez Sterr-Kölln & Partner, considère que le rapport moyen est de 1 MWc par hectare. Ce chiffre varie entre 0,7 MWc et 1,5 MWc par hectare selon conditions climatiques et topographiques, mais Christoph Schweizer, également consultant chez Sterr-Kölln & Partner, précise qu´il est très rare d´atteindre les 1,5 MWc/ha. En effet, prenons l´exemple du projet Bélénos qui a mis en fonction dans la Meuse la deuxième plus grande centrale solaire de France le 1er mai 2021 (Patrigeon, 2021). Celle-ci s´étend sur 155 hectares pour une pleine puissance de 152 MWc, ce qui est égal à 0,98 MWc/ha. De même, Sterr-Kölln & Partner conseille actuellement une commune de la Hesse pour une possible future centrale solaire sur un terrain de 7 ha. En leur proposant une puissance installée de 5,9 à 7,4 MWp, les consultants estiment que ce site permet de produire entre 0,8 et 1 MWp par hectare. De surcroit, seuls les 2/3 de la surface des centrales sont occupés par des capteurs photovoltaïques. Le terrain d'implantation des centrales solaires correspond à la surface clôturée, qui comprend la somme des espaces

[30] https://de.wikipedia.org/wiki/Standard-Testbedingungen_(Photovoltaik)

occupés par les modules, mais également, les espaces intercalaires situés entre les capteurs, les câbles de raccordement, les locaux techniques, le poste de livraison, le local de maintenance, ainsi que toutes les voies d'accès au site, aires de stationnement et de manœuvre et allées de circulation (AEPE Gingko, 2020).

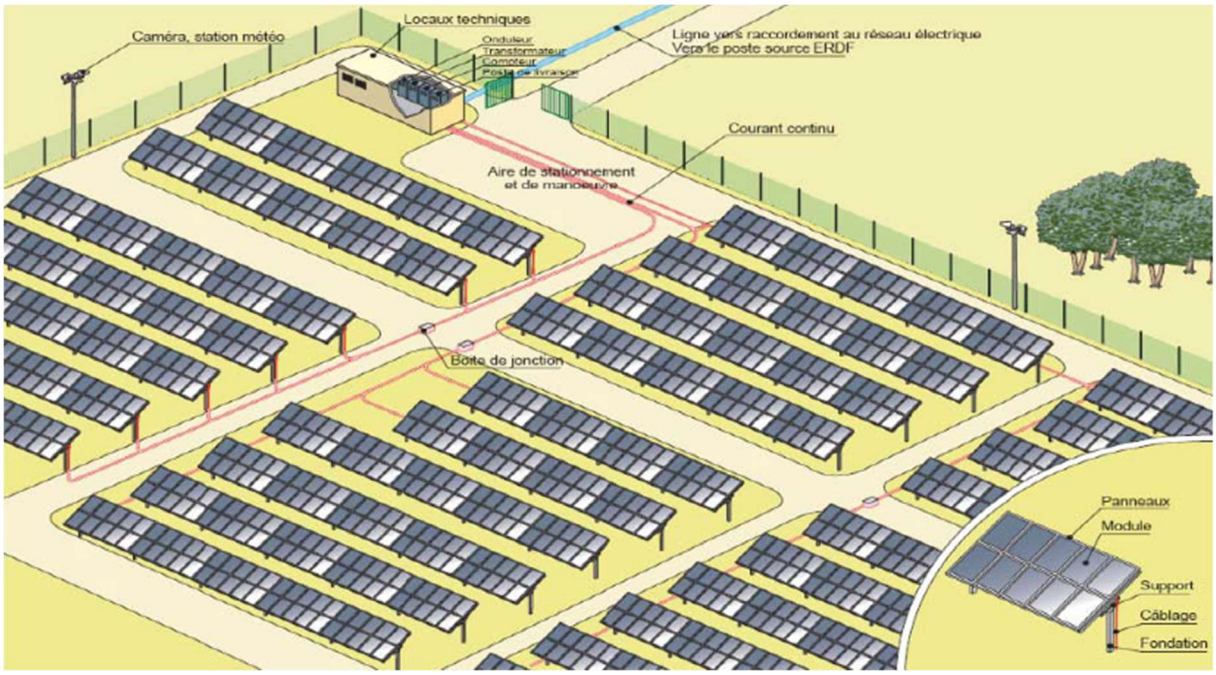


Figure 10 : Schéma explicatif d´une centrale photovoltaïque (Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement, Direction générale de l'Énergie et du Climat, 2011

Ces espaces et bâtiments nécessaires à l´exploitation et la sécurisation des sites, renforcent la consommation foncière des centrales photovoltaïques. Consommation foncière qui est l´une des deux critiques principales du photovoltaïque au sol. Pour Cyril Wintenberger, cette étendue des centrales solaires est la raison pour laquelle l´énergie éolienne reste indispensable pour atteindre nos objectifs énergétiques, malgré la très forte opposition citoyenne que connait cette énergie, tant en Allemagne qu´en France. En effet, il considère que pour produire la même quantité d´énergie, le photovoltaïque nécessite une surface trois fois plus grande que l´éolien :

> *« Pour compenser la production d´une éolienne de 3MWc en solaire, il faut environ 30 hectares contre seulement 10 hectares en éolien. Les chiffres sont imparables*. » Cyril Wintenberger, 2021

Ainsi, l´emprise au sol des centrales photovoltaïques impactent l´organisation territoriale des régions et collectivités. L´implémentation d´une centrale solaire modifie autant l´occupation des sols que les paysages (Lewald & Rat-Fischer, 2015 ; Weiss, 2015). Cette consommation foncière et nouvelle visibilité sont responsables des conflits d´usage des sols et problèmes d´acceptabilité citoyenne des projets photovoltaïques. Face à cette critique constance du photovoltaïque, les consultants de Sterr-Kölln & Partner aiment rappeler cette EnR reste, en terme de mètre carré consommé, bien plus efficiente que le biogaz dont les substrats nécessitent l´exploitation de très grandes surfaces agricole (Annexe 2).

Alors que le parc solaire au sol français s´étendait en 2018 sur une surface totale de 10 000 ha, La volonté de tripler la production photovoltaïque entre 2018 et 2028, induit que le parc français PV devra atteindre le 40 000 ha en 2028[31]. Nous pouvons donc prévoir une multiplication et intensification de ces conflits qui font obstacles au déploiement de l´énergie photovoltaïque et autres EnR, et ce malgré le fort contrôle et la stricte règlementation auxquels est soumis leur construction. En effet, le décret n°2009-1414 du 19 novembre 2009 a donné un cadre juridique à l'installation des centrales photovoltaïques au sol. Depuis, toute installation au sol d´une puissance crête supérieure à 250 kWc doit faire l´objet d´un permis de construire délivré par le Préfet et est soumise à une étude d´impact environnemental systématique[32], ainsi qu´à une enquête publique[33][34] (Esteve de Palmas & ferrari, 2010). Cette règlementation a pour but de « garantir une bonne insertion environnementale des centrales solaires, prévenir les éventuels conflits d´usage et améliorer la concertation locale» (Ministère de l´Écologie, de l´énergie, du développement durable et de l´aménagement du territoire, 2009). Si le Préfet de département est l'autorité compétente qui délivre ce permis, le service instructeur est la Direction départementale des Territoires (DDT) concernée. L´octroi de ce permis dépend alors de plusieurs autorisations et du respect de multiples prérogatives issues du code de l´urbanisme, du code de l´environnement, du code forestier et du droit de l´électricité. Enfin, ce permis de construire est indispensable pour pouvoir répondre aux appels d'offres trimestriels de la Commission de régulation de l'énergie (CRE). Ce qui est

[31] https://decrypterlenergie.org/les-parcs-solaires-photovoltaiques-au-sol-consomment-ils-des-terres-agricoles
[32] Article 122-8 II du Code de l´Environnement.
[33] Annexe 1 Art. R.123-1 du Code de l´Environnement.
[34] Le permis de construire ne peut être demandé ni délivré sans l´étude d´impact, l´autorisation de l´Autorité environnementale et l´enquête publique.

nécessaire pour toutes les centrales de plus de plus de 100 kWc qui souhaitent bénéficier d'un tarif de rachat.

En définitive, si l´énergie photovoltaïque est une EnR en pleine expansion, l´emprise au sol et l´impact visuel de ces centrales tendent à poser problème. Dans la prochaine partie nous exposerons le processus à respecter pour obtenir un permis de construire. En cela, nous nous focaliserons sur les centrales de plus de 250 kWc. Nous illustrerons dans ces deux chapitres que le manque de foncier disponible ne relève pas d´un manque d´espace mais d´une règlementation et de contraintes administratives qui bénéficient plus à la protection de l´activité agricole et à la conservation des paysages, qu´au développement des centrales solaires.

2. L´octroi de permis de construire : un cadre règlementaire et une procédure administrative stricte…

a. La conformité au cadre juridique et documents de planification en vigueur

L'implantation de centrales solaires est soumise à des dispositions légales et réglementaires qu'il est nécessaire de respecter pour pouvoir déposer une demande de permis de construire auprès du Préfet, et ainsi pouvoir répondre à un appel d'offre de la Commission de régulation de l'Énergie (CRE).

Code de l´urbanisme et droit des sols

L´article R 111-21 du code de l´urbanisme stipule qu´un projet de centrale photovoltaïque ne peut « *porter atteinte aux lieux avoisinants, aux sites, aux paysages naturels ou urbains ainsi qu´à la conservation des perspectives monumentales* ». En cela, tout projet doit être compatible avec les orientations du SCoT et respecter les règles fixées par les plans d´occupation des sols (POS) et les plans locaux d´urbanisme intercommunaux en vigueur (PLUi ou PLU). Si la commune concernée n´est pas couverte par un de ces deux plans, le maitre d´ouvrage doit alors se référer au zonage prévu par la carte communale, ou en dernier recours, au règlement national d´urbanisme (RNU). Comme l´a réaffirmé la loi ELAN de novembre 2018 par son objectif « zéro artificialisation nette » imposé à l´ensemble du territoire, le principe fondateur de la politique d´urbanisme française est la consommation limitée et économe des

espaces agricoles forestiers et naturels[35] . L´installation de centrales solaires au sol doit donc se faire sur les zones urbanisées (U) ou zones à urbaniser (AU) des PLUi. En cas d´absence de PLU, de PLUi et de POS, le projet doit disposer d'un avis favorable de la commission départementale de préservation des espaces naturels, agricoles et forestiers. En effet, si elles ne font pas l´objet d´interdiction stricte, il est préférable de proscrire les zones naturelles et forestières (N) et agricoles (A)[36] du fait de l´injonction de conserver la vocation première de ces espaces. Conformément à l´article L151-11 du code de l'urbanisme, les constructions et installations issues d´équipements publics ne reçoivent une autorisation d´urbanisme seulement et seulement si elles *« ne sont pas incompatibles avec l'exercice d'une activité agricole, pastorale ou forestière sur le terrain sur lequel elles sont implantées et qu'elles ne portent pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et des paysages ».* Cette nécessaire compatibilité rend ainsi très difficile l´implantation de centrales solaires en secteurs forestiers et naturels, et l´interdit en zone agricole. En définitive, la circulaire du 18 décembre 2009 insiste sur le fait que « *les projets de centrales solaires n'ont pas vocation à être installés en zones agricoles, notamment cultivées ou utilisées pour des troupeaux d'élevage* » (AEPE Ginko, 2020). Cette prérogative est renforcée par les critères de notation des dossiers de candidature aux appels d´offres « Centrale au sol » de la CRE (2018). En effet, comme il est visible ci-dessous, l´utilisation de terres agricoles entraine l´élimination définitive du dossier, tandis que la non utilisation de terres naturelles peut offrir jusqu´à cinq points.

[35] Article L. 101-2 du code de l'urbanisme.

[36] Ce zonage est celui utilisé par les PLU et PLUi.

Critères	Notation
Utilisation de terres agricoles	**ELIMINATION**
Non utilisation de terres naturelles (au sens des documents d'urbanisme).	5 points
Utilisation de surfaces déjà artificialisées (imperméabilisées, etc.)	2 points
Développement de synergie avec d'autres installations/projets	4 points
Couplage avec des installations EnR existantes	2 points

Figure 11 : Pondération des critères de notation des dossiers de candidature aux appels d´Offre « Centrale au sol » (CRE, 2018)

Ce choix de pondération exprime l´importance donnée au respect des règles d´utilisation des sols, et plus précisément à la limite de l´artificialisation des terres agricoles et à la conservation des surfaces naturelles et forestières. Dans le cas où le projet ne respecte pas les règles d´utilisation des sols, le PLU(i) peut, dans certaines mesures, faire l´objet d´une révision ou d´une modification. Cette mise en compatibilité du PLU est menée par le biais d'une procédure de « déclaration de projet » conformément aux articles L.153-54 et L.300-6 du code de l'urbanisme. Devant prouver l´intérêt général du projet, l´impossibilité de le réaliser autre part et sa compatibilité avec le maintien du caractère naturel, agricole ou forestier de la zone, ces mesures de mise en compatibilité sont longues, fastidieuses et rarement fructueuses. Les porteurs de projets préfèrent donc se concentrer sur des terrains constructibles et ce mémoire ne s´intéressera qu'a ce cas de figure.

Code de l´Environnement et maitrise foncière

Dans l'hypothèse même où le terrain d´implantation choisi est constructible et peut normalement accueillir une centrale solaire, le projet doit également être conforme à plusieurs règlementations supra-communales relatives à la protection du foncier et de la biodiversité. Comme l´a exposé l´ADEME en 2019, la **loi Littoral**[37] a pour objectif de « *concilier*

[37] Articles L.146-1 à L.146-9 du code de l'environnement, jurisprudence du Conseil d'Etat du 14/01/1994 et du 05/04/2006

préservation et développement du littoral »[38] et fait ainsi primer le principe de protection de l´environnement sur le principe d´aménagement. En cela, les territoires qui y sont soumis ont interdiction de construire des centrales photovoltaïques en dehors des espaces urbanisés et à moins de 100 mètres de la limite haute du rivage. Parallèlement, sur les territoires où s´applique la **loi Montagne** [39] dont l´objectif est « la préservation des terres agricoles, pastorales et forestières emblématiques du patrimoine montagnard » (DREAL Provence-Alpes-Côte D'Azur, 2019), les centrales ne peuvent être construites qu´en continuité directe de l´urbanisation existante (agglomérations, villes, villages).

Le terrain d´implantation ne doit également pas correspondre à une **zone humide de la Convention Ramsar**. Définies en février 1971, ces zones sont protégées et l´implantation de centrales photovoltaïques y est strictement interdite. De fait, c´est une des conditions à remplir pour pouvoir recevoir un certificat d´éligibilité du terrain d´implantation de la CRE : « *le terrain d'implantation n'est pas situé en zones humides, telles que définies au 1° du I de l'article L. 211-1 et l'article R211-108 du code de l'environnement.* » (Cas 2, c) (Annexe 3).

En application des articles L.411-1 et L.411-2 du code de l'environnement, il est interdit de porter atteintes aux espèces protégées, sous peine de sanctions pénales. Les projets de centrales doivent donc respecter ce **principe de protection stricte des espèces** de faunes et de flore sauvages, dont les listes sont fixées par arrêtés ministériels (DREAL Provence-Alpes-Côte D'Azur, 2019). Ces interdictions couvrent la perturbation, la destruction, la dégradation, la capture, l´enlèvement et la commercialisation des espèces et de leurs lieux de vie, de repos et de reproduction (AEPE Ginko, 2020). Ainsi, les zones **Natura 2000** sont à éviter et sont dans tous les cas soumises à une évaluation des incidences.

Code forestier

Toujours dans cette dynamique de non artificialisation des sols et de protection des espaces forestiers, tout projet, d'une surface de 0,5 ha à 25 ha, entraînant la destruction de l'état boisé du terrain et mettant fin à sa destination forestière doit donner lieu à une demande d'**autorisation de défrichement préalable** (Article L341-1 du Code forestier).

[38] ADEME, Transénergie, (2019). Évaluation du gisement relatif aux zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques.

[39] Article L 145-3 du code de l'environnement

Les conditions d´implantation prévues par le cadre réglementaire des centrales photovoltaïques au sol et reprises par les critères d´éligibilité des appels d´offres de la CRE ont ainsi pour objectif de minimiser l´impact environnemental des projets, tout en préservant le foncier agricole et forestier. La multiplication des règles à respecter et des autorisations à demander et obtenir témoignent d´une priorisation de la protection de l´activité agricole et du patrimoine forestier, naturel et paysager vis-à-vis du déploiement de l´énergie solaire. La prochaine partie permettra de mieux comprendre la difficulté à trouver du foncier adapté. A cet effet, nous présenterons les terrains où il est impossible et très difficile de construire une centrale solaire, avant de définir les terrains qui, au contraire, sont à privilégier.

b. terrains éligibles et critères de sélection : face aux zones rédhibitoires et handicapantes, favoriser les friches urbaines

Parallèlement aux réglementations strictes que nous avons présentées dans la partie précédente, un grand nombre de terrains ne peuvent accueillir des centrales solaires, ou alors difficilement. En 2019, dans le cadre d'une évaluation du potentiel national de zones propices à l'implantation de centrales photovoltaïques, l'Ademe a classifié les contraintes technico administratives liées à cette implantation[40]. Les premières, dites « *rédhibitoires* » empêchent strictement tout projet, les secondes, dites « *handicapantes* », empêchent potentiellement les projets. L'auteure a répertorié au cours de son stage ces critères, qu'elle a classé thématiquement. Ainsi, comme il est visible ci-dessous, de nombreuses contraintes limitent le développement des centrales au sol, que ce soit vis-à-vis des espaces agricoles et naturels, des risques présents (feux, inondations, etc…) ou du patrimoine paysager. En effet, s'ajoute à la protection de la biodiversité et de l'agriculture, le fait que l'implantation des centrales au sol est interdite sur des sites classés, inscrits, ou classés comme patrimoines remarquables et à-moins de 500 mètres de monuments historiques.

[40] Adame (2019) *Évaluation du gisement relatif aux zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques.*

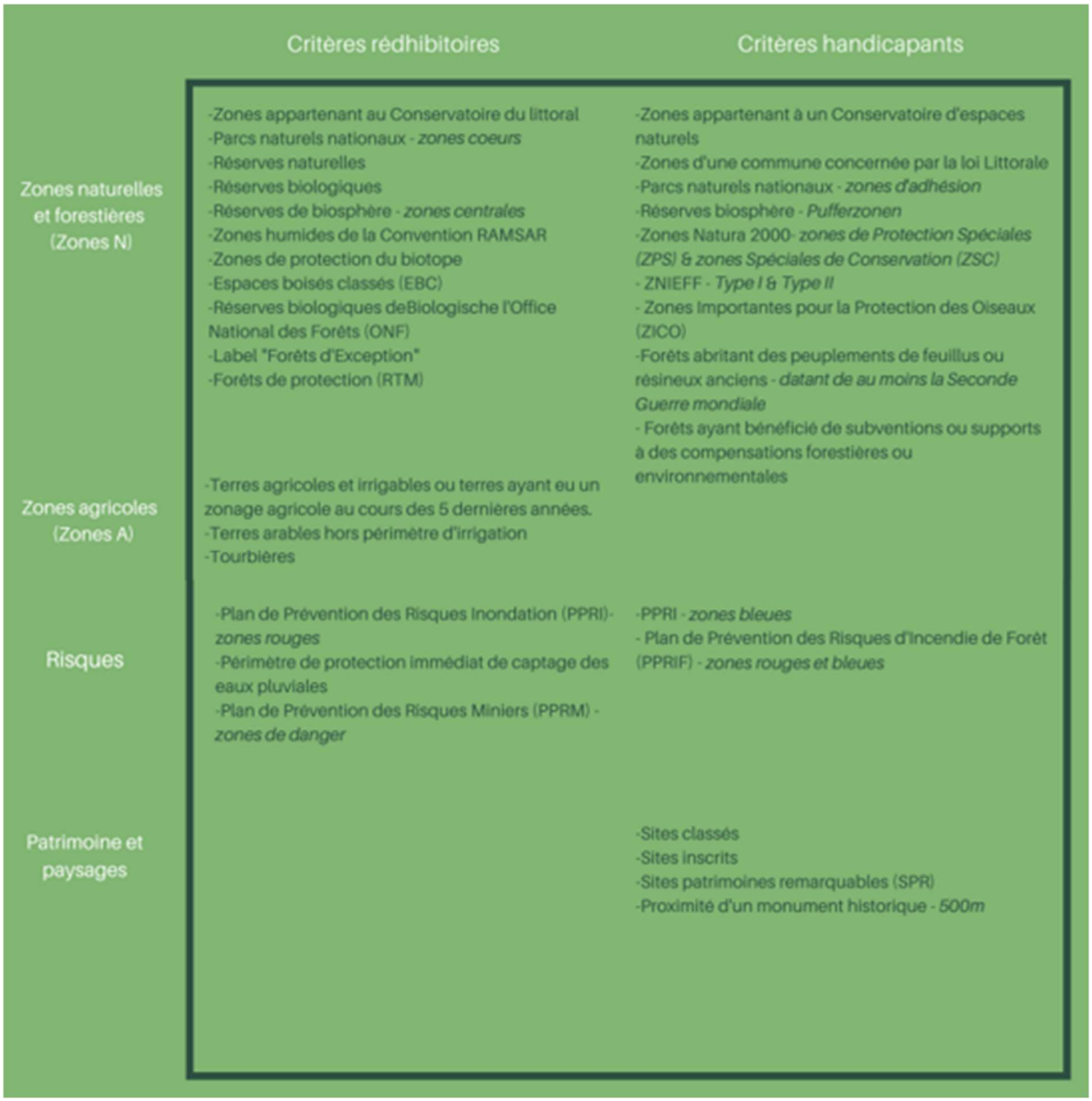


Figure 12 : Classification des contraintes rédhibitoires et handicapantes pour l'implantation de centrales photovoltaïques au sol. (Campion-Hirsch, 2021)

Ces critères étant très nombreux, les terrains potentiellement disponibles pour l'implantation de centrales au sol sont très réduits. Alors que l'Ademe dénombrait 300 973 sites délaissées et parkings au début de son enquête, seuls 17 764 sites ont été retenus après l'application des contraintes rédhibitoires. Si après majoration des contraintes handicapantes, l'Ademe estime que le potentiel national qu'offrent les zones délaissées et les parkings s'élèvent à 53 GWc, Cyril Wintenberger estime tout de même que très peu de territoires sont disponibles et que cette difficulté à trouver des terrains adéquats, notamment dans l'Orne, explique la pression

que connaissent les sites d'enfouissement depuis plusieurs années de la part de développeurs privés.

> *« Si on veut faire du solaire photovoltaïque, il faut trouver les terrains qui pourraient avoir une autorisation de construire, or la règlementation en France n'est pas du tout la même qu'en Allemagne. Il faut trouver des friches industrielles ou des terrains dégradés. Des terrains qui dans le PLUi sont potentiellement adaptés. Et ça, c'est un problème car il y en a très peu. Nous sommes à très large majorité sur des terrains agricoles et il y a extrêmement peu de territoires disponibles. » Cyril Wintenberger, 202I*

Ainsi, afin de préserver les espaces boisés et naturels et de limiter l'impact environnemental des projets, les centrales photovoltaïques au sol doivent se développer sur des terrains impropres à l'agriculture et non exploités par d'autres usages. La recherche de terrains d'implantation doit se focaliser sur les sites anthropisés, dégradés, pollués et non utilisables pour d'autres usages (Ademe, 2019). De ce fait, une des conditions d'éligibilité des terrains d'implantation aux appels d'offres de la CRE est que ces derniers se situent sur **des friches ou des terrains délaissés** (CRE, 2021). Les terrains à prioriser sont donc les friches commerciales, industrielles et militaires ; les anciennes carrières, mines et terrils, ainsi que les anciens sites de stockage de déchets ; les sites délaissés tels que les infrastructures ferroviaires, autoroutières et aéroportuaires ; les parkings ; les domaines représentant un risque technologique, ainsi que les plans d'eau artificiels sans autre destination. En définitive, il est souhaitable que les centrales solaires réhabilitent et/ou valorisent des terrains inexploités. C'est le cas du projet de centrale de Colonard-Corubert, dans l'Orne (61) présenté par Cyril Wintenberger. Celui-ci se trouve sur un ancien site d'enfouissement de déchets, fermé depuis treize ans. Si cela permet de développer les systèmes photovoltaïques, tout en conservant les espaces agricoles et naturels et en évitant les conflits d'usage, cette logique se heurte à deux difficultés majeures. En premier lieu, l'absence d'une base de données exhaustive et mise à jour des friches disponibles sur le territoire national (Cartofriche). En second lieu, les multiples contraintes s'appliquant aux terrains délaissés, réduisant ainsi plus encore les surfaces propices à l'implantation de centrales solaires (Ademe, 2019).

Ainsi, l'implantation de centrales photovoltaïques au sol est contrôlée, voire limitée, par la protection de l'activité agricole et la conservation des espaces naturels et forestiers. Les nombreuses règlementations et contraintes urbanistiques permettent de limiter l'artificialisation des sols et de maitriser la consommation du foncier. Une centrale ne peut être construite que sur des surfaces réservées à l´implantation d´énergies renouvelables ou photovoltaïque, ou encore sur des zone « urbaines » et « à urbaniser ». Dès lors, il est fortement conseillé de favoriser les terrains artificialisés, dégradés, pollués et/ou non utilisables pour d´autres fonctions. Nous exposerons dans la prochaine partie que si cette législation du photovoltaïque au sol est nécessaire, en quelques années ces règles sont passées de « *garde-fou à contraintes majeures* » (Cyril Wintenberger, 2021). Pour cela, nous présenterons la complexité et la dérive paysagère de l'étude d'impact environnemental et de l'enquête publique.

3. … renforcé par l´étude d´impact environnemental, l'enquête publique et la nécessaire autorisation préfectorale

a. L´exigeante et contraignante compensation écologique : la dérive paysagère

Pièce centrale du processus administratif, **l'étude d'impact environnemental** est en France systématique pour toute centrale supérieure ou égale à 250 kWc. Contrairement à l'Allemagne, ce document est strictement nécessaire à la demande d'instruction d'un permis de construire (Heiko Hildebrandt, 2021). Comme le rappelle le *Guide 2020 de l'instruction des demandes d'autorisations d'urbanisme pour les centrales solaires au sol,* les services instructeurs d'urbanisme apportent une attention tout particulière à la « *qualité et complétude de l'étude d'impact* » qui doit être réalisée par un cabinet indépendant. L'étude permet d'intégrer les préoccupations environnementales à tout projet de centrale, en amont de sa réalisation (Ministère de la Transition écologique, 2021). Ce document de plusieurs centaines de pages, respectant l'objectif de « zéro perte nette de biodiversité » en permettant d'appliquer la séquence *« Eviter-Réduire-Compenser »* (ERC), est conforme à l'article L.163-1 du code de l'environnement (Radisson, 2016). En effet, l'étude d'impact environnemental se compose d'abord d'un diagnostic de l'état initial du site choisi et du choix, entre plusieurs variantes, du projet ayant le moindre impact environnemental (étendue, espacements, hauteur, clôtures, etc …). S'en suit un rapport très précis de tous les impacts engendrés par le

projet sur les milieux physiques, naturels, humains et paysagers. Enfin, les résultats de ce rapport donnent lieu à la définition de mesures d'évitement, de réduction et si besoin, de compensation. L'étude d'impact finalisée est présentée aux collectivités territoriales concernées et l'Autorité environnementale est saisie. Cette dernière évalue les risques et impacts du projets, ainsi que les mesures de compensation écologiques présentées et émet un avis. Cet avis est alors réceptionné par le Préfet de région[41], qui le joint à la demande de permis de construire en attendant le résultant de l'enquête publique, et le donne au porteur de projet (Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales & Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2020).

En réalité, se cache également sous cette étude environnementale, une réelle **étude d'intégration paysagère**. Que ce soit en France ou en Allemagne, nous assistons à une instrumentalisation du principe de protection des terres agricoles et de la biodiversité au bénéfice de la conservation des paysages :

> *"When we are confronted with the blocking of one of our projects, the environmental and agricultural aspects are the reasons most often named. In reality, in the vast majority of cases, it is just the landscape that they refuse to change." Hildebrandt, 2021*

Alors que comme nous l'avons démontré précédemment, les règles d'implantation des centrales photovoltaïques protègent l'agriculture et la biodiversité en empêchant ou limitant toute construction le long des littoraux, dans les espaces montagneux, au sein des parcs naturels, ou encore dans les zones humides ; les paysages naturels et bâtis sont aujourd'hui considérés comme du patrimoine qui doit rester inchangé. Frédérique de Gravelaine remarque que les projets de centrales au sol sont perçus comme une « *agression envers le territoire* » (2018) . Pour espérer se voir attribuer un permis de construire, les porteurs de projets doivent faire particulièrement attention à l'intégration paysagère de leur projet (Mouly, 201). Les centrales doivent s'insérer sur le territoire de manière à permettre une organisation territoriale *« cohérente, équilibrée et acceptable* » (Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales & Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2020). Ainsi, ce sont principalement les impacts paysagers « visuels »

[41] Dans le cas des centrales photovoltaïques donc l'objectif principal est la production et la vente d'électricité, l'autorité compétente est l'Etat, c'est-à-dire le Préfet de département, et non le maire (article R.*422-2 CU).

qui sont pris en compte. Comme avec les éoliennes, autorités locales et usagers du territoire refusent de voir ces unités de production électrique. Ils attendant l'invisibilisation de ces projets et régulièrement bloquent ceux qui modifieraient l'aspect esthétique et visuel de leurs paysages, qu'ils considèrent alors comme un bien commun dont ils sont dépositaires (Molly, 2019). Pour reprendre les mots de Gäelle Macke : « *en principe favorables aux énergies vertes, les Français le sont beaucoup moins lorsqu'ils en deviennent les riverains* » (2020). En effet, comme les éoliennes, les centrales photovoltaïques au sol font l'objet de réactions dites « NIMBY », qui critiquent, obstruent et bloquent certains projets. L'expression et syndrome **« *Not In My Back Yard* » (NIMBY)**, formulés par l'historien, ethnologue et sociologue californien Mike Davis dans les années 1980, désigne les conflits de localisation des infrastructures considérées comme dangereuses et/ou génératrices de nuisances (Marchetti, 2005). Originellement circonscrites aux projets d'équipements très polluants, ces oppositions des populations locales se multiplient vis-à-vis des projets de centrales photovoltaïques. Si la plupart des individus concernés sont favorables à l'énergie photovoltaïque, ils refusent que celle-ci « mite » leur paysage et « dégrade » son esthétique . On remarque cette prééminence de la question paysagère dans l'article de l'urbaniste allemand Ulrich Möller sur les problèmes d'acceptabilité sociale et sur l'agriphotovoltaïque, paru en 2020 dans la revue *Erneuerbare Energien*. Alors qu'il nous alerte sur la pression foncière que connaissent les terres agricoles, il dérive très rapidement sur « l'esthétique du paysage » et les effets négatifs des centrales photovoltaïques sur celui-ci :

> *« Si la pression de la demande se maintient, les terres agricoles menacent de se raréfier, des parties entières du pays seront marquées visuellement par des modules photovoltaïques, et la république sera teintées de bleu. » Möller, 2020*

Cyril Wintenberger confirme ce focus sur le paysage et parle de « *démarche proactive* » vis-à-vis de ce dernier. En effet, il nous explique que l'ancien site d'enfouissement de Colonard-Corubert se trouvant à proximité d'un site Nature 2000, l'équipe de Territoire d'Énergie était certaine que la Direction départementale des territoires (DDT) allait porter une grande attention aux mesures compensatoires pour la faune ; or leur attention a été portée sur le paysage *(« Ils ont fait un focus sur le paysage »).* Cela les a d'autant plus étonnés que, le site se trouvant déjà sur une bute entourée d'une haie avec une visibilité très modérée, le paysage ne leur paraissait pas être un problème pour ce projet. Des paysagistes de la DDT se sont tout

de même déplacés sur site pour leur faire des prescriptions particulières afin d'assurer l'intégration paysagère du projet de centrale :

> *«On s´est donc aperçu qu´il fallait que l'on fasse très attention aux paysages et que l´on ne prenne pas de risque majeur dessus. On sent que c´est la tendance du moment des préfectures. Ils psychotent un peu sur les paysages, en relation avec l´éolien. D´autant plus dans le Perche avec ces paysages exceptionnels. »*
> *Wintenberger, 2021.*

Si Wintenberger considère que cette règlementation est fondée et nécessaire, il critique son application. En effet, il rappelle que si 85 millions de touristes internationaux se rendent en France chaque année, cela est notamment dû à sa qualité environnementale, paysagère, patrimoniale et naturelle, que nous devons protéger et conserver. Pour autant, le responsable du pôle Transition énergétique s'inquiète de l'interprétation des services instructeurs de l'Etat qui, régulièrement, outre-passent l'application de la réglementation et refusent des permis de construire pour des raisons strictement paysagères et d'acceptabilité sociale.

b. L´enquête publique et l´accord du Préfet : vers une interprétation subjective des dossiers

Le processus d'étude d'impact achevé et l'avis, favorable, de l'Autorité environnementale réceptionné, le tribunal administratif est saisi dans un délai de cinq mois, pour la réalisation de **l'enquête publique**. Ce dernier dispose alors de quinze jours pour désigner un commissaire enquêteur qui devra ouvrir une enquête d'une durée minimale de trente jours (Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales & Ministère de la Transition écologique et solidaire, 2020). L'avis des collectivités intéressées (R.122-7 II CEnv), l'étude d'impact (R.123-8 CEnv) et l'avis de l'Autorité environnementale (R.123-8 4° CEnv) sont mis à disposition du public et soumis à l'enquête tout au long de la consultation citoyenne. Le commissaire enquêteur dispose ensuite de trente voire quarante jours pour remettre son rapport au Préfet, ce qui marque le point de départ du délai d'instruction du permis de construire. Dès lors, le Préfet de département doit rendre sa **décision expresse d'autorisation ou de refus**, dans un délai maximum de deux mois.

Avant ces démarches administratives, les porteurs de projet informent et impliquent les acteurs locaux et territoriaux dès le début du montage de projet. En effet, dans leur Guide

pour l'instruction des demandes d'autorisations d'urbanisme pour les centrales solaires au sol, le ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités territoriales et celui de la Transition écologique et solidaire insistent sur l'importance d'ouvrir le dialogue avec les services instructeurs de l'Etat et les collectivités territoriales concernées. Cela permet aux porteurs de projets de faire connaitre leur intention et d'intégrer les acteurs du territoire au projet, tout en recueillant leurs conseils et avis sur les contraintes susceptibles d'affecter la demande de permis de construire. Ainsi, la concertation avec les élus et les citoyens s'avère indispensable pour accélérer le déroulement des démarches d'urbanisme, augmenter l'acceptation citoyenne du projet et ainsi favoriser l'attribution d'un permis de construire. C'est donc logiquement que Territoire d'Énergie Orne (Te61) a envoyé une « *lettre d'intention* » de créer une centrale solaire et rencontré individuellement l'intégralité des organismes susceptibles d'avoir « *un avis sur le projet et l'attribution du permis de construire* », dès le début du projet. Cyril Wintenberger sait que les autorités territoriales apprécient particulièrement de se sentir impliquées dès le départ. En informant un public très large, l'équipe de Te61 souhaitait démontrer que le projet ne se faisait pas en « *catimini* » et que la consultation des usagers du territoire est importante. Ainsi, à partir du lancement du projet, Te61 a recueilli les avis et pressentis de la DDT, de la commune, de l'intercommunalité et du département. Mais également du Parc naturel du Perche, de la Direction générale de l'Aviation et de la Direction régionale des Affaires culturelles.

Malgré l'implication des élus, la consultation des citoyens, l'accord de l'Autorité environnementale, la compatibilité avec l'activité agricole et la conformité aux règles et documents~~,~~ d'urbanisme, de plus en plus de projets se voient refuser leur permis de construire. Cyril Wintenberger dénonce la subjectivité des Directions départementales du Territoire et des Préfets qui de plus en plus refusent des permis de construire à des projets respectant toutes les règlementations, uniquement par peur qu'ils *« remuent la population* ». C'est ainsi, que l'application d'une règlementation, originellement bien fondée, tend à devenir une contrainte majeure au déploiement des centrales photovoltaïques, et plus globalement au respect des objectifs énergétiques territoriaux. En définitive, Cyril Wintenberger, ne critique pas tant la procédure administrative de l'instruction des permis de construire des centrales au sol, que son application. Il tient alors les préfectures comme responsables :

« On en arrive à un système jacobin de la politique. C'est d'en haut, au niveau national et de quelques autres autorités, que l'on veut calmer les « jacqueries ». Pour

être tranquille, il ne faut pas qu'ils [les populations locales] râlent et donc pour pas qu'ils râlent on ne prend aucun risque, quitte à grever l'avenir d'un territoire et de la politique énergétique. » Cyril Wintenberger, 2021

Cette incertitude est une grosse crainte pour l'ensemble des développeurs et investisseurs. C'est en effet la raison pour laquelle Markus Jenner préfère attendre un assouplissement de la réglementation et un changement sociétal pour développer des projets de centrales au sol en France. Il considère la procédure administrative française top fastidieuse et contraignante par rapport au temps et au coût qu'elle demande. Effectivement, Cyril Wintenberger insiste sur le fait que toutes ces études d'éligibilité du terrain d'implantation, d'impact environnemental et d'insertion paysagère, nécessitent un investissement d'au moins 100 000 euros de la part des porteurs de projets, qui ne sont jamais certains de recevoir l'autorisation de construire et ne sauront qu'à la fin, en répondant à un appel d'offres de la CRE, quel sera leur tarif de revente.

En définitive, l´ensemble du cadre juridique et réglementaire entourant l'instruction des permis de construire des centrales au sol de plus de 25O kWc priorise le maintien de l'activité agricole, la conservation de la biodiversité et des espaces forestiers, et la préservation du paysage. Le respect de ces trois grands principes est le préalable indispensable à la construction d'une centrale. Ces règles et lois en vigueur sont strictes et les démarches administratives longues, coûteuses et contraignantes. Si elles sont essentielles, elles ne doivent pas devenir des obstacles au déploiement des énergies renouvelables. En effet, comme nous venons de l´exposer précédemment, l´interprétation de ces règles et la tendance actuelle à la conservation des paysages tend au blocage et à l´interdiction d´un nombre croissant de projets solaires pourtant conformes aux exigences urbaines, agricoles, environnementales et paysagères. Ainsi, nous proposerons dans une troisième partie plusieurs approches et solutions dans le but de faciliter cette recherche de foncier et renforcer l´acceptabilité des projets.

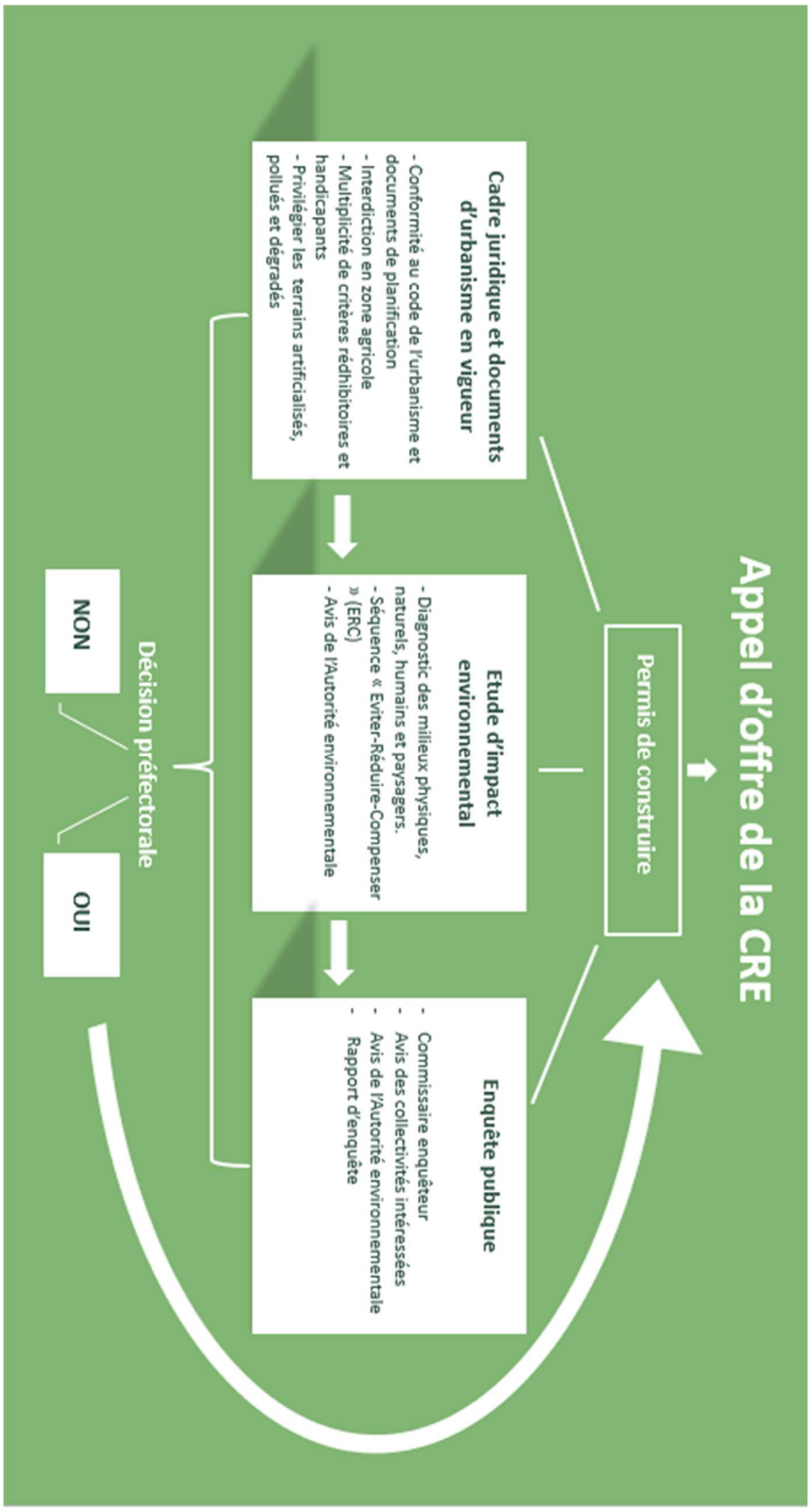


Figure 13 : Schéma récapitulatif des démarches réglementaires et administratives nécessaires à l'instruction d'un permis de construire pour une centrale solaire au sol. (Campion-Hirsch, 2021)

Améliorer l´acceptabilité et faciliter la recherche de foncier des centrales photovoltaïques au sol

1. La déconcentration des énergies renouvelables: réflexion sur l´évolution de nos „paysages énergétiques“

a. Des centrales solaires visibles et étendues: conflits d´acceptabilité et immuabilité paysagère

Comme nous l'avons expliqué précédemment, les citoyens souhaitent la transition énergétique mais ne veulent pas en être témoins. En France comme en Allemagne, le déploiement des énergies renouvelables doit faire face à de forts conflits d'acceptabilité, du fait de leur **déconcentration territoriale**. Si le photovoltaïque bénéficie d'une réception plus ou moins positive, le développement des éoliennes est presque à l'arrêt en Allemagne depuis 2017 (Transition & Energie, 2019 ; MINES Saint-Étienne, 2019). Comme dans l'Orne, cela s'explique par une règlementation de plus en plus stricte, mais surtout par l'opposition grandissante des populations locales depuis le début des années 2010 : l'école des Mines de Saint-Etienne parle d'une « *fronde populaire grandissante anti-éolien* » (2019). En effet, le déploiement des EnR implique le rapprochement des lieux de production et de consommation d´énergie. Ces infrastructures deviennent visibles sur des territoires et par des populations qui n´ont jusqu´alors jamais été témoins de la production de l´énergie qu´ils consomment. Les centrales solaires modifient l'organisation du territoire et la perception qu'en ont les habitants (Mouly, 2019). Que ce soit dans des paysages remarquables ou ordinaires, elles sont perçues par les populations locales comme une atteinte à l'identité territoriale. Alors qu'elles sont totalement démontables, qu'elle ne portent pas atteintes à l'environnement et que, contrairement à ce qui est communément dit, elles n'artificialisent pas les sols (Macke, 2011 ; Wintenberger, 2021), elles sont aujourd'hui vécues comme une agression et nombres de leurs projets sont bloqués. Le philosophe Pascal Chabot remarque dans *L´ Âge des transitions*, paru en 2015 :

> *«Considérée comme un moyen, ordinairement refoulée, l'énergie est ce que les hommes refusent habituellement de voir, alors qu'elle conditionne en profondeur presque toutes les activités, une part de leur environnement, leur répartition dans l'espace… »*

Dans sa thèse, Flora Aubert parle d' « *invisibilisation historique de l'énergie* ». Elle explique que cette invisibilisation physique tend à une invisibilisation sociale. Que ce soit en France ou en Allemagne, c'est un dû pour les populations d'avoir accès, partout, à l'énergie, sans être dérangées ni impactées par sa production. Ainsi, les enjeux et objectifs de la transition énergétique remettent en cause cette invisibilisation. C'est un problème auquel fait face l'équipe de Cyril Wintenberger lors du développement de projets d'EnR, même s'il concède que dans l'Orne, « *les antis-tout sont focalisés sur la méthanisation et l´éolien*». Cette situation fait dire à Wallenborn *et al*. (2011), dans un article sur les politiques d'atténuation du changement climatique en Belgique, que notre culture repose sur l'idée que l'énergie est *« invisible, abondante et peu chère* » et qu'elle est utilisée par des consommateurs « *passifs et ignorants* ». En définitive, nous considérons dans ce mémoire que l'avènement de la transition énergétique nécessite une réelle et profonde transition sociale. Nous devons repenser, non pas seulement notre système énergétique et son organisation spatiale, mais également la perception que nous avons de celui-ci. Nous avons toutes les connaissances et capacités techniques nécessaires pour développer les EnR, c'est maintenant à nous d'accepter ce changement et de le soutenir (Aubert, 2020).

Le déploiement des EnR, du fait de leur déconcentration, entraine obligatoirement la transformation de nos paysages. Si leur planification doit être encadrée, elle ne doit pas empêcher la transition écologique. Ainsi, nous rappellerons dans la partie suivante, que nos modèles énergétiques ont toujours modifiés nos territoires; leurs paysages et l´occupation de leurs sols. Accueillons ces nouvelles infrastructures dans une logique de co-construction et de responsabilisation, tant énergétique qu'écologique (Vidalenc, 2018).

b. La constante évolution de nos paysages selon nos modèles énergétiques et le traitement touristico-pédagogique des centrales

La transition énergétique nécessite donc une transition sociale Si la production d'énergie renouvelable est visible dans nos paysages, elle témoigne „*des choix du territoire en matière énergétique*“ (Mouly, 2019) et ceci est loin d´être nouveau. Les paysages incarnent nos modes de vie ; nos traditions et cultures (Vidalenc, 2018). Afin de lutter contre ce manque d´acceptabilité des énergies renouvelables et limiter l´usage de l´excuse de la protection paysagère, rappelons que nos territoires et leurs paysages sont dynamiques et ont toujours

été impactés par nos usages et modèles énergétiques Dès le Moyen-Age, les moulins, ouvrages d´énergie hydraulique, se multiplient sur les territoires et deviennent des éléments constitutifs des paysages comme l'atteste le nombre de peintures et gravures les mettant à l´honneur.



Figure 14: Illustration de l´activité meulière et d´un moulin hydraulique au Moyen-Age.

Au XIXème siècle, la Révolution industrielle marque l´avènement de l´usage des énergies fossiles et de la production de masse. L´extraction, le transport et la consommation du charbon de bois entrainent autant un changement de mode de vie, qu´une modification radicale des paysages. Un grand nombre de peintres et auteurs contemporains témoignent de l´impact de l´industrialisation des territoires, du développement de la machine à vapeur et de la déforestation massive sur les paysages. Des villes et régions entières deviennent ce qu´on appelle des „*bassins d´industrie minière et sidérurgique*“. Les usines se multiplient et expulsent toute activité agricole et résidentielle, en même temps qu´elles recouvrent le ciel d´une épaisse fumée noire, toxique et permanente.



Figure 15: Maximilien Luce (1899), *Grande Ville Industrielle*

Ces transformations et atteintes paysagères se perpétuent au XXème siècle avec l´usage intensif du gaz, du pétrole et du nucléaire qui généralise l´accès à l´électricité. Des centrales nucléaires foisonnent sur le territoire français, autant que des mines de charbon effacent des villages entiers en Allemagne. Parallèlement, il est important de rappeler que les espaces agricoles et l'agriculture intensive que nous protégeons coûte que coûte sont des paysages largement anthropisés qui n'ont rien de « naturel ». Si nous relions communément l'agriculture à la « campagne »; aux espaces ruraux, boisés et naturels, notons qu'elle entraine d'abord un très fort appauvrissement de la biodiversité et des sols. Nous ne remettrons pas en cause l'importance de l'agriculture mais précisons qu'elle pollue et émet plus de gaz à effet de serre que l'énergie photovoltaïque.



Figure 16: Centrale nucléaire de Cruas, France (*Usbek&Rica*, 2019)

Aujourd'hui, la production d'énergie est délocalisée mais les infrastructures de son transport restent visibles. Les lignes hautes tension maillent les territoires, et le pétrole, qui permet le développement de la mobilité, entraine un étalement urbain incontrôlable. Nous sommes si habitués à ces fils et poteaux électriques que nous les avons « intégrés » à nos paysages et ne les remarquons plus mais n'oublions pas qu'ils ne font pas naturellement partie de nos paysages, d'autant plus qu'ils sont beaucoup plus visibles et « dégradant » que les centrales solaires.



Figure 17: Maillage territorial des lignes hautes tension (Thierry Grun, 2019)

En définitive, il est normal que nos paysages continuent d'évoluer, d'autant plus que ces infrastructures d'énergies durables doivent nous permettre de passer à un modèle moins polluant et beaucoup plus respectueux de l'environnement. Au lieu de considérer ces projets solaires comme impactant et dégradant les paysages, considérons qu'ils les transforment et les redessinent pour un avenir meilleur. Ainsi, nos territoires, leurs paysages et leurs ressources, doivent devenir des outils de la transition énergétique, et non des arguments pour son blocage. Pour Flora Aubert, si nous pouvons intégrer les enjeux énergétique à la fabrique de l'espace, nous pouvons également produire l'espace selon ces objectifs et actions énergétiques.

En outre, déjà propre, renouvelable et silencieuse, l´énergie photovoltaïque apporte une activité sur le territoire ainsi que des retombées économiques pour le propriétaire et la

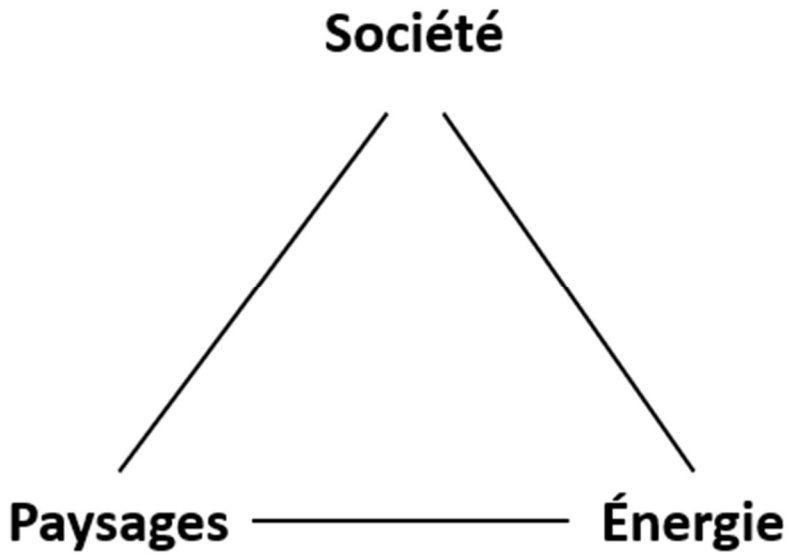
commune. Pour donner une échelle, la commune du Pays de Montmédy (55) dans la Meuse, qui est propriétaire de l'ancienne friche militaire aujourd'hui terrain d'implantation d'une centrale solaire, perçoit en cela un loyer annuel de 375 000 euros. Ainsi, les centrales solaires peuvent redynamiser un territoire en perte d´attractivité et d´activité. Alors que beaucoup utilisent l´argument touristique pour bloquer les projets de centrales, en réalité, elles attraient plus qu'elles ne détournent les touristes. Parallèlement aux emplois qu'elles produisent lors de leurs construction et maintenance, elles attirent un type de **tourisme dit « *industriel* » ou « *éco-industriel* »** qui est une rentrée de revenus non-négligeable pour la commune. Par intérêt et volonté d'en apprendre plus sur le secteur du photovoltaïque, de plus en plus de personnes s'intéressent et souhaitent visiter ces centrales. EDF en a bien conscience et organise de nombreuses expositions et visites guidées de ces ouvrages de production d'électricité, que l'entreprise appelle son « *patrimoine industriel* »[42]. De même toute centrale photovoltaïque implantée en France possède un site internet avec un maximum d'informations à l'attention du public, et est normalement ouverte et visitable, sur demande, aux citoyens. Dans son mémoire sur les nouveaux paysages de l'énergie solaire, Adeline Mouly préconise l'organisation de permanences publiques, journées portes ouvertes, ballades et visites avec les développeurs, des experts environnement, et les élus pour présenter et expliquer le projet aux populations locales. En effet, cette communication permet de rassurer et apaiser les réactions NIMBY qui tiennent pour la plupart d'un réflexe spontané au sentiment de perte patrimoniale et de perte de contrôle de son territoire, qui est, comme nous l'avons expliqué précédemment, directement lié à l'identité et aux souvenirs des citoyens. Territoire d'Énergie Orne a pleinement conscience de l'importance de la communication et du **traitement pédagogique** des centrales dans leur réception par les populations locales. Alors que le permis de construire du projet de Colonard-Corubert est toujours en phase d'instruction, les équipes ont déjà commencé à communiquer sur le site via plusieurs communiqués de presse et photos qui leur permettent de rappeler que le projet est « *lancé et maitrisé par les collectivités* ». Cyril Wintenberger insiste en plus sur la nécessité de vulgariser et concrétiser les projets d'énergie. En effet, à part pour les personnes qui travaillent dans le secteur de l'énergie, celle-ci reste quelque chose d'abstrait avec des unités techniques très difficilement convertibles et compréhensibles. Or, il paraît évident que ce flou empêche l'appropriation citoyenne et renforce le manque d'acceptabilité des projets. Si le

[42] NOTE TOURISM INDUS (edf.fr)

directeur du pôle Transition énergétique conseille de convertir la quantité d'électricité produite en nombre de ménages alimentés et en quantité de GES évités, nous recommandons dans ce mémoire, la mise en place de parcours pédagogiques autour des centrales au sol. Ces derniers prennent la forme de sentiers de promenade sur lesquels se trouvent des points de vue avec des panneaux explicatifs. Cela permet de voir et comprendre la centrale.

> *« Il faut matérialiser les choses car l'énergie reste quelque chose de subjectif et impalpable pour la plupart des personnes. Quand on n´est pas dans le métier énergétique, on ne se rend pas compte des enjeux. Il faut par exemple convertir l'énergie produite sur le site en nombre de maisons chauffées pour permettre au public de visualiser les données énergétiques du projet. »*

Ainsi, les centrales solaires donnent une impression de dynamisme territorial et montrent concrètement l'engagement de la commune et de ses citoyens. Tout cela permet de sensibiliser le public aux EnR, de valoriser du foncier délaissé et de moderniser l'image de la commune, tout en participant à la transition énergétique. Cette démarche touristique et pédagogique permet de construire quelque chose dont le territoire et ses habitants sont fiers. La perception des projets étant très liées à leur appropriation, nous exposerons dans la prochaine partie en quoi la concertation et la participation citoyenne est aujourd'hui moteur du déploiement des centrales photovoltaïques.



2. La décentralisation des énergies renouvelables: des projets financés, gérés et valorisés par les acteurs locaux

a. Le rôle des collectivités territoriales : la remunicipalisation de l´énergie

Pour atteindre l´objectif de nombreuses collectivités d´être « 100% EnR » en 2050, d´importants investissements publics sont nécessaires, mais également des capitaux privés. Ces nouveaux modèles de propriété et de gouvernance partagée attirent l´épargne citoyenne et accroissent fortement l´acceptabilité des projets de centrales photovoltaïque. Comme nous le montre le succès de l´*Energiewende* allemande depuis plusieurs décennies, la transition énergétique doit se faire par le bas (dynamique *bottom-up)* et être le fruit d´un réel changement politique, technique et sociétal (Lewald & Rat-Fischer, 2019 ; Aubert, 2020). Les acteurs locaux et territoriaux ont un rôle clef dans le développement rapide des EnR. Parallèlement aux conflits d´usage de sols et problèmes d´acceptabilité, la régionalisation du secteur de l´énergie donne lieu à de nouvelles formes de gouvernance et de propriété financière des centrales. En cela, nous remarquons que les grands fournisseurs d´énergie français perdent, lentement, leur monopole face aux collectivités, citoyens et autres fournisseurs alternatifs (Bolle & Energy Cities, 2019). Si les EnR se caractérisent par leur déconcentration, elles sont également indissociables de leur décentralisation. Comme l´explique Flora Aubert dans sa thèse sur les « communautés énergétiques » (2020), les EnR modifient l´invisibilisation historique du secteur de l´énergie et font émerger de nouveaux modèles de financement, de gouvernance et de consommation. Novarina et Seigneuret parlent de « gouvernance inclusive » des EnR pour qualifier cette reconfiguration du système d´acteurs de l´énergie.

Comme le déplore Cyril Wintenberger et Verena Ruppert (2015), aujourd´hui, les revenus générés par les projets d´EnR retombent assez rarement sur les territoires qui les accueillent. C´est le cas des centrales photovoltaïques et parcs éoliens qui sont la plupart du temps possédés par des entreprises privées et qui sont très régulièrement vendus et revendus par des fonds de pension américains, chinois, sud-africains,… (Wintenberger, 2021). Emilie Hersant explique dans sa thèse que la libéralisation du secteur de l´énergie n´a pas directement mené au renforcement du rôle des collectivités territoriales dans la gestion de la distribution de l´énergie. Elles ont seulement le choix du concessionnaire auquel elles délèguent le service public de distribution de l´énergie. Pour autant, la loi TEcv de 2015 a donné collectivités territoriales, une place centrale dans le développement des EnR et la

gestion de leur mix énergétique. Ainsi, communes et intercommunalités peuvent, et sont invitées, à financer des projets d´EnR, mais également à les impulser, les exploiter et les gouverner (Ademe, 2016 ; Ademe, 2021). Ainsi, les collectivités peuvent impulser des projets photovoltaïques, que ce soit sur des bâtiments publics ou des parcelles au sol. Ce fut le choix des 385 communes de l´Orne qui, au travers du Syndicat mixte Territoire d´Énergie Orne (Te61), ont décidé de créer une centrale solaire sur l´ancien site de stockage de déchet de Colonard-Corubert. Face à la pression d´investisseurs privés que connaissait ce site depuis six ans, le syndicat de déchet et le Te61 se sont associés afin de garder la maitrise du terrain et du projet. Comme l´explique Cyril Wintenberger, ce « court-circuitage » des investisseurs privés vient d´une volonté communale de se réapproprier la gestion de l´approvisionnement local d´énergie. En plus de multiplier les revenus et emplois locaux, de favoriser l´équité sociale, de dynamiser le territoire et de marquer son engagement pour le climat, les communes qui font le choix d´instiguer elles-mêmes des projets d´EnR, permettent d´augmenter l´acceptabilité citoyenne de ces projets.

« Pour l´acceptation, le fait que les collectivités territoriales maitrisent les projets et espèrent en maitriser les revenus, est particulièrement important. » Cyril Wintenberger, 2021.

« L´un des arguments majeur pour renforcer l´acceptation est que l´on soit propriétaire du parc et de ses revenus : une énergie renouvelable, qui n´est pas de l´éolien et qui en plus est détenue par la collectivité. » Cyril Wintenberger, 2021.

En effet, en étant directement bénéfique aux habitants de la commune, ce modèle de production d´électricité locale géré par la collectivité, renforce l´appropriation et l´acceptabilité des projets (Christen & Hamman, 2015). Selon l´ADEME[43], les projets à gouvernance locale permettent une plus grande maitrise des retombées fin

ancières. Le territoire profite alors de retombées économiques locales directes, deux à trois fois plus importantes que dans le cadre d´un projet d´EnR classique privé. De plus, la valorisation locale des revenus de l´investissement permet les réinvestir directement dans le développement des EnR sur le territoire. Ainsi, les projets d´EnR gouvernés par les acteurs locaux participent tant à la transition énergétique et qu´au développement territorial

[43] ADEME (2021). *Le développement des projets d'énergie renouvelables à gouvernance locale.* En ligne [consulté le 15 juillet 2021] : https://www.ademe.fr/collectivites-secteur-public/animer-territoire/mobiliser-acteurs-territoire/developpement-projets-denergie-renouvelables-a-gouvernance-locale

régional : en étant acteurs de la transition énergétique, les collectivités dynamisent leurs territoires tout en créant des revenus et de l´emploi (construction, maintenance, maitres d´œuvre, …). Parallèlement, les habitants savent pourquoi leurs territoires et paysages sont modifiés et profitent directement des retombées financières et sociales. Ce phénomène est encore plus important lorsqu´il permet aux habitants des territoires accueillant des projets tels qu´une centrale solaire, de bénéficier de tarifs préférentiels. C´est ce que proposent de plus en plus de fournisseurs d´énergie allemands. C´est le cas du fournisseur d´électricité verte WVV qui propose son offre « *Regionalstrom - Mein Strom bleibt vor Ort* » (Électricité régionale – Mon électricité reste sur place) à ses clients choisissant une centrale de production à moins de 50 km de leurs lieux d´habitation[44]. Ce phénomène de **remunicipalisation** du secteur de l´énergie n´est pas nouveau en Allemagne, où l´autogestion communale est particulièrement forte et importante (Meyer, 2015 ; Novarina & Seigneuret, 2015). Les *Stadtwerke*, entreprises communales de services publics ont depuis longtemps repris la responsabilité de la gestion et l´approvisionnement énergétique. Ainsi, le droit allemand permet aux habitants des 1039 communes bénéficiant d´un *Stadwerk*, d´obligé, par référendum, leurs communes à remunicipaliser la distribution d´électricité si celles-ci ne l´ont pas encore fait (Meyer, 2015). Alors qu´en France les collectivités ne peuvent pas gérer la distribution d´énergie, Gilles Debizet propose dans son ouvrage collectif *Scénarios de Transition Énergétique En Ville : Acteurs, Régulations, Technologies* (2016) un scénario dans lequel à l´horizon 2040, les communes et intercommunalités qui le souhaiteraient, pourraient se saisir de la question énergétique et gèreraient la planification de la production, du stockage et/ou de la distribution de l´électricité ou du chauffage.

En définitive, la décentralisation de notre système énergétique implique que les territoires locaux deviennent des producteurs d´énergie (Christen & Hamman, 2015). Permettre aux collectivités territoriales de se réapproprier la production énergétique est bénéfique au développement des EnR, en ce qu´elles sont propriétaires foncières et responsables de l´élaboration des documents d´urbanisme ainsi que de l´application de la règlementation de l´implantation de centrales. En effet, comme le rappelle Novarina et Seigneuret (2015) les autorités locales ont la capacité d´intégrer les stratégies de développement durables et de transition énergétique à la planification territoriale. Comme nous l´avons démontré tout au

[44] https://www.meinregionalstrom.de/de/rs/startseite/#accordion

long de cet exposé, les acteurs territoriaux sont en grande partie responsables du blocage des projets d´EnR. Dès lors, les laisser être parties prenantes des projets et ainsi de bénéficier de leur retombées économiques et sociales, permet d´accroitre leur acceptabilité et réalisation. Il en va de même pour les citoyens. En effet, pour reprendre les mots de Norbert Lewald et Cristophe Rat-Fischer (2015), la transition énergétique n´est réalisable que par la participation de tous les acteurs de la société ; notamment des celle des acteurs régionaux et locaux, et de la société civile.

b. Le développement de l´énergie citoyenne (*Bürgerenergie*) : les coopératives citoyennes d´énergie renouvelables

Les citoyens peuvent et doivent aussi être acteurs de la transition énergétique. La libéralisation du marché de l´énergie et les EnR permettent aux citoyens de se réapproprier la production énergétique et de devenir de véritables « consommateurs-producteurs » (Vernay & Sebi, 2019). Christen et Hamman (2015) expliquent que la transformation de notre système énergétique ne repose pas seulement sur des choix technique, mais également des facteurs d´implantation et d´appropriation sociale. Ainsi, le rôle de l´acceptation locale lors de la mise en œuvre de la transition énergétique est central (Lewald et Rat Fischer, 2015). Verena Ruppert (2015) va même plus loin en affirmant que « *les citoyens sont le pilier de la transition énergétique* ». Si Flora Aubert (2020) utilise le terme de *« communautés énergétiques* », Gilles Debizet parle de « *montée en puissance du phénomène coopératif* ». Nous préfèrerons ici le terme de **coopératives citoyennes d´énergie renouvelable.** Ces coopératives regroupent des citoyens et autres acteurs locaux qui souhaitent produire de l´énergie renouvelable collectivement. Alors que l´Allemagne est perçue comme pionnière en matière de coopératives citoyennes, leur développement s´essouffle depuis 2013 suite aux évolutions règlementaires relatives aux tarifs d´achat et aux appels d´offre (Rüdinger, 2019). À l´inverse, en France les projets participatifs et citoyens sont en plein essor depuis le développement des activités de financement participatif (2014) et l'adoption de la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte de 2015. Ainsi, en 2016 la France comptait 315 communautés énergétiques, réunissant 11 000 actionnaires et produisant 0,2% de la production annuelle française d´EnR, alors qu´en Allemagne, on en dénombrait dès 2014, 973 qui en 2016 produisaient 42% de l´EnR allemande (Rüdinger, 2019 ; Vernay & Sebi, 2019). Pour

la fondation Heinrich-Böll, affiliée au parti écologique *Bündnis 90/Die Grünen,* les projets participatifs et citoyens sont moteurs de l´appropriation locale de la transition énergétique.

Dans le cadre des centrales photovoltaïque, ces projets peuvent prendre deux formes. La première est les centrales co-développées et cofinancées. Les porteurs de projets, généralement des communes, proposent un financement participatif. Si les collectivités, citoyens et/ou entreprises se partagent l´actionnariat de la centrale, dans ces structures, la participation citoyenne se limite souvent au seul financement. À l´inverse, les centrales dites « citoyennes » sont initiées, financées, exploitée et gouvernées par les citoyens mêmes. Ces projets citoyens diffèrent des projets d´élus. S´ils bénéficient de subventions publiques particulièrement importantes allouées par les collectivités, leurs fonds propres sont constitués par les investissements des particuliers (Lequier, 2020). Leur gouvernance est démocratique, ouverte et participative: chaque actionnaire égal une voix. En devenant, collectivement, investisseurs, producteurs et consommateurs, ces projets renforcent l´acceptation citoyenne autant que les liens sociaux, l´expertise et les savoirs- faire des habitants (Christen & Hamman, 2015). C´est le cas par exemple de la centrale citoyenne d´Aubais (Gard) de 250 kWc, inaugurée en mai 2018 sur une ancienne décharge[45]. Grace à une subvention de la Région Occitanie, à un investissement d´Énergie Partagée[46] et à l´investissement des 274 sociétaires, ces derniers ont réussi à financer ce parc sans emprunt bancaire ; une première en France. Le collectif les Survoltés d´Aubais. Ainsi, la nouvelle directive européenne pour les énergies renouvelables, adoptée en décembre 2018, a pour la première fois reconnait la place centrale de ces initiatives dans la réalisation de la transition énergétique et demande aux Etats membres de soutenir le développement de ces communautés d´énergie:

> *« La participation des populations locales et des autorités locales à des projets en matière d'énergie renouvelable par l'intermédiaire de communautés d'énergie renouvelable a apporté une grande valeur ajoutée sur le plan de l'acceptation de l'énergie renouvelable à l'échelle locale et a permis l'accès à davantage de capital privé, ce qui se traduit par des investissements locaux, un plus grand choix pour les consommateurs et une participation accrue des citoyens à la transition énergétique »*

[45] Les Survoltés d'Aubais, parc solaire citoyen dans le Gard | Énergie Partagée (energie-partagee.org)
[46] Énergie Partagée est une association et un fond d´investissement qui soutient, promeut, conseille et finance les initiatives citoyennes de production d´énergie renouvelables.

En effet, les initiatives citoyennes d´EnR font face à très peu d´opposition du fait de l´implication citoyenne. Contrairement au centrales solaires traditionnelles qui empiètent sur l´espace public et « dégradent » les paysages sans que les habitants n´en bénéficient directement, ces centrales citoyennes sont souhaitées par les citoyens qui s´emparent de la question énergétique et deviennent acteur de la transition énergétique (Debizet, 2016). Actionnaires de la coopérative, les individus n´ont pas l´impression qu´une entreprise privée externe s´enrichit sur leurs dos. Au contraire, mus par des considérations écologiques et une volonté d´autonomie, ils savent d´où vient leur énergie et comment elle est produite. Enfin, ces projets permettent aux citoyens de relocaliser, concrétiser et donner du sens à leur épargne (Lequier, 2020). Ils voient et bénéficient directement de leur investissement et touchent rapidement un retour sur investissement monétaire.

Si un «énergéticien historique » considère que ses clients sont en train de devenir ses concurrents directs et que cela est la pire chose qu´il puisse arriver à leur industrie (Vernay & Sebi, 2019), d´autres au contraire, voit la participation citoyenne comme la condition à réussite de la transition énergétique. Gilles Debizet rappelle qu´il n´y a ni concurrence, ni opposition entre la remunicipalisation de l´énergie et le développement des initiatives citoyennes (2016). Si de plus en plus de citoyens sont à la recherche d´une indépendance croissante, autorités locales et habitants doivent collaborer au sein de coopératives d´énergie renouvelables. Ces mouvements coopératifs ont besoin du soutien institutionnel et financier des acteurs politico-administratifs pour émerger. Le rôle des collectivités est alors très important : celles-ci peuvent subventionner les projets, prêter ou louer des surfaces à des tarifs avantageux et faciliter les démarches administratives. Dans leur article, Novarina et seigneuret (2015) reprennent le terme de Clarence N. Stone (1993), *« régime de participation populaire »* pour expliquer le succès de la transition énergétique à Friburg-en-Brisgau. En effet, ils considèrent que pour favoriser l´acceptation de projets, les collectivités doivent chercher l´implication des usagers et habitants, faciliter leur collaboration et les encourager à prendre des initiatives environnementales et à développer des projets d´énergies renouvelables décentralisés, ce que fait la mairie de Fribourg en intégrants ses habitants à la planification énergétique.



Figure 18: Rassemblements citoyens en faveur de l'énergie citoyenne en France et en Allemagne (Jörg Farysn, 2021)

En définitive, la transition énergétique nécessite un réel changement sociétal, favorisé par la remunicipalisation de l´énergie et la multiplication des centrales citoyennes. L´ancrage territorial de l´énergie et sa consommation locale permet de réduire les pertes d´énergie tout en stimulant le développement des EnR. En effet, alors que les centrales solaires impactent toujours autant les territoires, l´acceptabilité locale est renforcée par la participation (Jehling, Andes & Kindopp, 2015). En effet, collectivités, citoyens et usagers du territoire se réapproprient la production d´énergie, sa distribution et sa consommation. Ainsi, la décentralisation et la mutualisation de l´énergie, couplées à un modèle de gouvernance inclusif, est une des solutions centrale aux problèmes d´acceptabilité citoyenne des projets.

Participation → Appropriation → Acceptation

Nous proposerons dans une troisième et dernière partie deux solutions plus « techniques » au manque de foncier disponible pour les centrales solaires. L´agrivoltaïque et le solaire flottant, deux formes de photovoltaïque intégrés, offrant une double utilisation des terres tout en étant favorable à l´agriculture et la biodiversité.

3. Limiter les conflits d´usage par la double utilisation des sols

a. L´agrivoltaïque: des productions agricole et énergétique simultanées et plus efficaces

L'agrivoltaïque est un forme de photovoltaïque intégré qui associe sur une même surface, une culture agricole et la production d'énergie. L'Ademe et la Commission de régulation de l'énergie (CRE) précisent que cette technique couple une production électrique *secondaire* avec une production agricole *principale.* Cette double utilisation des sols s'avère être une

solution à la pénurie de terres et aux conflits d'usage que rencontrent les projets de centrales solaires. Nous considérons dans ce mémoire que l'agrivoltaïque a un très fort potentiel d'innovation pour le déploiement des EnR, tant en France qu'en Allemagne. Si les législations le permettent, cette technique deviendra très certainement une des composantes essentielles du développement du photovoltaïque (Mouratouglou & Elfassi, 2020) et nous espérons que cela devienne, un jour, la norme dans le domaine de l'agriculture. En effet, en plus de concilier, conservation de l'activité agricole et accélération de la transition écologique, il est démontré que cette optimisation foncière améliore les rendements agricoles tout en étant bénéfique à la biodiversité et au biotope.

L'agrivoltaïque prend plusieurs formes :

- ✓ Les serres ou bâtiments agricoles agrémentés de modules photovoltaïques ;
- ✓ Les centrales aux sol traditionnelles sur lesquelles ont introduit de l'apiculture, des élevage en pâturage ou des cultures basses ;
- ✓ Les persiennes photovoltaïques mobiles construites à 4 ou 5 mètres au-dessus des cultures arboricoles, viticoles ou maraîchères (Sun'Agri);
- ✓ Les panneaux bifaciaux verticaux, orientés est-ouest, dont les rangées, espacées d'au moins 8 mètres, sont compatibles avec tous types de pâturages, cultures arables, utilisations de la biomasse… (Next2Sun)

Si les centrales traditionnelles ne sont pas construites sur des terres agricoles, mais sur des friches, elles permettent tout de même de restaurer une production agricole sur des sites délaissées. Christian De Lageneste, agriculteur et propriétaire du terrain accueillant la ferme photovoltaïque de Gennetines dans l'Allier (03), explique que cette production électrique est en totale adéquation avec son élevage ovin. En effet, cette ferme de 12 Mwc accueille 100 brebis sur ses 27 hectares. Il note que cela correspond totalement à la norme régionale de 4 brebis par hectares en plein air extensif. En plus d'être une source de **diversification** et de **revenus supplémentaires** sur le long terme, il apprécie particulièrement la bergerie « gratuite » que constitue les modules photovoltaïques, sous lesquelles ses brebis peuvent s'abriter. Enfin, il insiste sur le fait que, malgré les critiques, l'herbe se développe mieux sous les panneaux grâce aux effets d'ombrage et la régulation de la ressource hydrique (Moisan, 2014 ; De Lagneste, 2019). En étant une source de revenus complémentaires, l'agrivoltaïque permettrait aux agriculteurs, qui depuis le début des années 1990 s'appauvrissent, de

maintenir et transmettre leurs exploitations, et ainsi, l'activité agricole en elle-même. C'est ce que remarque Cyril Wintenberger qui considère que, si la législation doit protéger les terres agricoles, celle relative à l'agrivoltaïque doit être nuancée :

> *« Quand les agriculteurs ne gagnent plus d'argent avec la nourriture, il faut qu'ils en gagnent avec l'énergie. Ce revenu leur permettrait de maintenir leur exploitation agricole et donc ainsi, l'activité agricole » Cyril Wintenberger, 2021.*



Figure 19: Elevage ovin placé sur une ferme photovoltaïque au sol (Actu Environnement, 2016)

En plus de cette diversification, l'agrivoltaïque augmente les revenus des agriculteurs en améliorant la qualité et les rendements des cultures. C'est ce que démontre l'entreprise française Sun'Agri, labélisée *Solar Impulse Efficient Solution*[47] en avril 2020. Fondée en 2009, l'entreprise a mis au point le système des persiennes photovoltaïques mobiles et en est aujourd'hui le leader mondial. Cette technologie dynamique permet de produire de l'électricité renouvelable tout en **adaptant les exploitations agricoles au changement climatique**. En effet, pour faire face à la croissance démographique, la production agricole mondiale doit doubler d'ici 2050, or, les surface cultivables diminuent chaque année et le réchauffement climatique impacte de plus en plus les cultures, de par l'ensoleillement excessif, le manque d'eau et les épisodes météorologiques extrêmes. C'est dans ce contexte que Sun'Agri a développé son système de persiennes qui s'orientent en temps réel selon les besoins spécifiques à la croissance des cultures, ainsi que de leurs besoins d'ombre ou d'ensoleillement[48]. Parallèlement, les persiennes, selon leur orientation, protègent les

[47] Ce label attribué par la fondation Solar Impulse met en lumière les solutions durables qui sont à la fois propres et rentables et qui ont un impact positif sur la qualité de vie.
[48] Accueil - Sun'Agri (sunagri.fr)

cultures de *« la pluie, des vents violents, des froids nocturnes, des gelées printanières, de la grêle et des nuisibles » (*Sun'Agri, 2021). Tout en protégeant les cultures des aléas climatiques, ce système préserve la ressource en eau en contrôlant l'irradiation solaire et l'évapotranspiration et est strictement compatible à l'utilisation de machines agricoles du fait de la hauteur des modules. Ainsi, cette forme d'agrivoltaïque peut **accroître les rendements agricoles** jusqu'à 30% , tout en diminuant la consommation d'eau jusqu'à 20%, et en suivant la courbe du soleil (Sun'Agri, 2021).



Figure 20: Installation de persiennes photovoltaïques mobiles au-dessus d'une exploitation maraichère (Sun'Agri, 2019)

Enfin, l'agrivoltaïque peut également concilier, hausse des rendements électriques et amélioration de l'acceptabilité sociale tout en étant favorable à la biodiversité. C'est le pari qu'a fait la start-up allemande, Next2Sun, lauréate du *Deutscher Solarpreis* en 2020 pour son système de modules bifaciaux, implantés verticalement et orienté est-ouest. Alors que la verticalité permet la captation du rayonnement diffus, cette orientation particulière offre une production maximale tout au long de la journée avec deux pics de production, le matin et le soir, au lever et au coucher du soleil, contrairement au centrales orientées au sud. Au total, cette technologie, **augmente les rendements par kW produits** de 5 à 15% par rapport aux systèmes photovoltaïques conventionnels. De plus, en produisant, et donc vendant, de l'électricité en dehors des pics de production des centrales orientées sud, les revenus par kWc installé peuvent être jusqu'à 25% plus importants (Meyer, 2021).

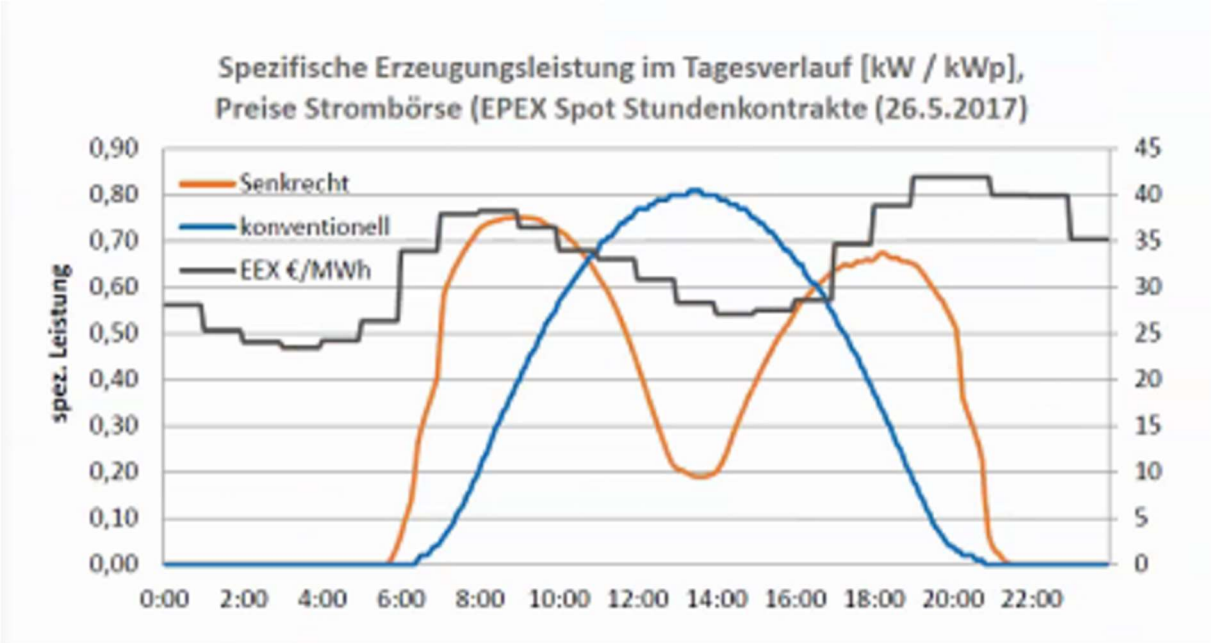


Figure 21: Puissance de production au cours de la journée [kW/kWc] par rapport au contrats horaires du prix de l'électricité [EPEX Spot du 26 mai 2017] (Christian Meyer, 2021)

Commentaire : En orange, la courbe des modules verticaux, en bleu, celle des modules conventionnels et en gris celle du prix du MWh.

Du fait de la verticalité, seul 1% des sols est « construit »[49], alors que ce chiffre s'élève en moyenne à 60-70% pour les centrales traditionnelles. Ainsi, jusqu'à 90% de la superficie du parc solaire reste cultivable ou utilisable pour le pâturage. Les rangées de modules étant espacées d'au moins 8 mètres, les machines agricoles traditionnelles peuvent continuer de passer entre les panneaux. La hauteurs de modules s'adapte également aux volontés des agriculteurs. Ainsi, ce système offre une utilisation agricole, voire agro-environnementale large et développée et n'impacte aucunement l'activités agricole, si ce n'est que positivement. En effet, comme les systèmes présentés précédemment, ces modules augmentent le rendement des cultures réduisant l'assèchement des sols, limitant l'irradiation et protégeant de l'érosion (Meyer, 2021). Parallèlement à ses aspects énergétiques et agricoles, ce système verticale produit des zones de haute qualité environnementale, des lieux d'habitat et de transhumances parfaits pour la faune et la flore. L'Union allemande pour la conservation de la nature et de la biodiversité (NABU) et l'Association allemande de l'industrie solaire (BSW), ou encore le Fraunhofer Institut pour l'énergie solaire (ISE), sont convaincus que les centrales solaires au sol **renforcent le biotope et la valeur écologique de leur zones d'implantation**

[49] Les modules sont plantés dans le sol. Il n'y a donc ni fondation, ni étanchéité.

(Diermann, 2021). Ils considèrent que les centrales au sol offrent une meilleure protection de la biodiversité et de la nature que lorsque ces terres sont exploitées pour l´agriculture intensive. Ainsi, le projet « *Eule* »la Fondation fédérale allemande pour l'environnement (DBU) est actuellement en train de mettre au point un système d'audit qui permettrait d'assurer la protection maximale de la nature et de l'environnement lors de la production d'énergie solaire (Enkhardt, 2021). En effet, les centrales solaires au sol sont des lieux d'accueil et de protection des espèces animales et végétales. Que ce soit sur des terrains agricoles ou non et avec des modules traditionnels ou verticaux, la végétation, en dessous des panneaux, peut y être laissée à l'état sauvage, ce qui est très rare aujourd'hui, en zone urbaine autant qu'en zone rurale. Cela permet une végétation spontanée, la présence de bois morts et de roches qui à leur tour, attirent insectes, papillons, oiseaux, champignons, reptiles, etc…(Next2Sun, 2021). Cet impact largement positif sur la biodiversité est d'autant plus fort que l'immense majorité des centrales sont fermées au public par un clôtures ce qui permet la formation zones naturelles presque « protégées ». Si cet impact écologique n'est pas propres au système de Next2Sun, le taux d'occupation minime des sols l'est. En limitant la concurrence entre les usages, cette technique offre un impact visuel faible et s'intègre particulièrement bien dans le paysage, ce qui offre un **niveau d'acceptabilité des projets élevé**. C'est ce que remarque Heiko Hildebrandt, directeur général de Next2Sun :

> *"We are still facing problems but there is clearly a better citizen acceptance of projects when they are agrivoltaic projects. […] Most of the time, the populations accept to change their PLU for these kind of projects" Heiko Hildebrandt, 2021.*



Figure 22: Centrale agrivoltaïque de modules horizontaux bifaciaux orientés est-ouest (Next2Sun GmbH, 2021)

En définitive, les différentes formes d'agrivoltaïque limite les conflits d'usage des sols et améliorent l'acceptabilité des projets de centrales tout en augmentant les rendements agricoles et en accélérant la transition énergétique. Alors que le Fraunhofer ISE considère que le potentiel agrivoltaïque allemand s'élève à 1700 GWc, Sun'Agri estime qu'en France il suffirait que *« seulement 0,5% des terres cultivées soient couvertes d'une structure agrivoltaïque pour déployer une puissance équivalente à 58 réacteurs nucléaires français en service ».* Pour cela, il est indispensable que les jurisprudences, tant allemandes que françaises évoluent en faveur de cette technique. Si en Allemagne l'agrivoltaïque bénéficie d'une vision positive, ces projets demandent l'accord des population locales. Que ce soit des projets photovoltaïques sur des terres agricoles ou des projets d'agrivoltaïques, ils sont autorisés par la législation allemande mais nécessitent la modification du zonage du terrain d'implantation (*Flächennutzungsplan*) [50] . et ôtent ainsi les subventions agricoles que bénéficiaient les agriculteurs pour cette parcelle (Hildebrandt, 2021; Meyer, 2021). Parallèlement, en France, alors que nous sommes un pays agricole, les recherches sur les impacts positifs de l'agrivoltaïque sont encore rares. Comme nous l'avons exposé dans le chapitre précédent, les projets solaires, même agrivoltaïques, sont communément interdits sur les terres agricoles. Ce n'est que depuis 2018, que la CRE prend en compte l'agrivoltaïque, mais cela de façon très

[50] La parcelle concernée devra passer de *Landwirtschaftsgebiet* (zone agricole) à *Sondergebiet* (zone spéciale)

limitée. Les projets d'agrivoltaïque ne peuvent alors répondre qu'aux *appels d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité innovantes à partir de l'énergie solaire, sans dispositifs de stockage*[51](AO PPE2 PV Innovant) dans la catégorie « Famille 2 » en tant que *Installations agrivoltaïques innovantes de Puissance strictement supérieure à 100 kWc et inférieure ou égale à 3 MWc.* Au total, pour chaque période d'Appel d'offre, ces projets ne doivent pas dépasser 80 MW sur toute la France et l'électricité produite n'a pas le droit de concerner de l'autoconsommation. Ainsi, Diane Mouratouglou et Paul Elfassi, avocats spécialisés dans l'énergie, tout comme Cyril Wintneberger, estiment que les textes doivent évoluer afin de laisser sa chance à l'agrivoltaïque. Tous les trois s'accordent sur le fait que si l'agriculture doit être conserver, nous devons laisser aux monteurs de projets l'opportunité de montrer que leur projet ne porte pas atteinte à la sauvegarde des espaces naturels et peut-être compatible avec une activité agricole. Si ce mémoire promeut le développement de l'agrivoltaïque et souhaite un adoucissement de la règlementation en vigueur, Cyril Wintenberger met tout de même en garde sur les possibles dérives spéculatives. Alors qu'en France la location de terres agricoles n'est que de quelques centaines d'euros par an, dans le Sud, où le gisement solaire est le plus important, certaines terres, même à faible valeur agronomique, se louent aujourd'hui plus de 15000 euros l'hectare par an. Dans l'Orne également, un terrain photovoltaïque peut se louer à 3000-4000 euros l'hectare par an. La pression foncière s'accentue et ce décalage de prix de la location peut vite devenir spéculatif dans le monde agricole.

> *«Des agriculteurs peuvent avoir envie de se lancer dans le photovoltaïque, participer à la transition, mais ils peuvent aussi exagérer et en faire du business. Sur une bonne volonté apparente d'un agriculteur, peut se cacher derrière de la spéculation. Vouloir gagner plus d'argent est tout à fait honorable mais il faut faire attention que les garde-fous soient là. » Cyril Wintenberger, 2021*

Ainsi la double utilisation simultanée des sols permet de participer tant à la transition énergétique que agricole. Par ces exemples, nous avons souhaité démontrer les centrales solaires peuvent se déployer sans être en compétition avec l'agriculture. Alors qu'elles sont accusées de détériorer l'environnement, elles peuvent en réalité devenir des espaces à haute

[51] CRE (2021*). Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité innovantes à partir de l'énergie solaire, sans dispositifs de stockage AO PPE2 PV Innovant.*

valeur environnementale avec une faune et une flore particulièrement développées. Nous allons maintenant vous présenter une seconde technique permettant également de lutter contre les conflits d'usage tout en étant favorable à la nature.

b. Les centrales solaires flottantes: une productivité en hausse et une emprise foncière limitée

Le solaire flottante est en plein essor dans le monde et en Europe. Si la Chine en est le leader mondial, c'est au Japon qui fut le premier à s'intéresser à cette technologie. N'ayant pas assez d'espaces disponibles pour développer des centrales au sol, le Pays du Soleil levant s'est rapidement intéressé au potentiel de ses étendues d'eau (Le Monde de l'énergie, 2019). Alors que la CRE a développé son premier projet flottant qu'en 2019, le plus grande centrale solaire flottante d'Europe se trouvait jusqu'à l'année dernière (2020) en France[52]. Située à Piolenc dans le Vaucluse (83), les 47000 panneaux photovoltaïques reposent sur le lac artificiel recouvrant l'ancienne carrière de granulats (Le Parisien, 2019). Grâce à cette technologie, les modules solaires sont reliés entre eux et fixés à des flotteurs. La structure est alors placée à l'endroit définit sur l'étendue d'eau et y est littéralement amarrée via un système d'ancrage, soit au fond du plan d'eau, soit à ses berges[53].



Figure 23: Centrale flottante de Piolenc, France (Akuo Energy, 2019)

[52] Ce titre est maintenant détenu par la centrale de Zwolle aux Pays-Bas.

[53] Solaire flottant et solutions d'ancrage sur mesure – Ciel et Terre (ciel-et-terre.net)

Le solaire flottant est une réelle solution au manque de foncier adéquate. Ce système a la particularité d'utiliser des surfaces aquatiques artificielles sans **aucun conflit d'usage**. En effet, les centrales flottante permettent de valoriser le potentiel énergétique des lacs de barrages, canaux d'irrigation, lac d'anciennes carrières, réservoirs d'eau, bassins d'orage etc… qui représentent pour la majorité de grandes surfaces inexploitées (Deboyser, 2018). Ainsi, cette technologie est une alternative d'autant plus importante qu'elle ne confisque aucune terre à l'agriculture ou à l'exploitation forestière. Dès lors, les plans d'eau font déjà partie des surfaces d'implantation éligibles de la CRE. Outre la règlementation favorable, le photovoltaïque flottant est **plus rentable**. Si les modules sont jusqu'à 20% plus chers, l'environnement aquatique engendre des coûts de maintenance réduits et une longévité plus longue des modules. De plus, leur rendement est 5 à 10% plus important que celui des panneaux terrestres du fait d'une part, de l'eau qui les refroidit et de l'autre, du rayonnement solaire plus important à la surface de l'eau (Fraunhofer ISE, 2020). À chaque projets, plusieurs associations. Elles considèrent, par exemple, que les zones d'obscurité provoquées par les panneaux empêcheront le bon développement de la biodiversité aquatique et que les oiseaux et insectes volants, en confondant les panneaux avec la surface de l'eau, s'y écraseront. Or, les études d'impact réalisées pour chaque projet montrent que les centrales flottantes n'affectent pas ou extrêmement peu la biodiversité dans son ensemble. En plus d'être totalement démontables, les modules ne recouvrent qu'entre 30 et 70% des plans d'eau (Boralex, 2018). De plus, la transparence des modules laisse passer la lumière et la faune et la flore continue de se développer normalement. Enfin, dans certains cas, ils deviennent des points d'appui et de repos pour les espèces volantes. L'entreprise française Ciel&Terre, leader mondial de photovoltaïque flottant est allé plus loin en démontrant que ces installations étaient **favorables à l'environnement et la biodiversité**. En plus de bien s'intégrer aux paysages, l'effet d'ombrage des modules flottants ralentit la propagation des algues ce qui est bénéfique au développement et au bien-être de la faune aquatique. Enfin, cette technologie permet de lutter très efficacement contre l'évaporation, qui s'accentue avec le réchauffement climatique. Ainsi, en Inde , dans l'Etat agricole du Gujarat, près de 3,3 km d'un canal d'irrigation est recouvert de plus de 33000 panneaux solaires. On estime que cela a permis de sauvegarder 40 hectares de terres et près de 90 millions de litres d'eau par an (Odilon, 2021). Si le Frauenhofer ISE considère que les lacs d'anciennes carrières pourraient potentiellement accueillir 50 GW de puissance solaire en Allemagne, en France Akuo Energy estime ce

potentiel à 10 GWc (Maccioni, 2019 ; Spaes 2019°). Sterr-Kölln & Partner a conscience de ce potentiel et a déjà commencé un diagnostic et un référencement des lac de barrages et canaux d'irrigation non-navigables français.

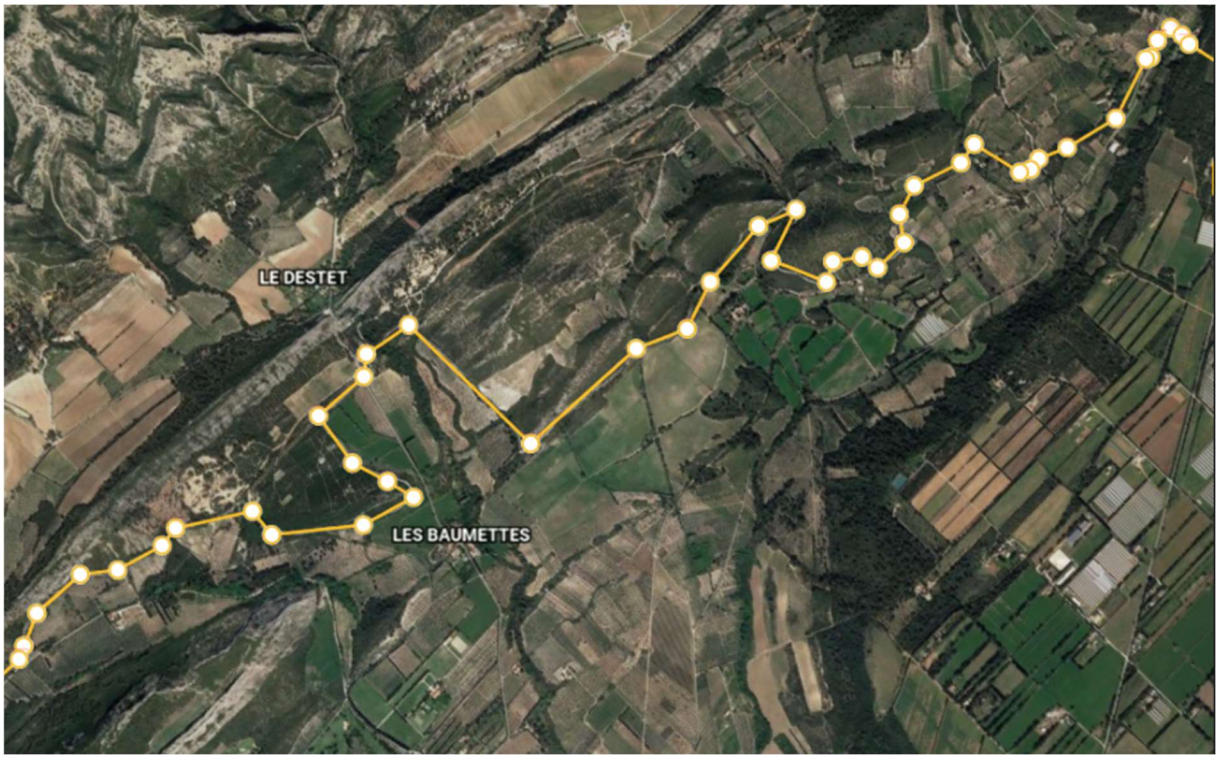


Figure 24: Mesure du canal de la Vallée des Beaux (Campion-Hirsch, 2021)

CONCLUSION

Il n'est pas possible de remettre en question l'existence du réchauffement climatique. Ses conséquences dramatiques se multiplient et s'intensifient d'années en années et n'épargnent aucun point du globe. Contrairement à ce qu'affirment les climato-fatalistes, il est encore possible de limiter le réchauffement à +1,5°C mais cela nécessite la réduction immédiate et majeure des émissions de GES et la neutralité carbone d'ici 2050 (Beny & *al.*, 2021). 70% des émissions de CO_2 étant issus de la production et de la consommation d'énergie, nous devons décarboner notre modèle énergétique au plus vite. C'est ce que l'on appelle la «transition énergétique » ; le passage des énergies fossiles aux énergies renouvelables. En 2021, la puissance installée d'énergie solaire s'est accrue de 22% dans le monde, ce qui fait d'elle à l'échelle mondiale, la technologie renouvelable qui croit le plus rapidement, tout en étant la moins coûteuse. Ainsi, quels que soient les scénarios de transition énergétique, ils reposent sur cet essor du solaire photovoltaïque. Alors que la Programmation Pluriannuelle de l'énergie 2 attend qu'en 2028 la capacité photovoltaïque installée française se situe entre 35 et 44 GW, elle n'est que de 11,7GW à l'heure actuelle (2021). Cela est d'autant plus critiquable et regrettable que l'Ademe estime que le potentiel solaire inexploité s'élève à 1100 GW en France.

Le gisement solaire est très favorable en France mais l'importante consommation foncière des centrales photovoltaïques pose problème et fait obstacle au déploiement de cette énergie. Comme nous l'avons démontré au cours de ce mémoire, la cadre règlementaire et les procédures administratives longues et contraignantes rendent particulièrement difficile l'obtention d'un permis de construire qui est obligatoire pour toute centrale de plus de 250kWc. L´implantation de centrales au sol, de par les changements d´occupation des sols et les possibles dégradations environnementales et paysagères qu´elle implique, se doit d´être encadrée et régulée mais non évitée et empêchée. S´il faut protéger cette qualité environnementale, patrimoniale, paysagère et agricole, la règlementation ne doit pas devenir un instrument permettant aux décideurs locaux et populations locales d´interdire des projets conformes à la règlementation.

Nous avons souhaité par ce mémoire soutenir et faciliter le développement des centrales photovoltaïques. Nous pensons qu'il faut d'abord sensibiliser les populations à la nécessité de

la transition énergétique et de la déconcentration énergétique. En cela, rappelons leur que nos paysages ont de tous temps supporté nos modèles énergétiques. Parallèlement, nous conseillons aux acteurs de l'énergie d'impliquer les autorités et populations locales aux projets. Cette participation citoyenne améliore fortement leur acceptabilité. Encore plus loin, nous considérons que l'énergie citoyenne peut devenir un des moteurs de la transition énergétique et qu'il faut promouvoir et accompagner ces initiatives énergétiques locales. Alors que les centrales photovoltaïques sont communément accusées d'artificialiser les sols et de dégrader leur environnement direct, nous avons souhaité démontrer qu'en plus d'être totalement démontables, elles peuvent être bénéfiques à la biodiversité. Les centrales m'artificialisent qu'une très faible part du terrain d'implantation, et ce pour une durée déterminée. De plus, il est possible de choisir un ancrage au sol strictement naturel, comme des tronçons de bois. Vis-à-vis de l'environnement, l'étude d'impact environnemental est très stricte. Les projets ne sont autorisé que si les impacts négatifs sont minimes. En outre, les centrales peuvent s'avérer être de réels réservoirs de biodiversité. Enfin, nous estimons que la double utilisation des terres est une solution efficace et pertinente aux conflits d'usage des sols. Pour atteindre nos objectifs, nous allons avoir besoin de plus en plus d'espace pour le photovoltaïque. Nous considérons donc les technologies de photovoltaïque intégré comme la meilleure réponse à ces conflits. En France, la majorité des tensions étant liées à l'activité agricole, nous vous avons présenté toutes les opportunités qu'offre l'agrivoltaïque. Si le solaire flottant s'avère également être une technique prometteuse, rappelons qu'il existe également les ombrières de parking ou les panneaux disposés sur les infrastructures autoroutières.

En définitive, nous estimons que les communes doivent devenir des acteurs à part entière de l'énergie. La planification énergétique doit être intégrée aux documents d'urbanisme, au même titre que la planification des infrastructures publiques et de la mobilité. Contrairement à la démarche actuelle, la recherche de foncier pour l'implantation de projets solaires doit devenir pro-active. L'énergie photovoltaïque étant efficace et rentable sur l'intégralité du territoire français, nous pensons qu'il serait judicieux de rendre obligatoire, à l'échelle communale, le recensement du potentiel énergétique mobilisable (solaire, éolien, hydraulique, etc…) et la définition d'objectifs énergétiques durables chiffrés et contraignants.

BIBLIOGRAPHIE

ADEME (2016). *Quelle intégration territoriale des EnR participatives ? État des lieux et analyse des projets français.*

ADEME (2017). *Collectivités territoriales, parties prenantes des projets participatifs et citoyens d'énergie renouvelable.*

ADEME & Transénergie (2019). *Évaluation du gisement relatif aux zones délaissées et artificialisées propices à l'implantation de centrales photovoltaïques – Synthèse.*

AEPE Gingko (2020). *Centrale photovoltaïque « Nogent-le-Rotrou ». Étude d´impact.*

Aubert, F. (2020). *« Communautés énergétiques » et fabrique urbaine ordinaire : analyses croisées Allemagne, France, Royaume-Uni. Énergie électrique*, Université Paris-Est, Français.

Boralex (2018). *Projet de parc solaire photovoltaïque flottant. Commune de Peyrolles-en-Provence (13). Etudes d'impact.*

Boulin, P. & Leny, J. (2002). « L'énergie nucléaire en France », *Commentaire*, 98, pp. 351-360.

Christen, G. & Hamman, P. (2015) « Éolien citoyen : vers une gestion alternative de la transition énergétique ? », *In :* TRION-climate Réseau énergie-climat de la Région Métropolitaine Trinationale du Rhin supérieur (dir), *L´acceptabilité des énergies renouvelables : les acteurs locaux organisent la transition énergétique***,** pp.17-21.

Connaissance des énergies (2020). *Climat : qu´est-ce qu´une COP ?.* En ligne [consulté le 18 juin 2021] : https://www.connaissancedesenergies.org/climat-quest-ce-quune-cop-210607

CRE (2021). *Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales au sol ».*

Cruciani, M., Keppler, J.-H & Kérebel, C. (2008). «Le „paquet énergie et climat" du 23 janvier 2008. Un tournant pour l´Europe de l´énergie », *Gouvernance européenne et géopolitique de l'énergie,* Paris : Ifri, p.29.

Debizet, G. (2016). *Scénarios de Transition Énergétique En Ville : Acteurs, Régulations, Technologies*. Paris, France: La Documentation Française.

Deboyser, B. (2018). « Le photovoltaïque flottant », *Révolution énergétique*. En ligne [consulté le 30 août 2021] : Le photovoltaïque flottant (revolution-energetique.com)

De Gravelaine, F. (2018). « Le Pays thouarsais donne l'exemple », *Urbanisme. Hors-Série,* n°64.

Deshaies, M. (2015). « Energies renouvelables et territoires : les défis de la transition énergétique en Allemagne », *Revue Géographique de l'Est*, vol. 55 / n°1-2.

Ducourtieux, C. (2021). „Le Royaume-Uni s´engage à réduire de 78% ses émissions", *Le Monde*, n°23729.

Durand, F. (2020). *Le réchauffement climatique. Enjeu crucial du XXIème siècle*, Paris: Ellipses.

EDF (2021). *Le nucléaire en chiffre*. En ligne [consulté le 16 juin 2021] : https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/le-nucleaire-en-chiffres

Enkhardt, S. (2018). « Hessen gibt ebenfalls Ackerflächen für Photovoltaik-Ausschreibungen frei“, *PV Magazin*.

Esteve de Palmas, L. & Ferrari, F. (2010). « Panneaux solaires au sol : une réglementation renforcée », *Le Moniteur*, n°5539.

Eurostat (2020). «Les énergies renouvelables dans l´UE en 2018», *Communique de presse*.

Fournier, C. (2017). « L´électricité nucléaire est-elle une énergie propre et écologique ? », *Youmatter*. En ligne [consulté le 16 juin 2021] : https://youmatter.world/fr/nucleaire-energie-propre-ecologique-pollution/

Futura Planète (2020). *L´énergie nucléaire : est-elle fossile ou renouvelable ?.* En ligne [consulté le 17 juin 2021] : https://www.futura-sciences.com/planete/questions-reponses/energie-renouvelable-energie-nucleaire-elle-fossile-renouvelable-1268/

Futura Sciences (2015). *Traitement des déchets nucléaires : quel avenir ?*. En ligne [consulté le 17 juin 2021] : https://www.futura-sciences.com/sciences/dossiers/physique-traitement-dechets-nucleaires-avenir-857/

Garric, A. (2021). „Joe Biden, maitre d´œuvre d´un sommet climat“, *Le Monde*, n°23729.

Glastra, K. & Rüdinger, A. (2016). *En bonne compagnie : la transition énergétique allemande vue de France*, Heinrich Böll Stiftung.

International Finance Corporation (2015). *Les centrales solaires photovoltaïques commerciales : guide À l´intention des promoteurs de projets*.

IRENA (2021). *Renewable capacity highlights.*

IRENA (2021). *World Adds Record New Renewable Energy Capacity in 2020*. En ligne [consulté le 25 mai]: https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2021/Apr/World-Adds-Record-New-Renewable-Energy-Capacity-in-2020

Jergentz, S. (2015). « Introduction », *In :* TRION-climate Réseau énergie-climat de la Région Métropolitaine Trinationale du Rhin supérieur (dir), *L´acceptabilité des énergies renouvelables : les acteurs locaux organisent la transition énergétique*, pp.4-4.

Krause, V.-F., Bossel, H., & Müller-Reißmann, K.F (1980). *Energiewende – Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran*, Frankfurt: S. Fischer Verlag.

La Rédaction (2021). „Les énergies renouvelables au défi de la rareté du foncier“, *Confluence*s. En ligne, [consulté le 5 mai 2021]: Les énergies renouvelables au défi de la rareté du foncier (confluences.fr)

Launay, G. & Lacroux, M. (2020). « VGE, père du tout-nucléaire français », *Libération*. En ligne [consulté le 16 juin 2021] : https://www.liberation.fr/terre/2020/12/03/vge-pere-du-tout-nucleaire-francais_1807532/

Le Monde (2012). *Sommet de la Terre, des précédents décevants*. En ligne [consulté le 18 juin 2021] : https://www.lemonde.fr/economie/article/2012/06/20/sommets-de-la-terre-des-precedents-decevants_1721568_3234.html

Le Monde de l'énergie (2019). *Solaire flottant : la France se jette à l'eau*. En ligne [consulté le 30 août 2021] : Solaire flottant : la France se jette à l'eau (lemondedelenergie.com)

Le Parisien (2019). *47 000 panneaux solaires sur un lac : la première centrale photovoltaïque flottante inaugurée en Franc.* En ligne [consulté le 30 août 2021] : 47 000 panneaux solaires sur un lac : la première centrale photovoltaïque flottante inaugurée en France - Le Parisien

Lequier, L. (2020). « Les centrales solaires citoyennes : la nouvelles lubie de l´Ile-de-France », *Contrevue*. En ligne [consulté le 28 juillet 2021] : Les centrales solaires citoyennes : la nouvelle lubie de l'Île-de-France | CONTREVUES Paris

Lewald, N. & Rat-Fischer, C. (2015) „Comparaison entre les systèmes énergétiques allemands et francais », *In :* TRION-climate Réseau énergie-climat de la Région Métropolitaine Trinationale du Rhin supérieur (dir), *L´acceptabilité des énergies renouvelables : les acteurs locaux organisent la transition énergétique***,** pp.5-8.

Macke, G. (2021). „La vérité sur… le « tout-renouvelable en France », *Challenges*, n°689.

Malingre, V. (2021). „Face aux Etats-Unis, l´Europe soucieuse de préserver son leadership", *Le Monde*, n°23729.

Merlin, P. (2015). « Grenelle de l´environnement », In : P. Merlin et F. Choay (dir), *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, Paris : Puf.

Meyer, T. (2015). « Remunicipaliser l'électricité : le modèle allemand », *Revue Projet*, 344, pp.64-70.

MINES Saint-Étienne (2019). *Transition énergétiques : vents défavorables pour l'éolien allemand.* En ligne [consulté le 15 août 2021] : C'est la crise de l'éolien en Allemagne | Panoramines (mines-stetienne.fr)

Ministère de la Transition écologique (2020). *Chiffres clés des énergies renouvelables. Édition 2020.*

Ministère de la Transition écologique (2027). *Plan climat. 1 planète, 1 plan.*

Ministère de la Transition écologique (2021). *Programmation pluriannuelles de l´énergie (PPE).* En ligne [consulté le 23 juin 2021] : Programmations pluriannuelles de l'énergie (PPE) | Ministère de la Transition écologique (ecologie.gouv.fr)

Ministre fédéral de l´Économie et de l´énergie (2018). *Énergies vertes pour l´avenir*. En ligne [consulté le 6 juillet 2021] : https://www.bmwi.de/Redaktion/FR/Dossier/energies-vertes-pour-l-avenir.html

Mouly, A. (2019). *Les nouveaux paysages de l'énergie solaire*, [mémoire de master, Institut d´Urbanisme et d'Aménagement Régional Aix-en-Provence].

Mouratoglou, D & Elfassi, P. (2020). « Développement d'un projet d'agrivoltaïsme : cadre juridique et points d'attention », *Actu Environnement*. En ligne [consulté le 30 août 2021] : Développement d'un projet d'agrivoltaïsme : cadre juridique et points d'attention (actu-environnement.com)

Mouterde, P. (2021). « En Europe, la croissance des énergies renouvelables reste insuffisante pour atteindre les objectifs de 2030 », *Le Monde*. En ligne [consulté le 23 juin 2021] : https://www.lemonde.fr/energies/article/2021/02/25/en-europe-la-croissance-des-energies-renouvelables-reste-insuffisante-pour-atteindre-les-objectifs-de-2030_6071157_1653054.html

Möller, U. (2020). « Agrophotovolitaik genial für Freiflächen », *Erneuerbare Energien.* En ligne [consulté le 25 mai 2021] : Agrophotovoltaik genial für Freiflächen - ERNEUERBARE ENERGIEN

Novarina, G. & Seigneuret, N. (2018). « Stratégie territoriales de transition énergétique : vers de nouveaux systèmes de coordination des acteurs et de valorisation des ressources locales », *Riurba*, n°5.

Odilon, M. (2021). « Pour économiser de l'espace et préserver l'eau, l'Inde installe des panneaux solaires sur les canaux d'irrigation », *Neozone.* En ligne [consulté le 30 août 2021] : Pour économiser de l'espace et préserver l'eau, l'Inde installe des panneaux solaires sur les canaux d'irrigation - NeozOne

Patrigeon, C. (2021). « Photovoltaïque : une nouvelle super-centrale au sol et des investissements concrétisés », *Batiactu*. En ligne [consulté le 27 juillet 2021] : https://www.batiactu.com/edito/photovoltaique-nouvelle-super-centrale-au-sol-et-investissements-61782.php

Planète énergies (2016). Les énergies fossiles. En ligne [consulté le 28 mai 2021] : https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/les-energies-fossiles

PNUE (2012). *GEO5 L´avenir de l´environnement mondial. Résumé à l´intention des décideurs*.

Rüdinger, A. (2019). « Énergie citoyenne : où en sont la France et l´Allemagne ? », Heirich Böll Stiftung Paris. En ligne [consulté le 28 juillet 2021] : Énergie citoyenne : où en sont la France et l'Allemagne ? | Heinrich Böll Stiftung | Bureau Paris - France (boell.org)

Ruppert, V. (2015) « Association « Landesnetzwerk BürgerEnergie-Genossenschaften Rheinland-Pfalz » », *In :* TRION-climate Réseau énergie-climat de la Région Métropolitaine Trinationale du Rhin supérieur (dir), *L´acceptabilité des énergies renouvelables : les acteurs locaux organisent la transition énergétique*, pp.26-27.

Sebi, C. & Vernay, A.-L. (2019). « Communautés énergétiques : quand les citoyens bousculent le marché de l´électricité », *The Conversation*.

Spaes, J. (2021). "Une étude du gouvernement allemand évalue le potentiel du solaire flottant sur les lacs des anciennes mines", *PV Magazine*. En ligne [consulté le 30 août] : Une étude du gouvernement allemand évalue le potentiel du solaire flottant sur les lacs des anciennes mines – pv magazine France (pv-magazine.fr)

Stone, C.-N. (1993). « Urban regime and the capacity to govern : a political economy approach », *Journal of Urban Affairs*, vol.15, n°2, pp.195-212.

United Nations Climate Change (2018). Qu´est-ce que l´Accord de Paris ?. En ligne [consulté le 18 juin 2021] : https://unfccc.int/fr/process-and-meetings/l-accord-de-paris/qu-est-ce-que-l-accord-de-paris

Vidalenc, E. (2018). « Le paysage, réceptacle ou levier de la transition énergétique ? », *Alternatives Economiques.* En ligne [consulté le 14 août 2021] *:* Le paysage, réceptacle ou levier de la transition énergétique ? | Perspectives sur la transition énergétique... parfois numérique | Eric Vidalenc | Les blogs d'Alternatives Économiques (alternatives-economiques.fr)

Wallenborn, G *et al.* (2011). *Politiques d'atténuation du changement climatique et justice sociale en Belgique*, Fondation Roi Baudoin.

Weiss, G. (2015). « Sauver le climat, mais pas chez soi ? Les conflits autour des installations de production d'énergie renouvelable en Allemagne », *Revue Géographique de l'Est*, vol. 55 / n°1-2.

TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Les sources de la production française d´électricité

Figure 2 : Cadre d´action en matière de politique énergétique et climatique européenne – Objectifs chiffrés

Figure 3 : Part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie par filière et objectif 2020 (en %)

Figure 4: Agencement des principaux textes législatifs en matière d´énergie et d´émissions polluantes

Figure 5 : Agencement des principaux documents d´urbanisme prenant en compte les politiques de développement durable et de l´énergie.

Figure 6 : Capacité de production mondiale des énergies renouvelables en 2020.

Figure 7 : L´énergie photovoltaïque dans les mix électriques français et allemands en 2020

Figure 8 : Irradiation horizontale moyenne de l´Europe (2004-2010)

Figure 9 : Schéma explicatif d´un système photovoltaïque

Figure 10 : Schéma explicatif d´une centrale photovoltaïque

Figure 11 : Pondération des critères de notation des dossiers de candidature aux appels d´Offre « Centrale au sol »

Figure 12 : Classification des contraintes rédhibitoires et handicapantes pour l'implantation de centrales photovoltaïques au sol

Figure 13 : Schéma récapitulatif des démarches réglementaires et administratives nécessaires à l'instruction d'un permis de construire pour une centrale solaire au sol.

Figure 14: Illustration de l´activité meulière et d´un moulin hydraulique au Moyen-Age.

Figure 15: Maximilien Luce (1899), *Grande Ville Industrielle*

Figure 16: Centrale nucléaire de Cruas, France (*Usbek&Rica*, 2019)

Figure 17: Maillage territorial des lignes hautes tension

Figure 18: Rassemblements citoyens en faveur de l'énergie citoyenne en France et en Allemagne

Figure 19: Elevage ovin placé sur une ferme photovoltaïque au sol

Figure 20: Installation de persiennes photovoltaïques mobiles au-dessus d'une exploitation maraichère

Figure 21: Puissance de production au cours de la journée [kW/kWc] par rapport au contrats horaires du prix de l'électricité [EPEX Spot du 26 mai 2017]

Figure 22: Centrale agrivoltaïque de modules horizontaux bifaciaux orientés est-ouest

Figure 23: Centrale flottante de Piolenc, France

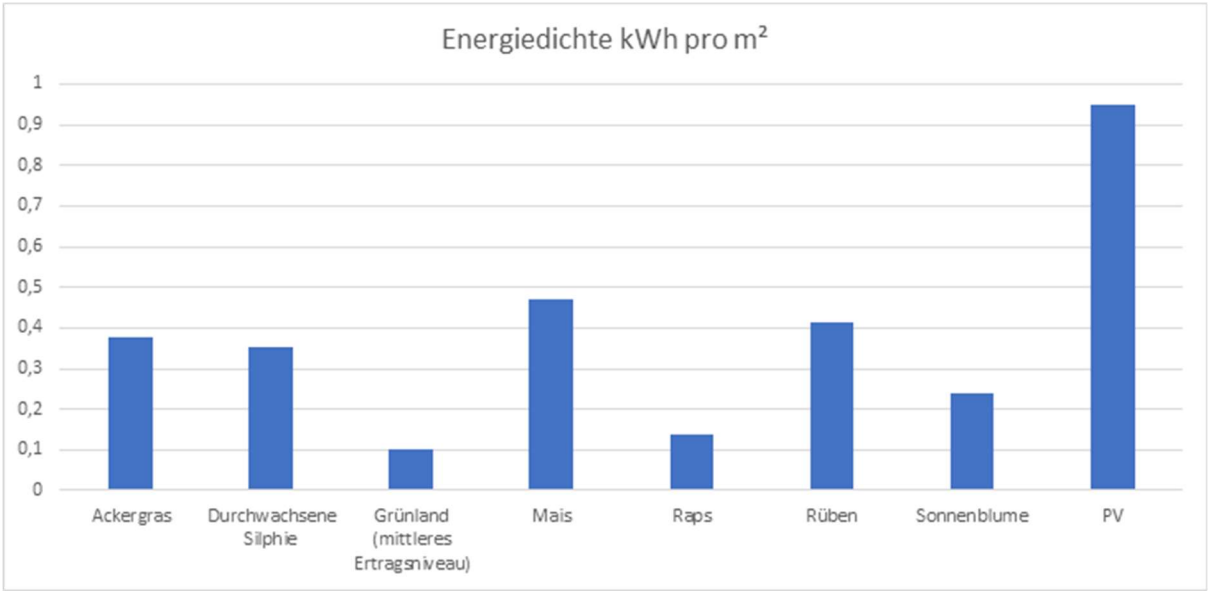
Figure 24: Mesure du canal de la Vallée des Beaux

ANNEXES

Annexe 1 : Photographie de la mairie de Fribourg-en-Brisgau (Campion-Hirsch, 2021)



Annexe 1 : Comparaison du nombre de kilowattheure produit par mètre carré entre le photovoltaïque et les différents substrats du biogaz.



Annexe 3 : Certificat d´éligibilité du Terrain d´implantation pour l´installation de centrales au sol. Document obligatoire pour répondre à un appel d´offre de la CRE

Annexe 6 : Modèle de certificat d'éligibilité du Terrain d'implantation

Certificat d'éligibilité du Terrain d'implantation

Appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales au sol ».

Certificat portant sur le projet *[nom du projet]* _____ situé *[localisation du projet]* _____ dont le plan de situation conforme au paragraphe 2.6 du cahier des charges est joint.

Pour la période _____ *[n° de période au sens du 1.2.2]*

Éligibilité

L'installation répond aux conditions d'implantation du paragraphe 2.6 du cahier des charges :

[COCHER LA (ou les) CASE(s) CORRESPONDANTE(s)]

☐ **au titre du cas 1 - Zone urbanisée ou à urbaniser**

Préciser la nature de la zone : _____ Référence du justificatif : _____

☐ **au titre du cas 2 - Compatibilité zone naturelle, zone humide et défrichement**

a) Mention du terrain et référence du document d'urbanisme en vigueur :

_____

et b) ☐ Le terrain n'est pas situé en zone humide

et c) ☐ Le terrain n'est pas soumis à autorisation de défrichement **et** n'a pas fait l'objet d'une autorisation de défrichement au cours des cinq années précédant la date limite de dépôt des offres

ou ☐ Le terrain appartient à une collectivité locale **et** répond à l'un des cas listés à l'article L 342-1 du code forestier. Cas et référence : _____

☐ **au titre du cas 3 - Site dégradé** (*nota : le projet se verra attribuer la note NE maximale*)

Préciser la nature du site : _____ Référence du justificatif : _____

Nota : si le projet ne répond à aucun des trois cas, l'offre se verra éliminée selon les dispositions du 3.2.3

Il est rappelé que l'obtention du présent certificat est sans lien avec les procédures d'urbanisme qu'il appartient au Candidat de conduire.

Fait le,

à :

_____

Signature du Préfet ou du délégataire

63/73