

The Transition Institute 1.5

L'ambition d'une véritable transition

NOTE D'ÉCLAIRAGE

#1 - mai 2022

Accompagner les transitions en région SUD PACA : de la vision prospective à l'expérimentation locale solaire par l'entrée du paysage

Joris Masafont^{1,2,3}, Carlos Andrade⁴, Philippe Blanc³

¹ADEME, 49004 Angers, France

²Ecole Nationale Supérieure de Paysage (ENSP), Laboratoire de recherche en projet de paysage (LAREP) 13001 Marseille, France

³Mines Paris - PSL, Centre Observation, Impacts, Energie (O.I.E.), 06904 Sophia Antipolis, France

⁴Mines Paris - PSL, Centre de Mathématiques Appliquées (CMA), 06904 Sophia Antipolis, France

La récente contribution du groupe de travail WGIII au rapport du GIEC (IPPC-WGIII, 2022) rappelle que le secteur de la production d'énergie contribue largement à l'émission totale nette des gaz à effet de serre (GES), avec, en 2019, une part d'environ 34 % (20 GtCO₂-eq¹). Ce rapport précise, en outre, que le solaire présente le meilleur potentiel de réduction des GES à l'horizon 2030, légèrement devant l'éolien, la séquestration du carbone par l'agriculture ou encore la réduction de l'artificialisation des sols (IPPC-WGIII, 2022 - figure SPM.7, page 50). En France, en 2021, la puissance photovoltaïque installée était de 13,2 GWc² et selon la PPE (2020), d'ici 2028, elle sera portée à 35, voire 45 GWc, pour correspondre à 9 à 12 % de la consommation électrique finale. Selon l'étude prospective de RTE pour les futurs énergétiques 2050 (RTE, 2022), la puissance installée serait portée alors, selon les différents scénarios étudiés, à une valeur entre 70 et 208 GWc, pour respectivement 13 % à 36 % de la consommation électrique finale. Ces objectifs, ambitieux, pour la France se déclinent au niveau des régions. En particulier, la région SUD PACA, qui dispose d'un fort potentiel de ressources renouvelables, notamment solaires, a redéfini ses objectifs énergétiques dans le cadre de son SRADDET (2020) et cherche la neutralité carbone en 2050. Pour cela, elle prévoit une forte croissance du photovoltaïque de 1,6 GWc en 2021 à 46,8 GWc en 2050, dont 34 GWc en toiture, ainsi qu'une réduction de la consommation énergétique.

La réalisation de ces objectifs soulève plusieurs questions. Par exemple : où développer les installations de captation des ressources solaires ? A côté des territoires qui présentent une forte consommation énergétique, ou dans ceux à fort potentiel ? Quel est le mix énergétique qui doit accompagner le développement des énergies renouvelables ? Quel

1. Le GtCO₂-eq (gigatonne de CO₂ équivalent) désigne la quantité de dioxyde de carbone, exprimée ici en gigatonne qui provoquerait le même forçage radiatif cumulé sur une période donnée

2. Le GWc (gigawatt crête) désigne la puissance instantanée en GW (gigawatt) d'une certaine surface de modules photovoltaïques lorsque ces derniers sont à 25° de température et éclairés, en incidence normale, par un éclairement solaire de 1000 W/m².

rythme de déploiement des technologies ? Pour répondre à ces questions, l'application d'une approche prospective à l'aide d'outils de modélisation s'avère déterminante. En effet, ceux-ci permettent d'explorer l'évolution du système énergétique à long terme à travers différents scénarios d'évolution possible, suivant des contraintes imposées, exprimant les conditions que l'on cherche à respecter ou à éviter. La modélisation prospective permet ainsi de définir des choix et de déterminer des politiques visant à orienter les systèmes énergétiques vers la trajectoire souhaitée. Ainsi, la prospective n'est pas une approche qui cherche à prédire ou prévoir le futur, mais plutôt à envisager les avènements possibles afin de les construire. Comme l'a défini Berger (1960), la prospective est une « réflexion sur l'avenir, qui s'applique à en décrire les structures les plus générales et qui voudrait dégager les éléments d'une méthode applicable à notre monde en accélération [...] Prendre l'attitude prospective, c'est se préparer à faire ».

Dans ce contexte et afin d'explorer les possibles sentiers de décarbonation et de transition vers une économie circulaire du système énergétique de la région SUD PACA, Andrade (2021) a construit un modèle de prospective : le modèle TIMES³ SUD PACA. Ce modèle intègre en détail les caractéristiques technico-économiques du système énergétique régional, ainsi que les potentiels de ressources énergétiques et les différentes technologies pouvant être développées sur le territoire. À travers l'analyse de différents scénarios, Andrade (2021) mentionne que les efforts à fournir par la région afin d'atteindre les objectifs de décarbonation sont très élevés : la région doit impérativement allouer et gérer ses ressources de manière optimale, réfléchie et pertinente, selon les différents secteurs et zones géographiques de consommation. Les ressources solaires sont clés

3. TIMES : The Integrated MarkAl-EFOM System (MarkAl : « Market Allocation », EFOM : « Energy Flow Optimisation Model ») a développé dans le cadre du « Energy Technology Systems Analysis Program » (ETSAP) de l'Agence Internationale de l'Energie (AIE). Il s'agit d'un outil de prospective bottom-up, reposant sur un équilibre partiel et suivant un paradigme d'optimisation linéaire.

dans la décarbonation régionale, mais leur exploitation devrait être accompagnée par un déploiement des filières hydrogène et batterie. En outre, l'application d'une économie circulaire permettrait une décarbonation plus profonde du système énergétique à travers la récupération de ressources qui autrement auraient été jetées et par le passage vers des comportements plus sobres en matière de consommation énergétique (cf. Figure 1). Pour atteindre ces objectifs, la région doit favoriser une solidarité entre territoires qui permettrait une exploitation plus efficace de ses ressources énergétiques locales. Enfin, l'échelle des collectivités territoriales est déterminante pour atteindre les objectifs de décarbonation nationaux et internationaux.

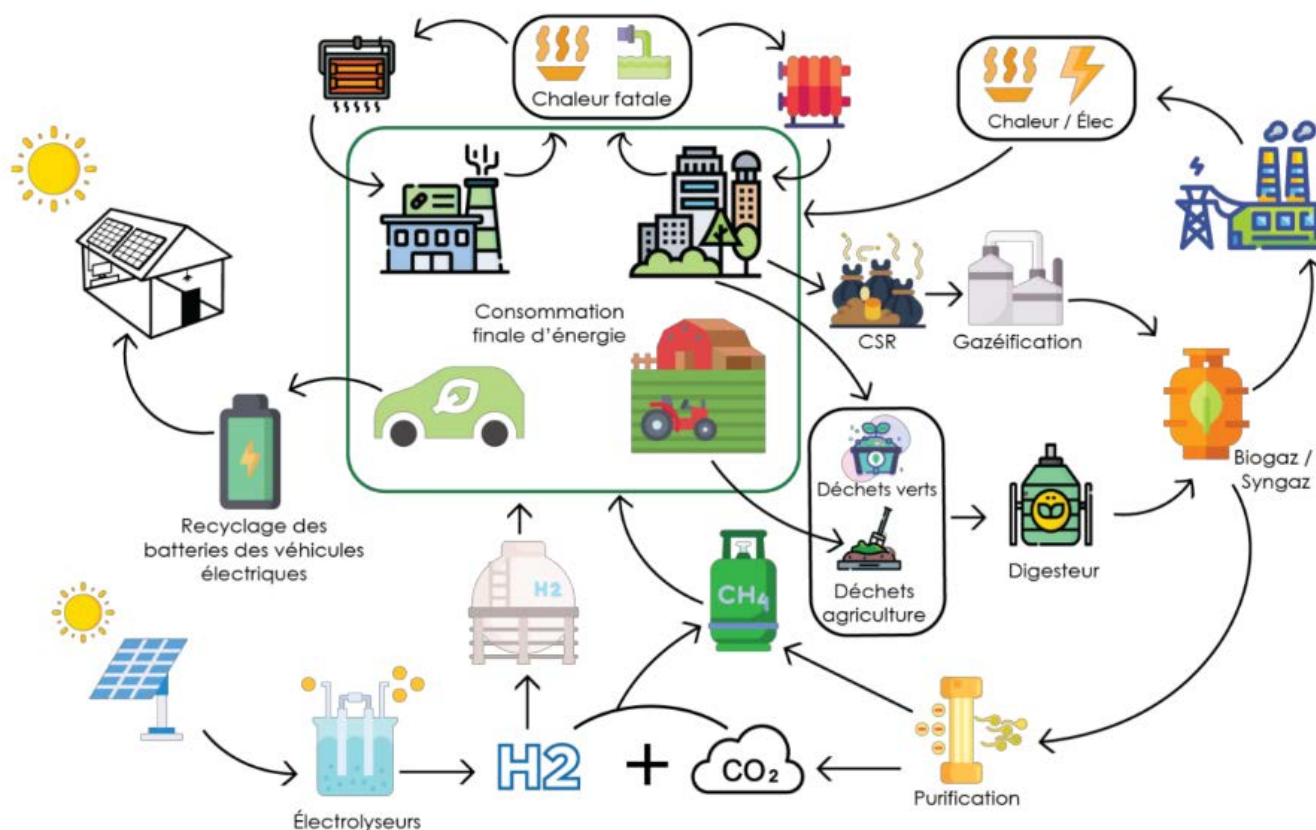


Figure 1 : Vision d'un système énergétique circulaire pour la région SUD PACA (Andrade, 2021).

Pour aller au-delà de « se préparer à faire » et définir et agir pour la décarbonation et le développement durable de la région, notamment en s'appuyant sur ses ressources solaires abondantes, l'étape suivante de l'ingénierie doit affiner la caractérisation des situations territoriales. Cela consiste notamment à s'appuyer sur la cartographie de la ressource solaire et de la croiser avec d'autres informations ou enjeux géographiques tels que les pentes locales du terrain, le bâti, les routes, les distances au réseau électrique, les zones d'enjeux de biodiversité (zones humides, Natura 2000, forêts, etc.) et les enjeux humains relatifs notamment à l'agriculture, au patrimoine, au tourisme ou encore au paysage. Ce type d'approche par système d'information géographique (SIG) en région SUD PACA peut notamment s'appuyer sur l'atlas⁴ du gisement solaire en région SUD PACA à 200 m de résolution (Blanc et al., 2011) (cf. Figure 2). En outre, pour accompagner le développement du photovoltaïque sur toiture, en zone urbaine, des cartographies solaires de résolution métrique — ou cadastres solaires — ont été développées (Callegari et al., 2017) et ensuite étendues pour rendre compte de la variabilité temporelle du rayonnement solaire à des fins de caractérisation fine du potentiel d'autoconsommation du photovoltaïque sur toitures et ombrières de parking (Blanc et Ménard, 2021). In fine, ces savoir-faire et les outils de l'ingénierie permettent de détecter, par la caractérisation, les relations qui tissent les situations territoriales de façon à déployer efficacement notre puissance d'agir (génie civil/génie humain), au regard de la complexité des milieux de vie humain et non-humain préexistants.

Il existe une réelle difficulté à décliner les ambitions formulées par les politiques nationales, régionales et locales afin de mettre en œuvre la transformation énergétique. Ceci confirme la remise en question des approches uniquement descendantes - planificatrices ou technologiques, de plus en plus contestées par la population (Labussiere et Nadaï, 2018).

4. www.atlas-solaire.fr

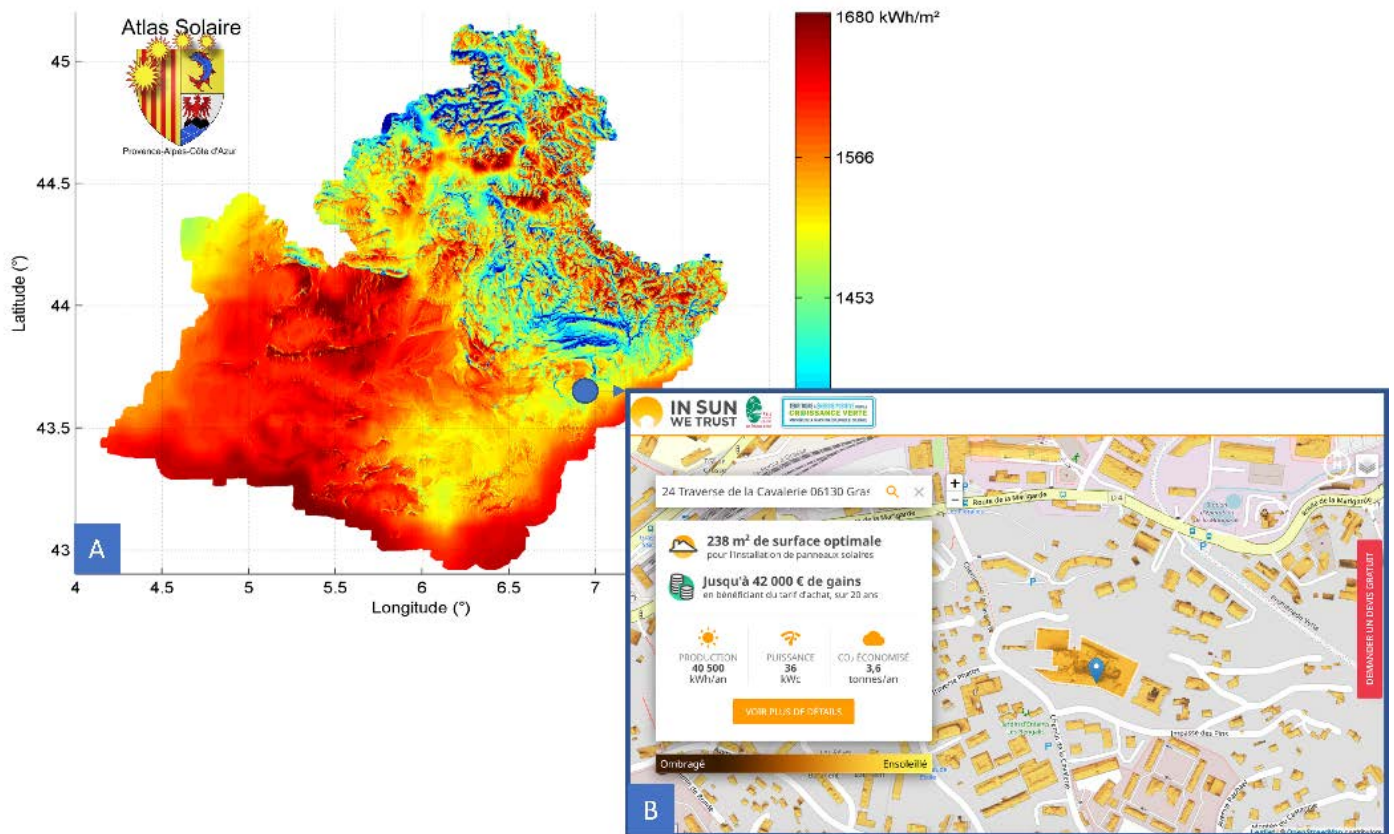


Figure 2 : A. Carte de la moyenne multi-annuelle de l'irradiation annuelle globale sur plan horizontal issue de l'atlas du gisement solaire de la région SUD PACA (Blanc et al. 2011). B. Exemple du cadastre solaire du Parc Naturel Régional des Pré-Alpes d'Azur sur un quartier de Grasse (06) issu de (Callegari et al., 2017).

La question consiste donc à réconcilier avec l'expression d'un enjeu double : notre capacité à faire atterrir les logiques d'ingénierie centralisée et de réussir à faire émerger des expérimentations portées localement tenant compte de la complexité des situations territoriales. Les résultats issus des scénarios prospectifs, des méthodes et modèles de l'ingénierie de planification de la captation des ressources, comme celle du solaire, constituent de véritables leviers d'actions écologiques en donnant à voir des potentiels de transition. Néanmoins, sans collectifs humains locaux capables de se saisir de ces données et solutions produites par l'ingénierie pour opérer une planification composant avec l'enchevêtrement spatiale et temporelle des situations paysagères héritées, ces dernières restent limitées et même hors-sol. Dans certains cas, ces solutions peuvent même conduire à justifier des pressions qui conduisent certains territoires à subir des transformations énergétiques

via des projets opportunistes, dont les territoires et les sites sur lesquels ils atterrissent ne tirent aucune plus-value.

Ces questions sont soulevées par la thèse en cours de Joris Masafont, cofinancée par l'ADEME et la Caisse des Dépôts, en codirection entre l'Ecole Nationale Supérieure de Paysage de Versailles-Marseille et MINES Paris - PSL, et s'appuyant sur le domaine de recherche « Landscapes of Energies » (Nadaï et van der Host, 2010). Sa problématique se décline comme suit : En quoi le prisme du paysage pourrait permettre de dépasser l'atterrissage forcé sur une emprise au sol résultant d'un processus d'abstraction d'ingénierie et conduisant à négliger l'épaisseur des situations paysagères ? En quoi les installations solaires pourraient entretenir, réparer, enrichir, dynamiser un paysage en s'insérant dans le tissage de relations signifiantes qu'il déploie ? En quoi, l'insertion de ces installations pourrait réactiver notre attention sur le partage des énergies et la mutualisation des ressources comme l'eau ?

Par l'expérimentation locale sur trois territoires en contexte méditerranéen, caractérisés, entre autres, par une abondante ressource solaire, la thèse vise à faciliter l'émergence de potentiels de transition. Fondée sur une approche visant à articuler les dimensions théorique, pratique et didactique, par le prisme du paysage et de l'énergie, ces potentiels sont portés dans une démarche collective, afin de répondre à la fois aux spécificités des situations territoriales et aux objectifs nationaux et mondiaux de nos transitions. Ces expérimentations locales ont fait l'objet de quatre ateliers pédagogiques annuels, appelés MIG⁵, de trois semaines, dans le cadre de la première année du cycle d'ingénieurs civils de MINES Paris - PSL, en partenariat avec la chaire Energie et Paysage⁶ de l'ENSP (MIG SOLAIRE, 2018; 2019; 2020; 2021) (cf. Figure 3). Ces ateliers ont organisé la rencontre et le travail en commun entre les élèves-

5. MIG (métiers de l'ingénieur généraliste) : <https://mig.minesparis.psl.eu/> (lien accédé le 5 avril 2022).

6. http://www.ecole-paysage.fr/site/chaire-entreprises-paysage-energie_fr (lien accédé le 5 avril 2022).

ingénieur.e.s de MINES Paris – PSL avec des élèves-paysagistes ou de jeunes paysagistes récemment diplômés. Chacun de ces ateliers ont pleinement démontré le caractère fécond et enthousiasmant du rapprochement de l'énergie et du paysage, la réelle synergie des savoir-faire des paysagistes et des ingénieurs. Cette synergie permet notamment de concevoir des attitudes de projet dont les critères d'efficacité intègrent en outre le respect des sols, la diversité du vivant, au regard des situations paysagères. Les dynamiques induites dans les projets de transition écologique et énergétique de ces expérimentations locales ont permis de concevoir, dans la diversité des échelles d'actions, des stratégies d'adaptations pour faire face aux bouleversements climatiques, dans un souci de solidarités territoriales, ainsi que de mutualisation des ressources locales.



Figure 3 : Frise chronologique des quatre ateliers pédagogiques "MIG SOLAIRE" (2018-2021) faisant se rencontrer des élèves-ingénieurs en première année du cycle d'ingénieur civil de MINES Paris – PSL avec des élèves et des jeunes diplômés paysagistes via la chaire "Energie et Paysage" de l'ENSP.

Ainsi, trois activités de recherche, prospective, caractérisation de la ressource solaire et expérimentations locales d'approches hybridant les démarches d'ingénierie et paysagère, peuvent s'articuler pour la conception de nos transitions, de l'échelle régionale à l'horizon 2050 à la déclinaison locale et actuelle. En outre, la pensée par le paysage peut induire chez nos élèves-ingénieur.e.s « une pensée écologique, c'est-à-dire une pensée consciente des relations étroites qui gouvernent les agissements humains dans un monde fini » appelée de leurs vœux par Travadel et Guarnieri (2021).

Références :

- Andrade, C., 2021. Prospective Energétique PACA : quelles transformations futures du territoire pour assurer une transition énergétique et d'économie circulaire ? Optimisation et contrôle. Université Paris Sciences et Lettres (PSL), MINES ParisTech, 256 pages, <tel-03608657>.
- Berger, G., 1960. "Méthode et résultats ", Revue prospective n°6, novembre 1960, Presses Universitaires de France.
- Blanc, P., B. Espinar, B. Gschwind, L. Ménard, C. Thomas, 2011. High spatial resolution solar atlas in Provence-Alpes-Cote d'Azur. ISES Solar World Congress 2011, Aug 2011, Kassel, Germany, #34552, <hal-00630734>.
- Blanc, P., L. Ménard, 2021. Au-delà des cadastres solaires pour le développement du photovoltaïque urbain. www.construction21.org. <hal-03472045>.
- Callegari D., N. Bodereau, M. Bourgeon, A. Ebel, E. Dion, M. Force, E. Séguin, E. Wey, L. Saboret, B. Gschwind, P. Blanc, 2017. Solar cadaster of Nantes metropole based on high resolution solar mapping at urban scale from 10 cm digital surface model for rooftop PV development. ICEM 2017, June 2017, Bari, Italy, <hal-01695387>.
- IPCC, 2022. Working Group III contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Summary for Policymakers, 64 pages (lien accédé le 5 avril 2022).
- Labussiere, O., A. Nadaï, 2019. Energy transitions : A Socio-Technical Inquiry. Palgrave, 2018, Energy, Climate and the Environment series, 370 pages, ISBN: 978-3-319-77024-6.
- MIG SOLAIRE, 2018. Reconversion de la centrale thermique élec-

trique d'EDF à Aramon. MINES Paris – PSL, 56 pages (lien accédé le 5 avril 2022).

- MIG SOLAIRE, 2019. Etude de la logistique urbaine du dernier kilomètre par des triporteurs électriques solaires. MINES Paris – PSL, 44 pages (lien accédé le 5 avril 2022).

- MIG SOLAIRE, 2020. Communes de Séranon et Valderoure : mettre en synergie les ressources locales pour enclencher une transition énergétique et écologique porteuse d'un projet de territoire ? MINES Paris – PSL, 37 pages (lien accédé le 5 avril 2022).

- MIG SOLAIRE, 2021. Domaine du Rayol : capter les énergies du jardin des méditerranées pour amorcer et mettre en paysage sa transition énergétique et écologique. MINES Paris – PSL, 54 pages (lien accédé le 5 avril 2022).

- Nadaï, A., D. van der Host, 2010. Introduction: Landscapes of Energies. Introduction: Landscapes of Energies, Landscape Research, 35:2, 143-155, DOI: 10.1080/01426390903557543.

- Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), Stratégie pour l'énergie et le climat, 400 pages, 2020 (lien accédé le 5 avril 2022).

- RTE, 2022. Futurs énergétiques 2050, 16 février 2022, (lien accédé le 5 avril 2022).

- Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (SRADDET) de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, 368 pages, 2020 (lien accédé le 5 avril 2022).

- Travadel, S., F. Guarnieri, 2021. Petite philosophie de l'ingénieur. Presses Universitaires de France / Humensis, 62 pages, ISBN : 978-2-13-082761-0.



PSL 



CONTACT

 the-transition-institute.minesparis.psl.eu

 tti.5@minesparis.psl.eu