

Projet de Fin d'Études (PFE) 2023-2024

**Scénarisation énergétique prospective : Élaboration d'un outil
de calcul pour évaluer l'atteinte des objectifs de la
Communauté de Communes du Pays du Coquelicot**



Année universitaire 2023-2024

Sous la direction de Sébastien LARRIBE

Léo RIMBAUT

AVERTISSEMENT

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non-plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'Aménagement et de l'Environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Dynamiques et Actions Territoriales et Environnementales de l'UMR 7324 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

REMERCIEMENTS

Je tiens à exprimer ma sincère gratitude envers plusieurs personnes qui ont grandement contribué à la réalisation de ce travail. Tout d'abord, je souhaite remercier chaleureusement mon tuteur en entreprise, Jean-Louis Denis, pour son soutien constant et ses conseils précieux tout au long du projet. Sa guidance a été essentielle pour mener à bien cette mission.

Je souhaite également adresser mes remerciements à Delphine Roger, responsable du pilotage du schéma directeur des énergies du Pays du Coquelicot, qui m'a généreusement offert l'opportunité de participer à cette démarche importante. J'apprécie énormément son engagement et sa disponibilité.

Un grand merci à la communauté de communes du Pays du Coquelicot pour avoir accepté de m'inclure dans cette démarche, ainsi que pour partager les documents liés au schéma directeur.

Enfin, mes remerciements vont à Sébastien Larribe, mon tuteur académique, pour son assistance précieuse et sa disponibilité constante. Sa contribution a grandement enrichi mon expérience et a été déterminante dans la réussite de ce projet.

SOMMAIRE

Table des matières

Liste des abréviations :	7
Introduction :	8
1. Énergies renouvelables en France : Planification énergétique face à l'urgence climatique, entre ambitions et obstacles historiques	9
1.1 Panorama des lois et objectifs fixés pour la production d'énergies renouvelables : Le retard de la France dans leur mise en œuvre	9
1.2 Les difficultés historiques et actuelles que la France rencontre dans le développement des énergies renouvelables :	12
1.3 Genèse et promulgation de la loi d'accélération de la production des énergies renouvelables : Une vue d'ensemble sur ses ambitions	14
1.4 Un manque encore trop présent de cohérence et de récit national clair en matière de planification énergétique en France	16
2. Présentation de l'outil de simulation et aide à la scénarisation pour la planification énergétique	18
2.1 Exploration des atouts et des potentiels : Les avantages et les principales capacités de l'outil.....	18
2.2 Structuration et paramètres essentiels : L'architecture de l'outil et détails sur les inputs principaux.....	18
2.3 Démonstration pratique d'une simulation à travers l'analyse des calculs pour l'énergie photovoltaïque	22
3. Présentation du contexte territorial et scénarios pour une transition énergétique durable ...	26
3.1 Transition Énergétique Régionale : Contexte et Enjeux	26
3.2 Etat des lieux énergétiques du territoire de la Communauté de Communes du Pays du Coquelicot	27
3.3 Exploration de différents scénarios en vue de l'atteinte des objectifs	34
4. Conclusion.....	36
5. Bibliographie :	37
6. Annexes :	38

Liste des abréviations :

SDE : Schéma directeur des énergies

CCPC : Communauté de communes du Pays du Coquelicot

Loi APER : loi sur l'accélération de la production des énergies renouvelables

EnR : Energies renouvelables

TECV : Loi de transition énergétique pour la croissance verte

NOTRe : Loi portant sur la nouvelle organisation territoriale de la République

SER : Syndicat des Energies Renouvelables

CRE : Commission de régulation de l'énergie

PPE : Programmation pluriannuelle de l'énergie

SNBC : Stratégie Nationale Bas-Carbone

SFEC : Stratégie française pour l'énergie et le climat

ADEME : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

PACET : Plan climat-air-énergie territorial

SRADDET : Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires

NIMBY : Not In My BackYard

FNCCR : Fédération nationale des collectivités concédantes et régies

RED : Renewable Energy Directive ou Directive sur les énergies renouvelables

RTE : Réseau de transport d'électricité (gestionnaire de réseau de transport français responsable du réseau public de transport d'électricité)

EPCI : Établissement public de coopération intercommunale

VBA : Visual Basic for Applications (Langage de programmation utilisé par Excel)

Introduction :

Le 17 août 2015, la loi n° 2015-992 relative à la transition énergétique pour la croissance verte (TECV) fut votée, fixant ainsi plusieurs objectifs ambitieux pour la transition énergétique en France. L'objectif spécifique de la loi, visant à atteindre 23 % d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie d'ici 2020, est clairement défini et découle également de la directive européenne 2009/28/CE sur la promotion de l'utilisation de l'énergie produite à partir de sources renouvelables pour réduire les émissions de carbone. Les objectifs sont depuis épisodiquement revus à la hausse, et en mars 2023, la Commission Européenne a révisé les accords antérieurs en fixant la part d'énergies renouvelables à 42,5 % d'ici 2030 via la législation Fit-for-55 (destiné à réduire les émissions de gaz à effet de serre de 55% d'ici 2030). En 2020, malgré son deuxième rang en tant que producteur d'énergie renouvelable (EnR) après l'Allemagne, la France avait été le seul pays européen à ne pas atteindre ses objectifs.

Face à cette mobilisation croissante pour une transition énergétique rapide, la France promulgue la loi APER en mars 2023 (loi d'accélération de la production d'énergies renouvelables), afin de définir des zones d'accélération, faisant du développement des énergies renouvelables une priorité d'ordre nationale, en remettant par ailleurs les élus et collectivités au centre de l'action. Les syndicats d'énergie et les collectivités, conscients des enjeux, ont activement promu l'émergence de schémas directeurs des énergies (SDE) afin d'accompagner les communes dans la définition de leurs zones d'accélération. Dans ce contexte, la communauté de commune du Pays du Coquelicot (CCPC) s'est donnée pour objectif d'élaborer un Schéma Directeur des Énergies sur son territoire, afin d'aider ses communes à planifier de la manière la plus opérationnelle possible leur transition énergétique en identifiant les projets prioritaires sur leur territoire. En explorant les différents potentiels des Énergies Renouvelables (EnR) identifiés par ce SDE, nous élaborerons divers scénarios afin d'évaluer s'il est possible d'atteindre les nombreux objectifs liés aux nouvelles lois et schémas d'aménagement, en identifiant les trajectoires énergétiques à suivre pour leur concrétisation.

Pour alimenter les réflexions de ce SDE, nous proposons un outil sous forme de feuilles de calculs automatisés (sous Excel), pour simuler, en tenant compte des potentiels identifiés et de divers critères paramétrables par l'utilisateur, dans quelle mesure le territoire peut atteindre une gamme d'objectifs à différentes échelles et ce à partir de différentes sources de production d'EnR. Cet outil intègre également une dimension de simulation économique et de suivi des productions annuelles, rendant ainsi dynamiques dans le temps ces scénarisations et l'élaboration de différents scénarii d'interventions. De plus, sa conception a par ailleurs vocation à être transposable à tout type de territoire.

Dans un premier temps, nous retraçons brièvement l'historique des lois et des objectifs relatifs à la transition énergétique en France, en mettant en lumière les défis passés et actuels concernant l'atteinte de ceux-ci. Cette démarche vise à mieux appréhender l'émergence de schémas directeurs en énergie pour répondre aux enjeux liés à la récente loi APER. Dans une seconde partie, nous expliquerons la logique et la chaîne calculatoire qui sous-tendent la conception de l'outil à travers son architecture globale et ses possibilités, mais également ses limites en décrivant les hypothèses retenues et les inputs principaux à travers un exemple de simulation. Enfin, à l'aide de l'évaluation menée par le SDE de la CCPC, nous réaliserons un état des lieux énergétique du territoire, tout en identifiant les potentiels freins au développement des EnR ainsi que les caractéristiques majeures du paysage énergétique local. Nous concluons notre document par une présentation des différents scénarios énergétiques retenus et simulés à l'aide de l'outil, façonnant ainsi une feuille de route énergétique claire et adaptée aux besoins du territoire.

1. Énergies renouvelables en France : Planification énergétique face à l'urgence climatique, entre ambitions et obstacles historiques

1.1 Panorama des lois et objectifs fixés pour la production d'énergies renouvelables : Le retard de la France dans leur mise en œuvre

Avec 19,1 % seulement d'énergies vertes en 2020, la France « est le seul État européen à avoir raté l'objectif européen des 23 % à cette date », déplore l'ancienne ministre de la Transition énergétique, Agnès Pannier-Runacher en octobre 2020. Ce constat, d'autant plus préoccupant que la France accuse encore à l'heure actuelle un retard, s'inscrit dans un contexte plus global de la nécessité à accélérer le déploiement des énergies renouvelables, notamment à travers la stratégie adoptée par la Commission Européenne en mars 2007, connue sous le nom de « feuille de route des 3x20 », visant à atteindre trois objectifs majeurs pour l'Europe d'ici 2020, dont une part de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation énergétique globale. En fixant un objectif global de 20 % d'énergies renouvelables dans la consommation brute d'énergie à l'échelle européenne d'ici 2020, cela visait à stimuler la transition vers une économie à faible émission de carbone et à réduire la dépendance aux énergies fossiles.

Lors de la répartition des objectifs par pays, la directive européenne avait imposé à la France l'objectif ambitieux de produire 23 % de son énergie à partir de sources renouvelables d'ici 2020. Les mesures nécessaires à la réalisation de cet objectif ont été détaillées dans le Plan National d'Action en faveur des Énergies Renouvelables 2009-2020, conformément à l'article 4 de ladite directive.

Pour résumer, parmi les principaux points couverts par la directive figurent :

- Des objectifs nationaux : La directive a établi des objectifs individuels contraignants pour chaque État membre, reflétant la part qu'ils devaient contribuer à l'objectif global de 20 %. Ces objectifs nationaux tenaient compte des différences de potentiel en matière d'énergies renouvelables entre les États membres.
- Des mécanismes de soutien : La directive encourageait la mise en place de mécanismes de soutien, tels que des tarifs d'achat préférentiels, des primes et des incitations fiscales, pour stimuler le développement des énergies renouvelables.

Et de manière plus globale, elle encourageait également la coopération et le soutien entre les différents États membres afin d'atteindre collectivement les objectifs.

Ainsi, la directive 2009/28/CE a joué un rôle crucial en fixant un cadre juridique contraignant pour encourager la transition vers une production d'énergie plus durable au sein de l'Union européenne. Elle a depuis été révisée par la Directive (UE) 2018/2001, également connue sous le nom de RED II (Renewable Energy Directive II), pour renforcer davantage les objectifs en matière d'énergies renouvelables dans le contexte des objectifs climatiques plus ambitieux de l'UE à l'horizon 2030.

Il est à noter que la France avait accepté des objectifs d'implantation des ENR plus ambitieux que ceux de la plupart des autres pays, néanmoins la non-atteinte de ces objectifs révèle une dynamique en non-adéquation avec les ambitions nationales affichées par l'État en termes de

rapidité de déploiement des EnR sur son territoire. À l'époque, certains experts énergéticiens pointaient déjà du doigt l'inefficacité des politiques, soulignant un trop grand nombre d'obstacles réglementaires et dépeignant un État qui ne mettait pas encore en œuvre les moyens nécessaires pour concrétiser ses ambitions. Pour avoir un ordre d'idée, « Ce que la France n'a pas installé comme énergies vertes pour respecter le calendrier européen, c'est « 20 % de la consommation énergétique de l'industrie, ou encore six fois la centrale de Fessenheim » d'après Jean-Louis Bal (actuel Président d'honneur du Syndicat des Energies Renouvelables SER). Malgré l'engagement de la France envers des objectifs plus ambitieux que la plupart des autres pays, la directive européenne impose désormais un "transfert statistique". Ce mécanisme oblige la France à acheter les térawattheures d'électricité manquants à un pays ayant un excédent d'énergies renouvelables. Selon la Cour des comptes, les pénalités pour l'année 2020 s'élèvent à 960 millions d'euros, avec des achats de statistiques prévus pour les années à venir jusqu'à l'atteinte de l'objectif.

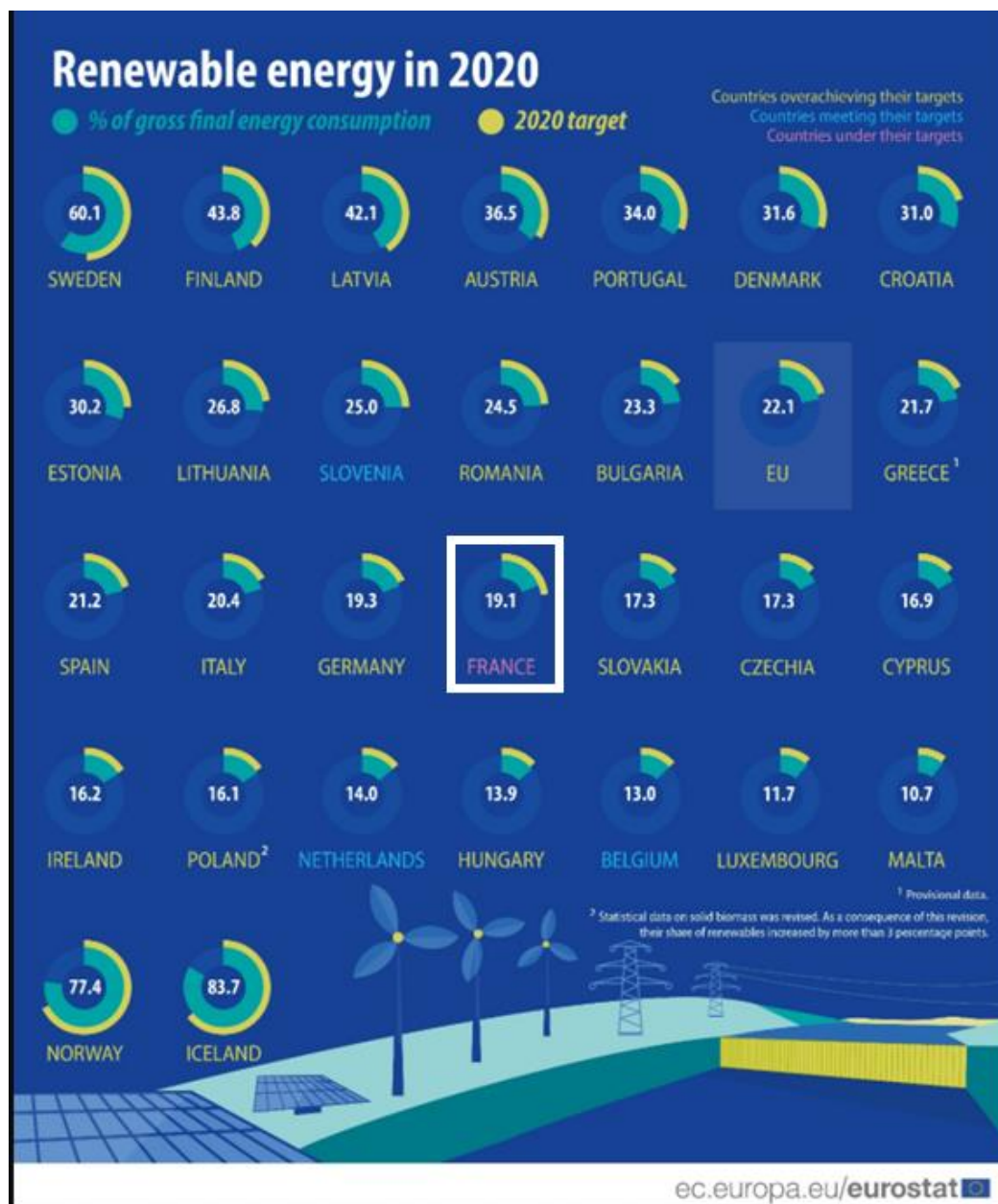


Figure 1: Objectifs concernant la part des EnR dans la consommation finale brute pour chaque Etat

Ces constats en matière de retard dans le développement des EnR est l'occasion de faire une rétrospective sur les dernières grandes lois et objectifs marquants que s'est fixé l'Etat en matière de transition énergétique en vue de la neutralité carbone depuis Le Grenelle Environnement annoncé le 18 mai 2007 par Alain Juppé, alors ministre de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables.

Pour donner un cadre national aux nombreux objectifs inhérents à la transition énergétique et plus globalement à une croissance plus verte, le 17 août 2017 est voté la loi n° 2015-992 (loi TECV 2015) relative à la transition énergétique pour la croissance verte. C'est notamment dans ce texte que l'Etat affirme son ambition de porter la part des énergies renouvelables à 23 % de la consommation finale brute d'énergie en 2020 et à 32 % de cette consommation en 2030.

Voici une liste non exhaustive des nombreux autres objectifs principaux que se fixe l'Etat à travers cette loi :

- Réduire les émissions de gaz à effet de serre de 40 % entre 1990 et 2030.
- Diminuer la consommation énergétique finale de 50 % d'ici 2050 par rapport à la référence de 2012.
- Réduire la consommation énergétique primaire issue d'énergies fossiles de 30 % d'ici 2030 par rapport à la référence de 2012.
- Porter la part du nucléaire dans la production d'électricité à 50 % d'ici 2025.
- Atteindre un niveau de performance énergétique conforme aux normes de "bâtiment basse consommation" pour l'ensemble du parc de logements d'ici 2050.
- Combattre la précarité énergétique.
- Affirmer le droit à l'accès de tous à l'énergie sans coût excessif par rapport aux ressources des ménages.
- Réduire de moitié la quantité de déchets envoyés en décharge d'ici 2025.

Cette loi a également introduit la "programmation pluriannuelle de l'énergie" (PPE) en tant que document de référence stratégique pour orienter la transition énergétique en France. La Programmation Pluriannuelle de l'énergie (PPE), établie selon les dispositions de l'article 176 de la loi de transition énergétique (TECV), offre une trajectoire définie pour le mix énergétique et énonce les priorités d'action pour la gestion de l'ensemble des formes d'énergie sur le territoire métropolitain continental. Son objectif est de réaliser les engagements nationaux définis par la loi (voir annexe). Elle porte sur une première période de 3 ans (2016-2019) puis une seconde période de 5 ans (2019-2023) et aurait dû faire l'objet d'une actualisation en 2023 qui n'a toujours pas été réalisée. Les suivantes seront établies sur deux périodes de 5 ans.

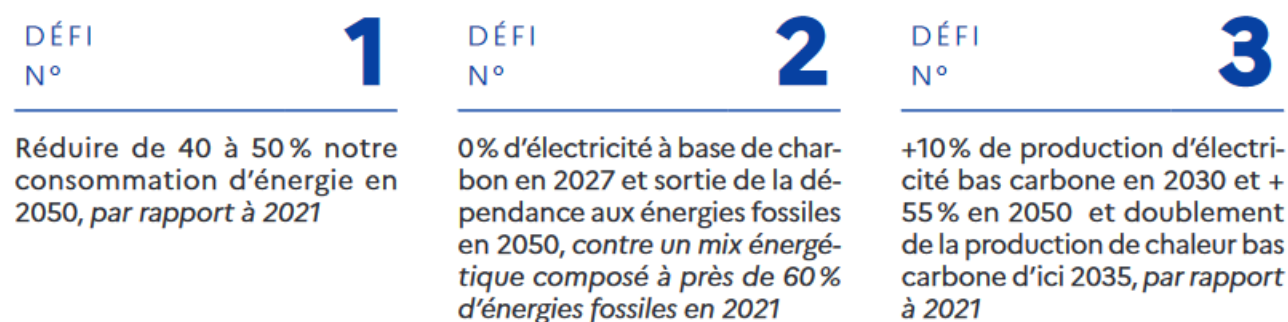


Figure 2 : Les trois défis majeurs de la PPE actuelle (source : <https://www.ecologie.gouv.fr/programmations-pluriannuelles-lenergie-ppe>)

De plus, au niveau local, la loi TECV a contribué à renforcer le rôle des collectivités qui ont un rôle clef dans la lutte contre le changement climatique à travers leurs politiques économiques et d'aménagement du territoire. Notamment à travers l'instauration des PCAET, dédiés à la lutte contre le changement climatique en intégrant des actions spécifiques en faveur des énergies renouvelables au niveau local.

L'année 2015 a également été marquée par la promulgation le 7 août 2015, de la loi NOTRE, loi portant sur la Nouvelle Organisation Territoriale de la République, qui confie de nouvelles compétences aux régions et redéfinit les compétences attribuées à chaque collectivité territoriale. C'est notamment de cette loi que les SRADDET font leur apparition. Pour rappel, ce sont des schémas régionaux d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires, ce sont des documents de planification qui, à l'échelle régionale, précisent la stratégie, les objectifs et les règles fixés par la région dans plusieurs domaines de l'aménagement du territoire.

En parallèle, en novembre 2015, la Stratégie Nationale Bas Carbone (SNBC) a été lancée pour définir la trajectoire de décarbonation de l'économie française, qui a depuis été révisée en 2018-2019, afin d'atteindre la neutralité carbone en 2050.

Globalement il y a depuis la dernière décennie une réelle prise de conscience et appropriation politique des enjeux environnementaux et énergétiques, en effet on pourrait également citer :

- Le Plan Climat de 2017, où le gouvernement d'Emmanuel Macron a présenté un nouveau Plan Climat, visant à accélérer la transition énergétique et à mettre en œuvre les engagements pris dans le cadre de l'Accord de Paris.
- Loi Climat et Résilience (2021) : La loi "Climat et Résilience", adoptée en 2021, a consolidé les engagements climatiques et énergétiques de la France en inscrivant dans la législation certaines des propositions de la Convention Citoyenne pour le Climat.

Néanmoins le constat est unanime, malgré la multiplication des schémas, plans ou autres stratégies de planification énergétique, le déploiement des énergies renouvelables est encore trop lent et en deçà des projections. Mais alors comment expliquer ce retard et cette divergence entre ces projections et objectifs et le déploiement réel des EnR sur le territoire ?

1.2 Les difficultés historiques et actuelles que la France rencontre dans le développement des énergies renouvelables :

Les difficultés historiques et actuelles que la France rencontre dans le développement des énergies renouvelables révèlent des obstacles variés, avec notamment des appels d'offres qui peinent à mobiliser l'enthousiasme nécessaire.

Sur le plan historique, plusieurs facteurs ont contribué à ralentir le déploiement des énergies renouvelables en France. L'usage massif du nucléaire civil, une spécificité française, a déjà largement réduit les émissions de carbone de la production d'électricité. Au cours des cinq dernières années, l'intensité carbone de la production d'électricité française était de 83 gCO₂eq/kWh, un score bien inférieur à celui d'autres grandes puissances européennes (voir annexe 7). L'opinion publique a également joué un rôle en émettant des préoccupations concernant l'intermittence des énergies renouvelables, en particulier l'esthétique des éoliennes, ce qui a alimenté l'opposition de certains partis politiques.

Un autre obstacle majeur dans le développement des énergies renouvelables réside dans la nécessité pour les citoyens français d'accepter la production d'énergie à proximité de leur lieu de vie.

Pour preuve, chaque année, l'ADEME réalise une vaste enquête d'opinion pour évaluer le rapport de la population aux énergies renouvelables. Les résultats révèlent un fort soutien global, avec 94 % des Français en faveur du développement des EnR. Les participants estiment que, d'ici 20 ans, 73 % des habitats et bureaux seront principalement alimentés par des énergies renouvelables. L'énergie solaire est plébiscitée comme la moins chère, la moins polluante, et celle préservant au mieux l'environnement.

Cependant, malgré cette adhésion générale, des réserves apparaissent lorsqu'il s'agit de projets concrets proches de chez soi. Le syndrome NIMBY (« Not In My BackYard », qui signifie littéralement « pas dans mon arrière-cour » ou « pas dans mon jardin ») se manifeste, avec 47 % des répondants pensant que les EnR peuvent engendrer des nuisances visuelles, auditives et/ou écologiques. Environ 30 % s'opposent à l'installation d'éoliennes à moins d'un kilomètre de leur domicile, citant le bruit, les altérations du paysage et les dangers pour la faune. De même, 36 % désapprouvent une installation de méthanisation à proximité, évoquant les odeurs, les risques biologiques, les dangers potentiels d'explosion, le trafic généré, ainsi que les nuisances sonores et visuelles (source : ADEME, Enquête Environnement vague 3). Ces résultats soulignent l'ambivalence chez les Français, favorables aux énergies renouvelables de manière générale, mais réticents à les voir se concrétiser à proximité immédiate de leur lieu de vie. Nous reviendrons notamment sur cette notion d'acceptabilité et sur les moyens mis en place par l'Etat pour améliorer celle-ci.

Des contraintes administratives, y compris des délais de développement deux fois plus longs qu'en Allemagne ou en Espagne, ont également entravé le progrès des énergies renouvelables en France. Catherine Bourg, chargée de développement chez EDF Renouvelables, déclare que « les temps de développement sont globalement deux fois plus longs qu'en Allemagne ou en Espagne. ». En 2020, les rapports d'EDF, soulignent une situation où plusieurs dizaines de gigawatts de projets sont en attente pour des raisons administratives, alors que les industriels ont déjà pris des décisions d'investissement. Emmanuelle Wargon, présidente de la Commission de régulation de l'énergie, confirme que les récents appels d'offres solaires ont enregistré seulement la moitié, voire le quart du taux de réponse attendu des investisseurs. De même, dans le secteur du biogaz, Laurence Poirier-Dietz, directrice du gestionnaire de réseau gazier GRDF, évoque « plus d'un millier de projets en attente. ». Xavier Nicolas, vice-président de la FNCCR déplore également les délais d'attentes : *«il faut 5/6 ans de travail administratif avant de démarrer un chantier EnR, puis encore 2/3 ans de travaux »*.

Ces retards sont attribués à des déficiences en personnel administratif, à des procédures d'instruction excessivement longues, ainsi qu'à des recours judiciaires prolongés et fréquents de la part des opposants. En France à titre comparatif, les énergies renouvelables représentaient ainsi 25,2% de la consommation électrique en 2021, soit seulement 11,5% de plus qu'il y a deux décennies. L'hydroélectricité reste la plus importante des énergies renouvelables dans notre pays, mais sa part ne progresse plus depuis des années. Pour 2022, la part des renouvelables devrait s'établir autour de 26 %, alors qu'elle s'est fixée pour objectif d'atteindre 40% en 2030. En comparaison, la part des EnR dans le mix électrique en Allemagne est passée de 7% à plus de 43% entre 2000 et 2021, et de 25% à 58,4% au Portugal. Autre exemple très concret, les délais de réalisation des centrales solaires et des parcs éoliens en France, sont doublés par rapport à ceux qu'on voit notamment dans les pays du Nord.

Face à cette réalité, le gouvernement a récemment adopté le "Projet de loi relatif à l'accélération de la production d'énergies renouvelables" en janvier 2023, visant à simplifier les procédures, à mobiliser des espaces sous-exploités et à partager plus équitablement la valeur avec les territoires concernés. Toutefois, malgré ces efforts, la gouvernance de la transition énergétique en France souffre d'un manque de coordination entre les niveaux territoriaux, entraînant un taux

élevé d'échec des projets. Le développement "pointilliste" des projets, souvent opportunément initiés par des développeurs en concurrence, nécessite une vision globale et une coordination plus efficace entre les différentes entités. Afin d'encourager une meilleure acceptabilité locale, le gouvernement a sollicité en 2021 la participation des préfets de région pour élaborer une nouvelle cartographie intégrant les enjeux paysagers et de biodiversité, afin d'orienter les porteurs de projets vers des zones plus favorables et d'impliquer davantage les échelons locaux dans le processus de décision.

De surcroît, les freins et le rythme de développement n'étant pas toujours jugé assez convaincant, la France a d'ailleurs négocié en juin 2023 en créant une alliance du nucléaire (regroupant 15 pays) pour qu'en plus de l'hydrogène renouvelable, produit à partir d'énergies renouvelables, l'hydrogène bas-carbone, produit à partir d'électricité nucléaire, la première source d'électricité en France, soit reconnu dans la décarbonation de l'industrie, au risque sinon de ne pas atteindre les nouveaux objectifs fixés par l'Union européenne (42,5% de renouvelable dans la consommation finale d'énergie d'ici à 2030). Certains pays à l'instar de l'Allemagne et l'Espagne, affichaient leurs divergences sur le nucléaire comme moyen de production d'hydrogène décarboné, par crainte que la France, profitant de son parc nucléaire, néglige ses objectifs en matière d'énergie renouvelable.

Ainsi, la directive européenne RED III a modifié en octobre 2023, la rédaction de l'article 3 de la directive 2018/2001 de la manière suivante (à propos des EnR uniquement):

- Augmentation de 32% à 42,5% voire 45% de la part d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute d'électricité de l'UE en 2030 : "Les États membres veillent collectivement à ce que la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie de l'Union en 2030 soit d'au moins 42,5 %" et "Les États membres s'efforcent collectivement de porter à 45 % la part d'énergie produite à partir de sources renouvelables dans la consommation finale brute d'énergie de l'Union en 2030."

Elle a également inclus le terme « zone d'accélération des énergies renouvelables », comme un lieu ou une zone spécifique, terrestre, maritime ou d'eaux intérieures, qu'un État membre a désigné comme étant particulièrement adapté pour accueillir des installations d'énergie renouvelable à partir de sources renouvelables, autres que des installations de combustion de biomasse.

1.3 Genèse et promulgation de la loi d'accélération de la production des énergies renouvelables : Une vue d'ensemble sur ses ambitions

Ces modifications font échos à la loi n° 2023-175 du 10 mars 2023 relative à l'accélération de la production d'énergies renouvelables (loi APER) que nous avons évoquée précédemment.

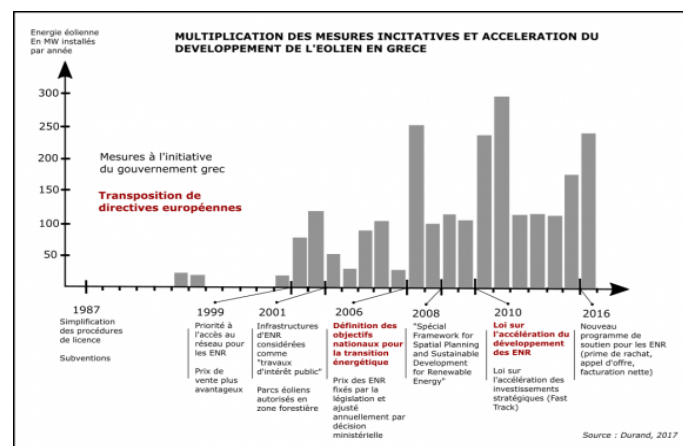
Celle-ci a pour ambition :

- Une meilleure vision du potentiel énergétique des territoires par l'identification des zones propices à l'accueil de solutions de production d'énergie renouvelable dans chaque département, en concertation avec les communes et la population locale.
Faciliter les démarches administratives
- De faciliter les démarches administratives avec plusieurs mesures visant à simplifier les procédures et à réduire la durée d'instruction des projets d'énergie renouvelable

d'envergure. Jusqu'à présent, il fallait en moyenne 5 ans de procédures pour construire un parc solaire en France, 7 ans pour un parc éolien terrestre et 10 ans pour un parc éolien en mer. La loi APER vise à diviser ces délais par deux, revenant ainsi à la moyenne observée chez nos voisins européens, tout en maintenant les exigences environnementales, telles que la préservation de la biodiversité.

- De promouvoir une répartition plus équitable de la valeur partagée des projets et des avantages générés par la production d'énergie renouvelable, aussi bien pour les riverains que pour les communes d'implantation. Elle simplifie notamment la conclusion de contrats d'achat direct d'électricité ou de gaz renouvelable pour les entreprises et les collectivités territoriales.
- D'intégrer également d'autres dispositions liées aux énergies renouvelables, notamment pour la méthanisation (production de gaz renouvelable), l'hydroélectricité, l'hydrolien fluvial, ainsi que la géothermie.
- La mise en place de dispositifs financiers avantageux pour les porteurs de projets s'implantant dans des zones d'accélération
- D'exploiter le potentiel foncier adapté à la mise en œuvre de tels projets. Ainsi, la loi APER prévoit, par exemple, de mobiliser des zones artificialisées ou ne présentant pas d'enjeux environnementaux majeurs pour y favoriser la production d'énergie renouvelable. Cela concerne notamment les parkings, les terrains dégradés et les bordures d'autoroutes. Les toitures solaires sur les immeubles et bâtiments, ainsi que l'agrivoltaïsme, sont d'autres solutions de valorisation du foncier inscrites dans la loi.

Concernant la réduction des délais d'instruction et la facilitation des démarches administratives, ce n'est pas la première fois que la France ou un autre Etat de l'UE adopte cette approche mais cela a régulièrement été source de conflits à l'échelle locale à cause d'une mauvaise gestion et planification énergétique associée à ces mesures. Un exemple éclairant de cette tendance se trouve en Grèce, où des mesures législatives dans les années 2000, dont notamment la loi sur l'accélération du développement des énergies renouvelables, ont considérablement facilité l'installation rapide de parcs éoliens. Ces changements, notamment l'adoption de directives européennes, ont influencé positivement le secteur énergétique. Cependant, l'accélération des délais, a engendré des tensions avec les opposants locaux, soulignant les défis liés à cette approche. Ainsi, bien que l'accélération des délais législatifs puisse stimuler le déploiement rapide de projets d'énergies renouvelables, elle n'est pas sans susciter des tensions et des controverses, illustrant la complexité de l'équilibre entre les intérêts industriels et les préoccupations locales.



3 : La multiplication des mesures incitatives depuis les années 2000 accélérant le développement de l'éolien en Grèce. Source : Durand, 2017

La loi APER quant à elle entend bien évidemment également améliorer l'acceptabilité et la faisabilité de nouveaux projets EnR par la même occasion. En effet si l'acceptabilité des projets est souvent un gros frein pour l'émergence de certains projets à l'instar de l'éolien dans les Hauts-de-France, un projet serait d'autant plus susceptible d'être accepté socialement, s'il s'inscrivait dans une vision du territoire définie en amont, conjointement avec les populations locales (YATES et ARBOUR, 2016). C'est pourquoi elle intègre ce système ascendant dans lequel ce sont directement les locaux et les élus qui définissent conjointement leurs zones d'accélération afin de mieux maîtriser la planification et le développement des projets énergétiques de leur territoire.

Là où, pendant de nombreuses années, les élus des Hauts-de-France ont par exemple été confrontés au déploiement non maîtrisé de l'éolien, cette loi constitue une opportunité pour eux de pleinement saisir les avantages potentiels de tels projets. Cependant, des critiques ont émergé concernant les délais de délimitation de ces zones et les soutiens de l'État pour leur établissement. À l'origine, ce projet de loi a été proposé par le Rassemblement National pour créer des zones excluant les projets EnR sur leur territoire. Toutefois, à la suite d'un amendement de l'Assemblée nationale, estimant que cela ne favoriserait pas l'accélération du déploiement des EnR, le projet de loi a été modifié. Cependant et pour reprendre les mots de Vincent Jacques Le Seigneur président d'Observ'ER le 10 janvier 2023, « *Le vote de cette loi montre qu'il y a du chemin à faire, les débats n'ont pas été d'une grande ambition et la majorité a été courte; en 2023, on aurait pu s'attendre à mieux* ».

Désormais, les acteurs les plus engagés sont récompensés avec des bénéfices et retombées économiques accrus, tout en bénéficiant d'une simplification des procédures administratives et juridiques, réduisant significativement les délais de développement des projets. Par ailleurs, ils conservent la possibilité de définir des zones d'exclusion, à condition que celles-ci soient compensées ailleurs sur le territoire. Cependant ce mécanisme décisionnel implique certaines connaissances et compétences que les plus petites communes n'ont pas toujours. C'est pourquoi les communautés de communes, dans la volonté d'aider leurs communes viennent solliciter l'aide de syndicats d'énergie ou de bureaux d'études en bénéficiant d'aides financières de l'ADEME pour réaliser des schémas directeurs des énergies.

1.4 Un manque encore trop présent de cohérence et de récit national clair en matière de planification énergétique en France

Nous l'avons vu précédemment, les ambitions affichées par la France en matière de transition énergétique sont fortes. Le pays s'est engagé à atteindre la neutralité carbone d'ici 2050, et à réduire de 40 % ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030. Pour atteindre ces objectifs, le gouvernement français a mis en place un plan de relance massif dans les énergies renouvelables, avec l'objectif de porter leur part dans la production électrique à 40 % d'ici 2030. Cependant, les derniers mois ont été le reflet d'un manque de cohérence entre discours et moyens mis en place en matière de planification énergétique. Le remaniement gouvernemental de janvier 2024 a été particulièrement symbolique de ce changement de cap. Le ministère de la Transition énergétique, qui était jusqu'alors une entité à part entière, a été rattaché au ministère de l'Économie et des finances (voir en annexe, le décret n° 2024-38 du 24 janvier 2024 relatif aux attributions du ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires). En d'autres termes, la gestion de l'énergie n'a plus de ministère propre et paraît ainsi en reprenant les termes du Président du Syndicat des énergies renouvelables (SER) Jules Nyssen, être un « mauvais signal quant au volontarisme politique » sur la question de la transition énergétique ». Cette décision a logiquement été vivement critiquée par les associations environnementales, qui

y voient également un mauvais signal au moment même où des textes importants de programmation doivent être discutés dans les toutes prochaines semaines.

Ainsi, plusieurs éléments illustrent ce manque de cohérence et de récit national clair en matière de planification énergétique en France :

- Le rattachement du ministère de la Transition énergétique au ministère de l'Économie et des finances, qui symbolise un changement idéologique important au sein du gouvernement.
- L'absence d'ambition chiffrée pour le développement des énergies renouvelables dans le projet de loi sur la souveraineté énergétique.
- Le retard pris dans l'adoption de la loi de programmation sur l'énergie et le climat, devant être présentée en conseil des ministres d'ici début février, avant son examen au Parlement. Ces débats interviendront avec retard : le code de l'énergie prévoyait l'adoption, au plus tard le 1er juillet 2023, d'une loi de programmation sur l'énergie et le climat.

En effet, le projet de loi sur la souveraineté énergétique, qui doit donc être présenté au Parlement en février 2024, fait la part belle au nucléaire. Le texte prévoit notamment la construction de six nouveaux réacteurs nucléaires d'ici 2035, ainsi que la prolongation de la durée de vie des centrales nucléaires existantes. En revanche, il ne fixe aucune ambition chiffrée pour le développement des énergies renouvelables.

Cette absence d'ambition pour les énergies renouvelables est d'autant plus regrettable que celles-ci sont essentielles pour atteindre les objectifs de la France en matière de transition énergétique. En effet, d'après le rapport « Futurs énergétiques 2050 » (analysant en détail six scénarios de mix électrique visant à permettre à la France d'atteindre la neutralité carbone en 2050) du gestionnaire de transport d'électricité RTE, chaque scénario suppose en outre une part importante d'énergie renouvelable. Emmanuel Macron s'était d'ailleurs appuyé sur les scénarios N2 et N03 (le premier comportant 63% d'énergie renouvelable et 36% d'énergie nucléaire, le second faisant 50-50 dans le mix énergétique) pour dresser les ambitions du futur énergétique de la France. Cela questionne donc, le manque de cohérence et de récit national clair en matière de planification énergétique en France étant historiquement un obstacle majeur à la réalisation des objectifs de la transition énergétique.

Pour conclure cette section, il est manifeste que les avancées législatives se sont multipliées depuis les années 2000, portées par des objectifs variés visant à réduire les émissions de gaz à effet de serre et à décarboner la production énergétique. Ce processus n'a pas toujours résulté de politiques résolument volontaristes, mais plutôt de constats alarmants mettant en évidence l'urgence d'une action immédiate. L'absence de clarté et de vision unifiée du gouvernement, combinée à de nombreux facteurs entravant le développement des projets, a considérablement retardé l'intégration des énergies renouvelables dans le paysage énergétique français. La loi APER, malgré les reproches pouvant lui être faites, a par sa vocation une véritable intention d'accélérer le développement des EnR sur le territoire, notamment par diverses simplifications et accélérations administratifs et législatifs, tout en remettant les élus au cœur de l'enjeu. Pour cela, les Établissements Publics de Coopération Intercommunale (EPCI) envisagent souvent de soutenir activement leurs communes dans l'élaboration de leur zonage. Ils cherchent ainsi à apporter une vision plus claire et opérationnelle à travers des schémas directeurs des énergies. Avant de se pencher sur le contexte énergétique et le paysage de la communauté de communes du Pays du Coquelicot, qui a décidé d'entreprendre un Schéma Directeur des Énergies en 2023,

en conformité avec la loi APER, nous allons présenter l'outil qui a été développé dans le cadre de ce travail. Ce nouvel outil permettra de mieux comprendre les hypothèses et possibilités de scénarisation, nécessaires à l'établissement des différents scénarios envisageables ou non pour l'atteinte des objectifs.

2. Présentation de l'outil de simulation et aide à la scénarisation pour la planification énergétique

2.1 Exploration des atouts et des potentiels : Les avantages et les principales capacités de l'outil

L'intérêt majeur de cet outil réside dans sa capacité à fournir une vision holistique des opportunités énergétiques disponibles au sein d'un territoire donné. En permettant notamment aux utilisateurs d'inscrire leurs potentiels en énergies renouvelables (EnR), ainsi que les investissements envisagés ou autre contrainte souhaitée à l'instar des politiques inhérentes à ce territoire, par exemple au niveau éolien concernant l'intégration de nouveaux parcs ou du repowering (processus de remplacement ou de mise à niveau des éoliennes existantes par des turbines plus modernes et performantes sur un site éolien existant) de l'existant. Il offre de ce fait une feuille de route personnalisée pour atteindre les objectifs énergétiques fixés par les instances nationales ou régionales.

L'une des fonctionnalités clés de cet outil est la possibilité d'évaluer la contribution potentielle de chaque type d'énergie renouvelable dans le mix énergétique global du territoire. Cela pourrait permettre aux décideurs locaux de prendre des décisions éclairées en matière de diversification énergétique, en alignant les ressources disponibles avec les objectifs stratégiques de la transition énergétique. De plus, par l'intégration des contraintes budgétaires en définissant des investissements maximaux à ne pas dépasser, cela offre une approche réaliste et pragmatique pour la mise en œuvre des projets énergétiques. Cette fonctionnalité est cependant basée sur des hypothèses simplificatrices et ne peut se substituer à des études de faisabilité et économiques plus approfondis.

En outre, l'outil offre la possibilité d'explorer différentes hypothèses et scénarios, tels que ceux élaborés par le SRADDET de la région concernée ou encore ceux de RTE, afin d'anticiper les évolutions possibles du contexte énergétique. Cela donne aux territoires la flexibilité nécessaire pour ajuster leurs plans en fonction des évolutions du marché, des technologies et des politiques énergétiques.

Pour résumer, cet outil Excel, en se basant sur des données réelles issues dans cette étude du développement d'un SDE sur le territoire de la CCPC, se veut d'être un outil de scénarisation aux possibilités de modélisations nombreuses permettant ainsi d'aiguiller les décisions stratégiques d'un territoire pour orienter ses politiques en termes de transition énergétique en vue des objectifs fixés à diverses échelles.

2.2 Structuration et paramètres essentiels : L'architecture de l'outil et détails sur les inputs principaux

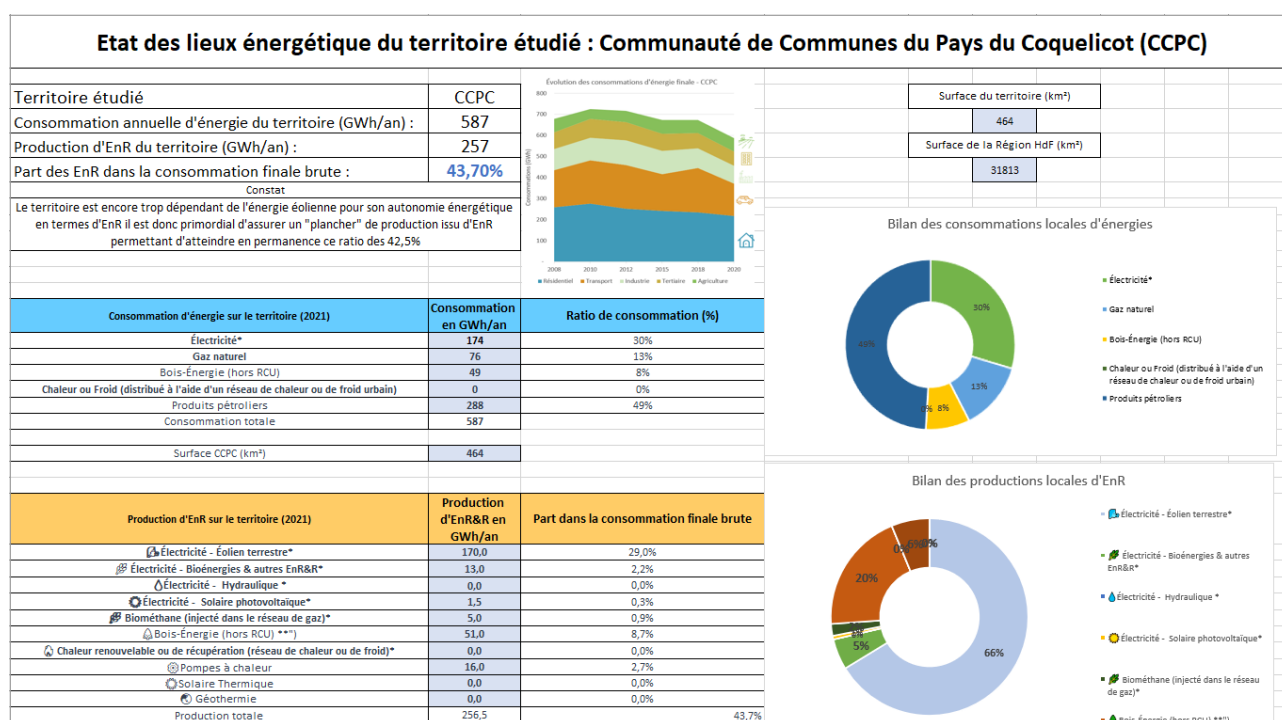
Tout d'abord, cet outil de scénarisation repose sur un tableau Excel unique composé de cinq feuilles de calcul. Ces feuilles sont organisées de la manière suivante : la première dresse

un état des lieux énergétique du territoire, la deuxième rappelle les objectifs de production et de consommation énergétique en fonction des différents plans et schémas à diverses échelles, que ce soit nationale, régionale, voire à des niveaux plus locaux, dans le contexte de la transition énergétique.

La troisième feuille permet à l'utilisateur d'inscrire les potentiels énergétiques en termes de productible. Elle présente également des méthodes de calcul pour estimer ce productible spécifique à chaque type de source d'énergie renouvelable. La quatrième feuille constitue le cœur de l'outil, où la majorité de ses fonctionnalités sont déployées. Elle permet la création de scénarios prospectifs à l'horizon 2030, 2035 et 2050, en se basant sur l'état initial du territoire, les objectifs à atteindre, les potentiels énergétiques locaux, et elle prend en compte de nombreux paramètres paramétrables par l'utilisateur, que nous détaillerons plus précisément par la suite. Enfin, la dernière feuille offre la possibilité de suivre année après année la production de chaque source d'énergie renouvelable, en la comparant aux objectifs fixés. Cela permet d'obtenir une représentation graphique précise de la part des énergies renouvelables dans la consommation finale brute.

Dans le cadre de ce projet, l'ensemble des données de consommations, productions et potentiels énergétiques sont issues de la phase prospection du Schéma Directeur des Energies mené par la Communauté de Communes du Pays du Coquelicot. Nous nous pencherons plus en détail sur les chiffres et données inhérents à ce territoire dans la prochaine section de ce rapport, nous allons ici plutôt détailler l'architecture globale de l'outil pour permettre une meilleure compréhension et appropriation de son fonctionnement.

Lors de l'ouverture de l'outil, l'utilisateur commence par saisir les données énergétiques du territoire qu'il souhaite étudier. Ces données sont selon l'échelle du territoire étudié, souvent disponibles et accessibles facilement en OpenData notamment sur des sites comme *L'Observatoire Français de la Transition Ecologique* par Enedis, sur lequel il est possible d'obtenir des données à l'échelle régionale comme à l'échelle d'un EPCI ou même d'une commune.



4 : Aperçu de la feuille de calcul 1 présentant l'état des lieux énergétique du territoire étudié

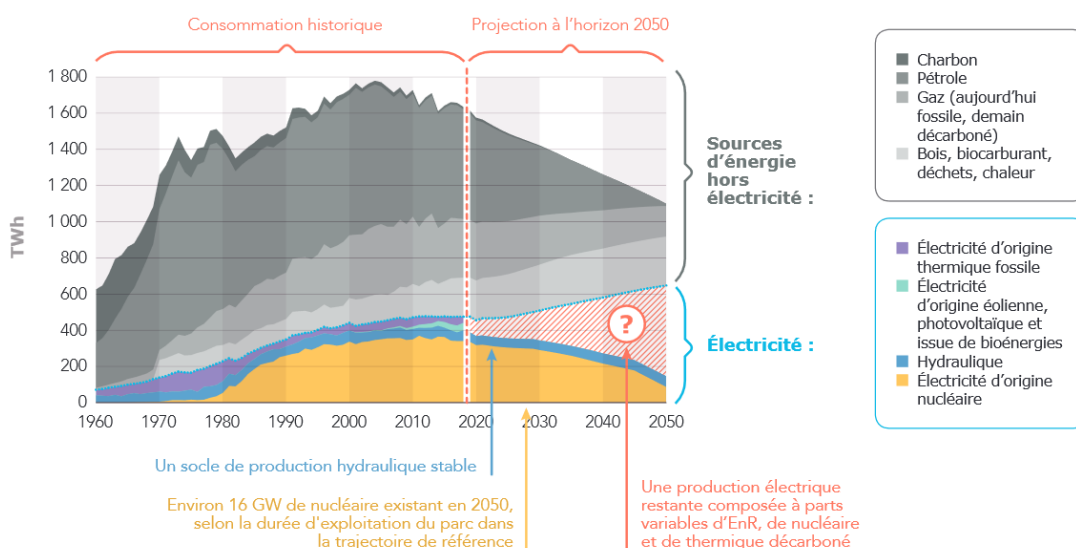
Pour faciliter l'utilisation de l'outil et sa prise en main, l'utilisateur a uniquement à remplir les cellules mises en relief par un fond gris-bleu.

Cette feuille a pour principal intérêt outre la représentation graphique du contexte énergétique du territoire, d'être une base de données essentielle au bon fonctionnement des algorithmes de calcul en VBA, permettant ainsi d'effectuer divers calculs de projections et de scénarisation sur les autres feuilles de calcul du tableau.

La deuxième feuille quant à elle présente les différents grands scénarii nationaux de planification énergétique communs à tout type et échelle de territoire. Pour les études des plus macros à l'échelle d'une communauté de commune comme dans notre exemple, l'utilisateur a la possibilité d'également renseigner les données provenant du PCAET et du SRADDET correspondants à son territoire. Les informations peuvent rester vides néanmoins pour l'étude des territoires à l'échelle d'un département ou d'un EPCI, il est évidemment d'usage de se référer aux données issues des documents les plus en cohérence avec l'échelle retenue. Concernant les projections de consommation l'outil se concentre sur les suivantes :

- SNBC (Stratégie Nationale Bas Carbone) corrélée avec le scénario neutralité carbone de RTE
- PPE actuelle (devant cependant être révisée prochainement)
- PCAET (ici celui du Pôle Métropolitain Grand Amiénois auquel la CCPC appartient)
- SRADDET (ici celui de la région Hauts-de-France)
- Tendanciel depuis 10 ans (se base sur la moyenne de l'évolution annuelle des consommations du territoire sur les 10 dernières années)
- Moyenne des scénarios (réalise la moyenne des évolutions issues des projections précédentes)
- Stabilisation de la consommation (hypothèse dans laquelle le territoire ne parviendrait pas à réduire ses consommations énergétiques)

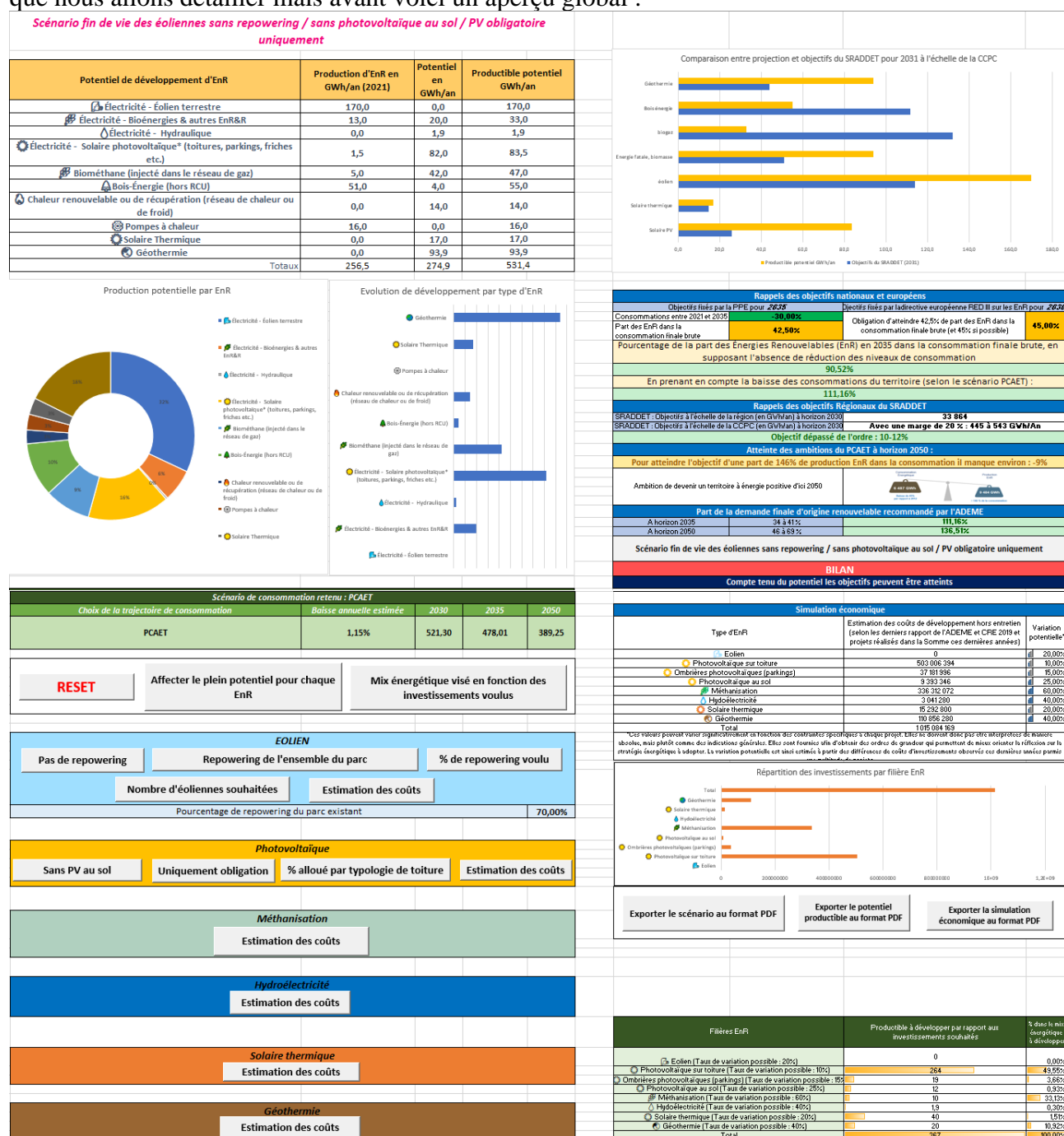
Par soucis de simplification de modélisation pour la projection des baisses de consommations attendues années par années nous avons fait l'hypothèse que l'évolution allait être constante. Mais finalement cela est à l'image des projections réalisées également par RTE comme en témoigne ce graphique issu du rapport synthétique de la dernière SNBC en date :



5 : Évolution de la consommation totale d'électricité et de la consommation d'énergie finale pour les autres énergies en France (source : SNBC)

Nous ne nous attarderons moins sur la troisième feuille de calcul de l'outil car elle permet uniquement de saisir les potentiels énergétiques par typologie d'EnR sur le territoire ou de les évaluer rapidement à l'aide des formules de calculs présentées dedans. Nous reviendrons justement sur cette notion lorsque nous prendrons l'exemple du photovoltaïque pour la prochaine section.

La quatrième feuille de calcul représente l'interface principale de l'outil. C'est sur interface que l'utilisateur peut paramétrer l'ensemble des scénarios qu'il désire simuler. Elle fait également le rappel des notions contenues dans les feuilles de calculs précédentes. L'aspect graphique de cette feuille de calcul a été conçu de sorte que l'utilisateur puisse l'exporter sous format PDF afin de garder un exemplaire de la feuille de route qu'il souhaite retenir en termes de stratégie énergétique pour son territoire étudié. Il y a de nombreuses options paramétrables sur lesquelles que nous allons détailler mais avant voici un aperçu global :



6 : Interface globale de la feuille de calcul 4 intitulée Scénarios

L'ensemble de l'interface est automatisé de sorte qu'après chaque nouveau paramétrage l'ensemble des variables s'ajustent. L'espace à gauche est justement réservé à cet effet. Ici l'utilisateur a la possibilité de choisir le scénario de consommation qu'il souhaite, il peut également décider du mix énergétique voulu et ceci en fonction de nombreux paramètres pour chaque typologie d'énergie. L'outil n'est cependant à ce stade pas totalement abouti au niveau des possibilités de paramétrages offertes à l'utilisateur. En effet dans l'espace restant il aurait par exemple été intéressant d'inclure la possibilité de définir les investissements minimums à réaliser pour atteindre les objectifs choisis.

L'outil pourrait néanmoins être amélioré en implémentant par exemple dans l'espace restant, la possibilité de définir les investissements minimums à réaliser pour atteindre les objectifs choisis en fonction des préférences et paramétrages pour chaque typologie d'énergie.

En outre, l'outil ne se limite pas à effectuer des simulations statiques en se basant uniquement sur les dates de référence des objectifs. Cela est particulièrement évident lorsqu'on examine le potentiel énergétique de la CCPC, un exemple frappant où les objectifs sont largement atteints d'ici à 2030-2035, principalement grâce à la production des parcs éoliens locaux. Cependant, cette réalisation soulève une problématique majeure : la quasi-totalité de la production provient d'une seule source d'énergie, dont la plupart des parcs atteindront leur fin de vie juste après ces dates. Bien que les objectifs soient atteints à ces échéances, il est crucial de les maintenir dans le temps. En supposant que ces parcs éoliens ne soient pas remplacés, quelques années plus tard, les objectifs ne seraient plus respectés, étant fortement impactés par une perte de production considérable dans la part des énergies renouvelables (EnR).

C'est pourquoi ce tableur inclut une dernière feuille de calcul dédiée au suivi de la production issue d'énergies renouvelables sur le territoire. Cette feuille prend en compte la durée de vie des installations et leur date de mise en service, permettant ainsi d'anticiper les besoins en remplacement et de garantir la continuité des objectifs énergétiques à long terme. Un suivi dans le temps offre la possibilité d'ajuster les stratégies en fonction de l'évolution des technologies et des opportunités, assurant ainsi une planification énergétique durable et adaptative.

Cependant, cette analyse ne tient pas encore compte de la diminution du rendement des installations au fil de leur cycle de vie. En effet, cette considération nécessiterait des informations détaillées sur la technologie spécifique utilisée pour chaque projet. Bien que nous aurions pu utiliser des valeurs moyennes, une approche plus précise nécessiterait une étude approfondie, prenant en compte les spécificités de chaque technologie énergétique déployée.

2.3 Démonstration pratique d'une simulation à travers l'analyse des calculs pour l'énergie photovoltaïque

Le nombre considérable d'hypothèses et de calculs excède la possibilité d'un détail exhaustif dans ce mémoire. Toutefois, l'outil offre à l'utilisateur une compréhension des ordres de grandeur et de la méthodologie de calcul pour chaque forme d'énergie. Cela se fait par divers moyens tels que des boîtes de dialogue décrivant la méthode utilisée, ainsi que des bulles d'informations, principalement localisées dans la feuille de calcul 3. Cela permet à l'utilisateur d'appréhender les calculs et les ordres de grandeur avant de s'engager pleinement dans la

simulation de divers scénarios. Afin d'illustrer la méthodologie mise en place, nous prendrons l'exemple du photovoltaïque. Cette forme de production est particulièrement privilégiée sur le territoire en raison des réglementations associées à la loi APER et de l'ambition régionale de développer cette énergie. Nous choisissons le photovoltaïque en tant qu'exemple, non seulement en raison de son statut privilégié, mais également pour démontrer comment un élu pourrait simuler la possibilité d'atteindre les objectifs exclusivement à travers cette source d'énergie, tout en tenant compte des contraintes réglementaires.

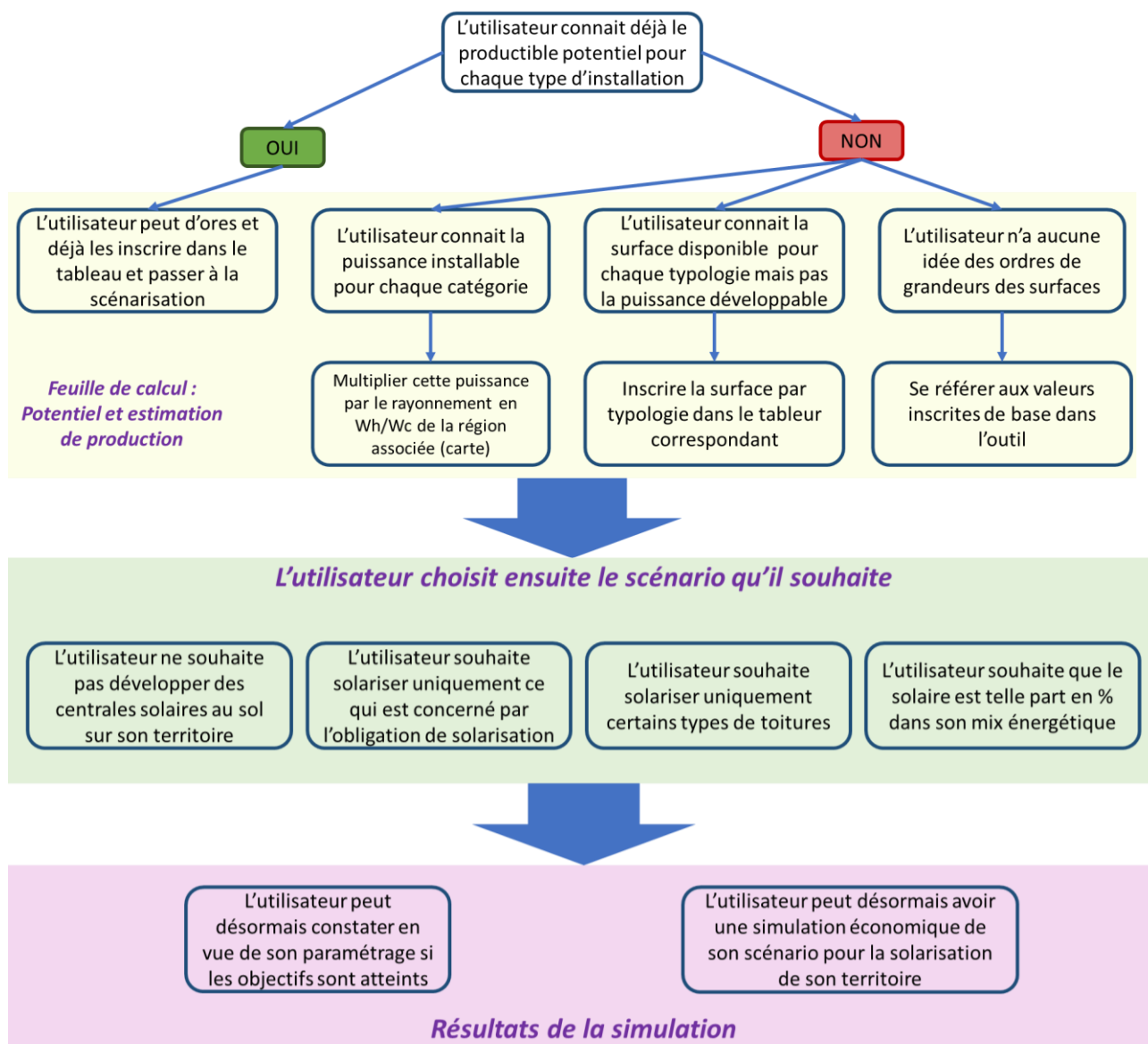
L'énergie photovoltaïque figure parmi les sources énergétiques les plus étudiées et accessibles en termes de potentiels de gisements nets sur le territoire. Cette réalité est illustrée par la multiplication des cadastres solaires ces dernières années, ainsi que par les ressources en open data fournies par le gouvernement à travers le portail cartographique des Énergies Renouvelables. Grâce à ces initiatives, un élu peut désormais accéder facilement à une évaluation du potentiel photovoltaïque sur son territoire, sans nécessité d'étude préalable ou de schéma directeur des énergies.

En partant de ce constat, il est envisageable d'affirmer que, munis des ordres de grandeur fournis par l'outil et des données à la disposition des élus, les utilisateurs sont ainsi en mesure de mener une simulation complète et détaillée sur cette énergie, que ce soit avec ou sans schéma directeur des énergies.

L'énergie photovoltaïque est la seule énergie dans l'outil qui se décline en trois catégories distinctes :

- Photovoltaïque sur toitures,
- Ombrières photovoltaïques (requis pour la solarisation des parkings de plus de 1500 m²),
- Centrales solaires au sol (souvent implantées sur des délaissés fonciers tels que d'anciennes décharges communales ou des parcelles présentant un sol trop pollué pour y développer une nouvelle activité).

Avant de détailler les méthodes calculatoires mises en place par l'outil voici un logigramme décrivant la démarche étape par étape pour l'utilisateur afin de profiter pleinement des possibilités de l'outil :



Afin d'obtenir une estimation aussi précise que possible du potentiel et du chiffrage économique, l'outil catégorise les projets en plusieurs puissances, en prenant en considération les différentes typologies de toitures et les surfaces associées (voir tableau ci-dessous). Cela permet à l'utilisateur d'identifier la proportion de petits et grands projets potentiels sur son territoire, en fonction de son patrimoine foncier. En examinant la CCPC comme exemple, on constate que le potentiel de solarisation se concentre principalement dans des petits projets, variant de 9 à 36 kWc, prédominant sur des bâtiments à vocation résidentielle.

Répartition du productible photovoltaïque sur toiture voulu (GWh)		Productible maximum en GWh	Estimation puissance installée MWc	Répartition en %	Hypothèse % de 9 kWc	Hypothèse % de 36 kWc	Hypothèse % de 100 kWc
Religieux et autres	24,2	24,2	24	7,69%	81,00%	18,00%	1,00%
Agricole	27,35	54,7	27	8,69%	40,60%	48,40%	11,00%
Commerce et services	18,6	18,6	18	5,91%	54,30%	35,70%	1,00%
Industriel	13,5	27	13	4,29%	18,60%	52,00%	29,40%
Résidentiel	173,1	173,1	169	55,00%	94,20%	5,80%	0,00%
Sportif	17,1	17,1	17	5,43%	0,00%	84,60%	15,40%
Total	273,9	314,7	308				
Puissance installable par typologie de puissance en MWc					201,9	54,6	9,8

7 : Tableau de répartition des productibles photovoltaïques en toiture sur le territoire de la CCPC

L'approche aussi exhaustive que possible pour chaque source d'énergie permet donc aux utilisateurs de se positionner de manière optimale dans l'élaboration de leur stratégie pour le développement de cette énergie. De plus, grâce aux ordres de grandeur fournis par l'outil, il devient plus aisé d'envisager l'envergure de certains projets ou idées pour des parcelles spécifiques du territoire, offrant ainsi à l'élu une perspective plus claire. Par exemple, si la volonté est de réaliser exclusivement de petits projets dispersés pour minimiser l'impact sur le réseau, l'utilisateur peut exclure les projets de grande envergure, et vice versa. Ou alors maximiser les projets avec les plus grandes rentabilités souvent caractérisés par des projets supérieurs à 100 kWc nécessitant de grandes surfaces.

Surface nécessaire en m²	Nombre de panneaux	Puissances d'installation en kWc	Coût de l'installation HT en €/Wc
30	17	6	2,53
45	25	9	2,07
180	102	36	1,61
500	260	100	1,15

8 : Tableau des ordres de grandeurs pour le coût d'une installation photovoltaïque par typologie de puissance

Détails des calculs pour l'investissement total :

Investissement total = $P_{9kWc} \times C_{moyen9kWc} + P_{36kWc} \times C_{moyen36kWc} + P_{100kWc} \times C_{moyen100kWc}$

En conclusion, bien que notre outil adopte une approche aussi globale que possible, il demeure important de reconnaître ses limites. L'absence de considération pour des variables essentielles telles que le déclin du rendement des installations au fil du temps souligne la nécessité de compléter ces analyses par des études de faisabilité approfondies. De plus, les estimations relatives aux investissements, bien que fournissant des ordres de grandeur, ne peuvent se substituer à une évaluation détaillée. Il est donc important de souligner que cet outil sert principalement à des fins pédagogiques et d'accompagnement des décideurs locaux dans leurs choix de feuilles de route énergétiques. En orientant les élus vers une planification énergétique cohérente avec les objectifs du territoire, cet outil offre une base pour la réflexion stratégique tout en soulignant la nécessité d'une analyse plus approfondie pour garantir la réussite des initiatives énergétiques à long terme.

3. Présentation du contexte territorial et scénarios pour une transition énergétique durable

3.1 Transition Énergétique Régionale : Contexte et Enjeux

La région des Hauts-de-France, et plus particulièrement la Somme, se trouve au cœur d'une situation énergétique complexe, principalement due au développement intense de l'éolien terrestre au cours des deux dernières décennies. La région, riche en potentiel éolien, est devenue le terrain d'expérimentation privilégié pour cette source d'énergie, avec près de 1 000 éoliennes installées depuis 2005, représentant 12,5% du total national sur moins de 1% du territoire. Toutefois, cette concentration a conduit à des tensions significatives. Les contestations, soutenues par le président des Hauts-de-France, Xavier Bertrand, ont atteint un point où la région finance activement les frais d'avocats pour des recours contre les projets éoliens à travers la fédération Stop Eoliennes. Cependant, le 6 février 2023, le tribunal administratif de Lille demande à la région de reconsidérer ses objectifs de développement de l'éolien. L'annulation partielle du schéma régional d'aménagement met en évidence une stratégie qui privilégie les énergies renouvelables autres que l'éolien terrestre. Cette décision reflète les inquiétudes liées à la saturation des paysages, avec plus de 2 100 éoliennes dans les cinq départements, représentant 28% de la puissance installée en métropole fin 2021.

Extrait du journal Le Monde publié le 19 Mai 2022 : « Xavier Bertrand (LR) a tenu sa promesse. « *La région financera les actions d'une fédération d'associations anti-éolien* », avait prévenu, en mars 2021, le président des Hauts-de-France, alors en campagne pour sa réélection. Jeudi 19 mai, en commission permanente, sa majorité a voté une subvention sur trois ans de 170 000 euros à Stop Eoliennes Hauts-de-France. L'organisme, créé en janvier, veut fédérer les associations hostiles à l'implantation d'éoliennes dans la région. « *L'Etat ne protège pas assez les riverains et les paysages. La région va le faire* », a lancé Xavier Bertrand avant le vote. »

HAUTS-DE-FRANCE

consomme **30 121 048 MWh**



et produit **9 269 402 MWh*** soit un ratio de **30,8 %**

Consommation par secteur en 2021

3 001 087 mwh consommés au total

Secteur	Consommation (mwh)	Pourcentage (%)
Résidentiel	1 200 527	40,0 %
Agriculture	110 667	3,7 %
Industrie	780 340	26,0 %
Tertiaire	898 529	29,9 %
Autres	11 024	0,4 %



Production par filière en 2021

2 635 193 mwh de production au total*

Filière	Production (mwh)	Pourcentage (%)
Photovoltaïque	9 709*	0,4 %
Éolien	2 512 742	95,4 %
Hydraulique	135*	0,0 %
Bioénergies	37 868	1,4 %
Cogénération	74 738	2,8 %
Autres	0*	0 %

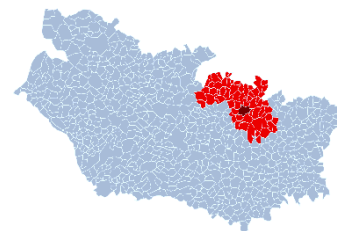


Figure 9 : Situation énergétique de la région Hauts-de-France en 2021 (source : Données issues d'Enedis Bilan de mon territoire datant de 2021)

La dynamique énergétique régionale fonctionne ainsi à deux vitesses. Si l'éolien a pris l'avant-scène avec des résultats notables en puissance installée, la saturation du réseau et les inquiétudes concernant les impacts paysagers et environnementaux ont érodé son statut prioritaire dans la transition énergétique régionale. La région envisage maintenant de diversifier son mix énergétique en privilégiant le développement d'énergies hydrauliques, de la biomasse, et de la géothermie, tout en cherchant à devenir la première région européenne productrice de biométhane. Dans cette dynamique, la Région considère également avec grand intérêt la filière solaire, tant thermique que photovoltaïque, comme un sujet central de développement, avec un fort potentiel d'emplois locaux, contribuant à un mix énergétique régional davantage basé sur les énergies renouvelables. La région accusant un certain retard sur le développement PV elle souhaite conforter les atouts du solaire photovoltaïque en encourageant les modèles d'autoconsommation individuelle ou collective et lance un appel à projets pour l'année 2023-2024 afin de stimuler le développement de projets innovants.

3.2 Etat des lieux énergétiques du territoire de la Communauté de Communes du Pays du Coquelicot

La communauté de communes du Pays du Coquelicot comptant 65 communes est située au Nord Est de la Somme, et fait partie intégrante du Pôle Métropolitain du Grand Amiénois (PMGA), et s'inscrit dans la vision ambitieuse du PCAET du PMGA de devenir un territoire à énergie positive d'ici 2050. Pour rappel, cette initiative, lancée en septembre 2014 par le ministère, vise à stimuler et à favoriser des actions concrètes visant à atténuer les effets du changement climatique, promouvoir la réduction des besoins énergétiques et encourager le développement des énergies renouvelables à l'échelle locale. Un territoire à énergie positive pour la croissance verte représente ainsi un modèle d'excellence en matière de transition énergétique et écologique.



Ces ambitions au niveau de la CCPC se sont vues renforcées en 2023 avec la volonté de réaliser un Schéma Directeur des Energies afin de répondre au mieux aux impératifs de la loi APER mais également dans un objectif plus global de planifier la transition énergétique du territoire en accompagnant les élus du mieux possible. Pour la réalisation de ce SDE, un état des lieux

des productions et consommations par secteurs sur le territoire a été fait, et va ainsi nous permettre de représenter le portrait énergétique de ce territoire.

Au niveau des caractéristiques du territoire, la CCPC s'étend sur 464 km² et compte 28 300 habitants, le secteur est à dominante rurale (59 communes de moins de 500 habitants), toutefois plus de 35 % de la population vit à Albert. Le coquelicot, emblème de la Communauté de Communes, est étroitement associé à la Première Guerre mondiale de 1914-1918. C'est sur ces terres que s'est déroulée la célèbre Bataille de la Somme, laissant une empreinte indélébile dans l'histoire et les mémoires de nombreuses familles britanniques et françaises impliquées dans le conflit. Les musées, cimetières et monuments commémoratifs contribuent significativement au tourisme local. Cependant, l'attrait touristique de la Communauté de Communes s'oriente de plus en plus vers le tourisme « vert ». Traversé par la Somme et l'Ancre, et parcouru par une piste cyclable européenne, le Pays du Coquelicot dispose de plusieurs espaces naturels exceptionnels propices à la randonnée pédestre, aux circuits cyclistes et au tourisme fluvial. Le Pays du Coquelicot est donc attractif d'un point de vue touristique, notamment sur les thématiques de la mémoire (avec de nombreux monuments), de la nature, mais également avec la présence de l'aéroport international Amiens-Henry Potez (accueille notamment l'avion-cargo de la société Airbus, le Beluga), et cela a une importance sur le développement de projets EnR, compte tenu des nombreuses restrictions inhérentes aux atouts du territoire.

Concernant la production issue des énergies renouvelables, la CCPC ne déroge pas (voir annexe 4) et voit la majorité de production électrique provenir des parcs éoliens présents sur son territoire (170 GWh en 2020). Le territoire produit même plus d'électricité qu'il n'en consomme (cependant nous le verrons par la suite cette notion reste à relativiser). En revanche on constate une très faible variété dans le mix énergétique du territoire pour la production d'électricité. La comparaison entre production et consommation de chaleur renouvelable témoigne quant à elle d'une autonomie énergétique en chaleur plus limitée de l'ordre de 30 % en 2020. Enfin l'autonomie énergétique en carburants est très faible, et cela peut s'expliquer par le faible déploiement des mobilités électriques à l'heure actuelle.

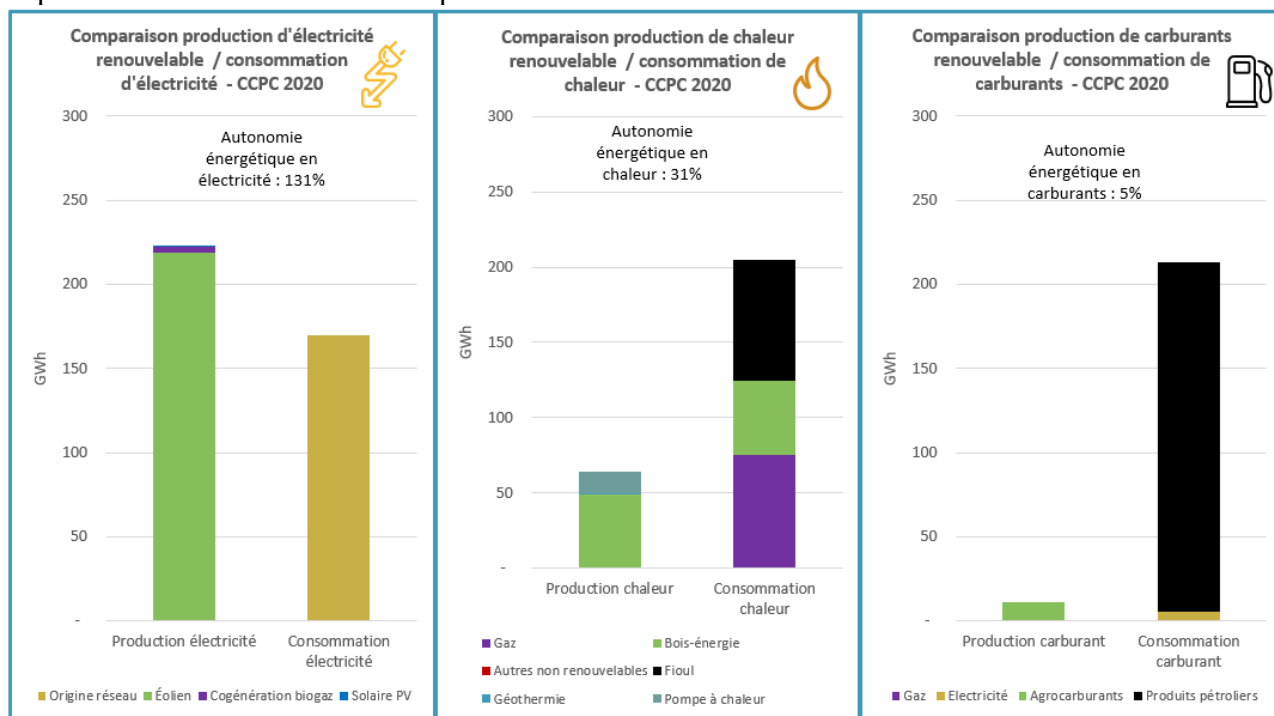


Figure 10 : Diagrammes comparatifs entre consommations et productions issues d'EnR (Source : Schéma directeur des énergies du Pays du Coquelicot)

Ces dernières années de gros projets autres que des parcs éoliens ont commencé à émerger sur le territoire de la CCPC, à l'instar d'une unité de méthanisation Biogaz du Coquelicot (d'une capacité de traitement d'environ 48 450 t/an soit une production de biogaz d'environ 24 000 Nm³/j) et d'une future centrale solaire située sur des délaissés fonciers derrière la déchetterie d'Albert (d'une puissance de 4,5 MW et porté par la société SOLROI, filiale de la SEM Somme Energies), ainsi que d'autres projets même hydroélectriques. En effet, le territoire possède encore nombre de zones à fort potentiel de développement sur lesquels miser pour accroître le développement de projets EnR, notamment sur le site que nous avons évoqué précédemment, l'aéropôle international Amiens-Henry Potez situé à Méaulte :



Figure 11 : Zone d'activité de l'aéropôle international Amiens Henry Potez situé à Méaulte (source : CCPC)

Le site va d'ailleurs accueillir un supercalculateur afin de réaliser des simulations ou des modélisations nécessitant des fortes puissances de calculs, notamment dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique ou de l'agriculture. En vue de ce projet très énergivore, des différentes réglementations (décret tertiaire et ombrières pour les parkings de + de 1500 m²) et des surfaces disponibles, l'ambition pour ce site serait de tendre vers une autonomie énergétique totale à l'aide du photovoltaïque ou d'autres procédés EnR pouvant être mis en place. Les potentiels de développement en termes de gisement brut sont énormes sur ce site.

Au global, l'étude des potentiels énergétiques du territoire ont été estimés à :

Potentiel de développement d'EnR	Gisement brut identifié en GWh	Pourcentage de réalisation (En fonction des coefficients de faisabilité et d'acceptabilité)	Productible annuel net estimé en GWh/an
Électricité - Éolien terrestre	1 900,0	12,50%	237,5
Électricité - Bioénergies & autres EnR&R	29,0	69,00%	20,0
Électricité - Hydraulique	3,2	59,40%	1,9
Électricité - Solaire photovoltaïque (toitures, parkings, friches etc.)	322,9	63,58%	205,3
Biométhane (injecté dans le réseau de gaz)	94,0	44,70%	42,0
Bois-Énergie (hors RCU)	4,0	100,00%	4,0
Chaleur renouvelable ou de récupération (réseau de chaleur ou de froid)	25,0	56,00%	14,0
Pompes à chaleur	0,0	0,00%	0,0
Solaire Thermique	72,0	23,60%	17,0
Géothermie	107,0	87,80%	93,9
Totaux	2 557		635,6

Figure 12 : Extrait d'une partie de l'outil Excel regroupant ici les potentiels identifiés sur le territoire

Pour estimer le productible annuel net en GWh/an, une première étude sur l'identification des gisements bruts a été menée par le bureau d'étude en charge du SDE. Puis afin d'obtenir les gisements nets potentiels, cela s'est fait à l'aide d'évaluation des niveaux de contraintes prenant en compte ces paramètres :

Niveau de maturité ○○○

Installations déjà présentes : XXXX

Filière d'installation présente : XXXX

Potentiels porteurs de projets : XXXX

Acteurs animation locale : XXXX

Dynamiques : XXXX

Niveau de contraintes ○○○

- Architecture
- Urbanisme
- Acceptabilité
- Biodiversité
- Paysage
- Réseaux

Code couleur :

- Faible vigilance
- Paramètre à surveiller
- Contrainte déterminante

Opportunités :

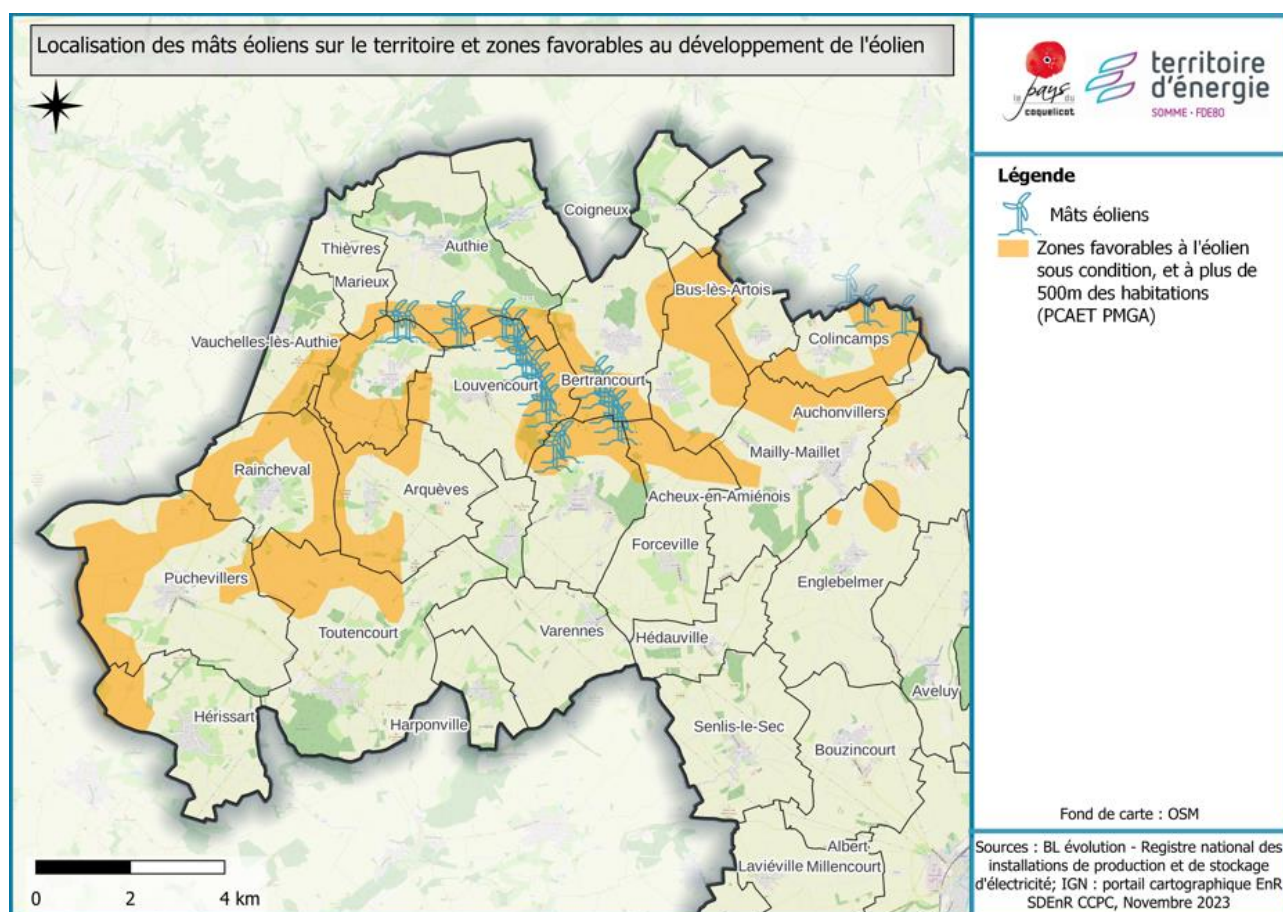
- Caractéristiques des filières à développer
- Eléments de contextes favorables
- Ressources du territoire à disposition

Freins :

- Eléments à prendre en compte pouvant limiter le potentiel
- Blocages pouvant exister
- Risques d'impact

13 : Extrait de la présentation de la phase d'identification du SDE lors d'un comité de pilotage

Afin d'affiner l'étude des potentiels réels, des traitements cartographiques sur les gisements bruts identifiés ont alors été effectués afin d'obtenir les gisements nets. En excluant par exemple les zones trop proches de monuments historiques, zones inondables, contraintes aéronautiques civiles et militaires et encore beaucoup d'autres paramètres.



14 : Extrait de l'identification du potentiel de développement éolien sur le territoire de la CCPC

Pour l'énergie éolienne, l'analyse des gisements nets se concentre exclusivement sur la mise en place de nouveaux parcs éoliens, en tenant compte de toutes les contraintes et volontés des élus locaux. Elle ne vise pas à évaluer l'impact éventuel du repowering de parcs déjà existants au cours de cette première session de ZAER, qui a une validité de 5 ans, étant donné que tous les parcs actuels dans la région ont moins de 10 ans.

Ainsi, en se référant au tableau de synthèse des potentiels de développement d'EnR, on constate que le potentiel de déploiement du solaire photovoltaïque est énorme sur le territoire et compte tenue des dernières réglementations notamment issues de la loi APER, et des volontés politiques inhérentes à la région et au territoire, il est fort probable que cette énergie connaisse une croissance exponentielle dans les années à venir. Il convient tout de même de préciser que cette évaluation du potentiel pour le photovoltaïque s'est basée sur le cadastre solaire du PMGA (illustration en annexe 3) qui prend donc également en compte des bâtiments dont la CCPC n'est pas toujours propriétaire. Cela impliquera donc nécessairement outre les nouvelles réglementations, une mobilisation à l'échelle des particuliers, commerçants, agriculteurs etc pour développer cette énergie sur le territoire. La capacité et les raccordements au réseau électrique sera également un gros enjeu pour permettre un développement plus massif qu'à l'heure actuelle.

D'un point de vue des consommations énergétiques désormais, les données recueillies dans le cadre du SDE montrent qu'hormis dans l'agriculture et dans le résidentiel, les consommations annuelles par habitants sont inférieures à celles constatées pour la région Hauts-de-France et à l'échelle nationale.

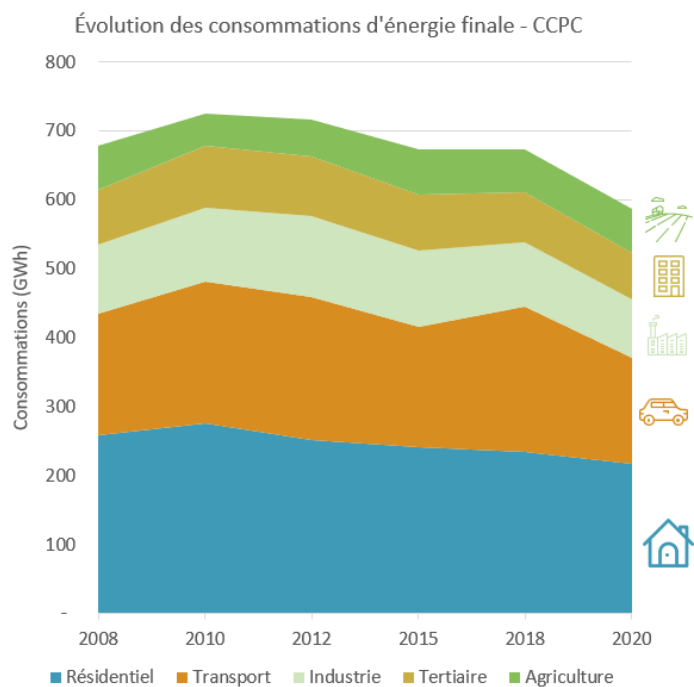
<i>Consommations par habitant (MWh/hab) - 2020</i>						
	Résidentiel	Transport	Industrie	Tertiaire	Agriculture	Total
CCPC	7,7	5,5	3	2,4	2,3	20,8
Hauts-de-France	7	6,7	9,5	3,8	0,6	27,6
France	7,6	6,8	4,7	4	0,8	23,8

Figure 15 : Extrait de la présentation de la phase 1 état des lieux du territoire par le SDE

Par rapport aux objectifs inscrits dans le SRADDET, la CCPC est donc plutôt en avance hormis pour l'agriculture qui voit même son volume de consommation augmenter depuis 2012. Néanmoins la tendance globale est à la baisse d'environ 2,5 % par rapport au niveau constaté en 2012.

	Objectifs d'évolution des consommations d'énergie finale par an sur 2012-2031 (SRADDET)	Évolution historique par an CCPC sur 2012-2020
Résidentiel	-2,0%	-1,8%
Transport	-2,7%	-3,6%
Industrie	-1,4%	-4,1%
Tertiaire	-1,5%	-3,2%
Agriculture	-3,2%	2,4%
Total	-1,9%	-2,5%

■	Avance
■	Peu ou pas de retard
■	Retard mais tendance à la baisse
■	Retard avec tendance à la hausse



16 : Extrait de la présentation de la phase 1 état des lieux du territoire par le SDE

Bilan : consommation finale énergétique par type d'énergie - 2020

Total : 587 GWh

Choix de l'année : 2020

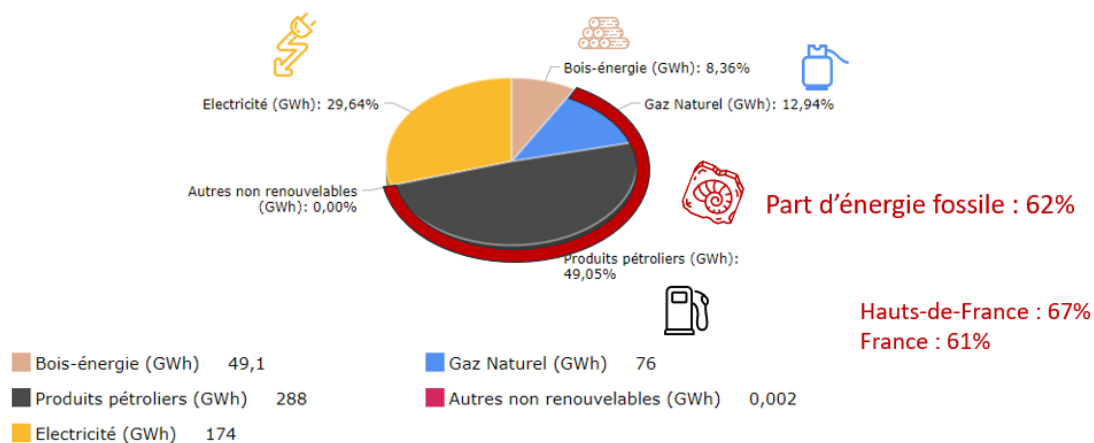


Figure 17 : Extrait du volet consommation de la présentation de la phase 1 état des lieux du territoire par le SDE

Cependant il est primordial de nuancer l'idée que la production et les besoins énergétiques convergent parfaitement en termes de type d'énergie (électricité) et de temporalité (intermittence). Prenons l'exemple des besoins électriques, théoriquement couverts par la production des parcs éoliens sur ce territoire, en examinant les graphiques. En réalité, l'intermittence de ce mode de production n'est pas prise en compte, et il faut également considérer le fait qu'une éolienne génère du courant à une moyenne tension de 20 kV, qui est ensuite élevée à une haute tension allant de 90 kV à 400 kV pour être injectée dans le réseau de transport. Par conséquent, il n'existe pas de correspondance directe entre le lieu de production et le lieu de consommation. C'est pourquoi il est essentiel de relativiser la contribution des énergies renouvelables à la consommation finale brute, surtout lorsque le mix énergétique de production est quasiment à 100% dominé par un seul type d'énergie renouvelable, d'autant plus lorsque l'échelle du territoire étudiée est petite.

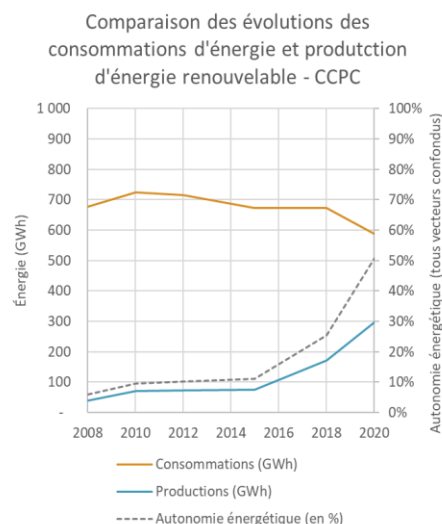


Figure 18 : Extrait provenant de la phase 1 du SDE

Pour conclure cet indicateur n'est donc pas synonyme d'autonomie énergétique sur le territoire mais témoigne tout de même bien de la balance entre production et consommation d'un territoire. Pour autant nous pouvons tout de même constater qu'avec une part d'énergies renouvelables dans la consommation finale brute du territoire estimée à 43,7 % dépassant ainsi l'objectif de 42,5 % d'ici 2035, la CCPC (malgré les notions à relativiser comme nous venons de le dire précédemment et la variabilité potentielle de la production éolienne d'une année à une autre) est dans une trajectoire positive pour l'atteinte des objectifs énergétiques.

3.3 Exploration de différents scénarios en vue de l'atteinte des objectifs

Pour la présentation de différents scénarios, nous nous baserons sur la moyenne des scénarios de baisse de consommation pour notre simulation :

Aucun développement EnR, se base uniquement sur la baisse des consommations	Aucun repowering, exclusion de l'éolien sur le territoire	Développement uniquement du photovoltaïque en fonction des obligations réglementaires	Développement du plein potentiel identifié pour chaque moyen de production
Production potentielles (GWh) : 2030 : 257 2050 : 67	Production potentielles (GWh) : 2030 : 257 2050 : 700	Production potentielles (GWh) : 2030 : 338 2050 : 139	Production potentielles (GWh) : 2030 : 941 2050 : 740
Part des EnR dans la consommation finale brute en 2030 : 54 % Et en 2050 : 18 %	Part des EnR dans la consommation finale brute en 2030 : 150 % Et en 2050 : 123 %	Part des EnR dans la consommation finale brute en 2030 : 57 % Et en 2050 : 22 %	Part des EnR dans la consommation finale brute en 2030 : 201 % Et en 2050 : 190 %
Objectifs atteints : - PPE - RED III - ADEME (2030)	Objectifs atteints : - PPE et RED II - SRADDET - ADEME (2030-2050)	Objectifs atteints : - PPE et RED III - ADEME (2030)	Objectifs atteints : TOUS
Objectifs non atteints : - SRADDET - PCAET (2050) - ADEME (2050)	Objectifs non atteints : - PCAET (2050)	Objectifs non atteints : - SRADDET - PCAET (2050) - ADEME (2050)	Objectifs non atteints : AUCUN

Ce graphique présente les scénarios avec les hypothèses les plus extrêmes, mais l'outil permet la simulation de dizaines de scénarios potentiels, plus alignés sur les préférences de l'utilisateur ou du territoire. Dans l'ensemble, le défi pour la CCPC sera de diversifier son mix énergétique, ne pas dépendre uniquement de la production des parcs éoliens, ce qui semble réalisable compte tenu des potentiels de gisements nets identifiés sur son territoire. De plus, selon les volontés politiques affichées par la région et le territoire, un fort développement du photovoltaïque est à prévoir.

On peut constater que si le territoire ne développe pas d'EnR et compte uniquement sur les installations déjà existantes en se basant sur les baisses de consommations moyennes, cela lui permettra d'atteindre ses objectifs en 2030, hors la durée de vie de la plupart des installations auront atteints leurs limites bien avant 2050 ne permettant donc pas le respect de ces objectifs dans le temps.

Il ne sera cependant logiquement pas possible dans ce rapport de faire une liste exhaustive de tous les scénarios et mix énergétiques envisageables, car le pourcentage de contribution de chaque énergie renouvelable peut grandement varier selon le scénario et les paramètres définis par l'utilisateur. Bien que ces scénarios extrêmes soient peu réalistes et ne représentent probablement pas les choix envisageables pour la CCPC, on peut néanmoins constater à travers les différents scénarios présentés ci-dessus que le territoire, compte tenu de ses potentiels énergétiques, pourrait se passer de repowering éolien (et donc globalement d'énergie éolienne sur son territoire). Cependant, cela nécessiterait d'exploiter au maximum les gisements identifiés pour d'autres sources d'énergie. De plus, il serait regrettable de se priver d'un potentiel

important si cela devait être compensé par des centrales solaires au sol, des méthaniseurs, etc., qui peuvent également avoir un fort impact pour les riverains.

Pour réaliser les objectifs ambitieux du PCAET, qui sont supérieurs aux objectifs nationaux, une augmentation significative de la production énergétique du territoire est nécessaire, approchant les 500 à 550 GWh annuels. Un scénario cohérent et réalisable consisterait à entreprendre un repowering complet du parc éolien existant, exploiter les espaces sous-utilisés tels que les décharges communales et les friches pour développer des centrales solaires, ainsi qu'équiper les toitures, les ombrières des bâtiments et les parkings soumis à l'obligation de solarisation. Ces développements devraient à fortiori se réaliser dans tous les cas si les études de faisabilité le confirment, cela compte tenu également de la meilleure acceptabilité de tels projets ayant un moindre impact sur les paysages ou n'empiétant pas beaucoup plus sur le paysage et les terres agricoles (notamment via le repowering éolien). Certaines communes (à l'instar de Miramont) ont déjà exprimé leur volonté de non seulement agrandir certains parcs existants, mais aussi de solariser des terrains laissés à l'abandon, souvent pollués, constituant des zones désaffectées dans le tissu urbain, ainsi plus généralement favoriser les zones où l'acceptabilité et la faisabilité sont déjà fortement favorables.

De plus, pour compenser le retard accumulé dans le domaine de la chaleur renouvelable, il est prévu de concrétiser le projet de réseau de chaleur, principalement à Albert, tout en explorant d'autres sources de production à une échelle plus modeste, telles que des projets de géothermie de surface et le développement de nombreux projets de solaire thermique à petite échelle.

Il est à noter que plusieurs projets d'envergure sont déjà en cours de développement sur le territoire, notamment une centrale solaire et un méthaniseur, comme mentionné dans la section précédente, qui contribueront significativement à diversifier le mix énergétique local.

Par ailleurs, l'une des prochaines étapes du schéma directeur des énergies sur ce territoire consistera à guider et accompagner le choix du mix énergétique le plus propice et facilement accessible pour atteindre ces objectifs ambitieux.

4. Conclusion

L'évolution législative constatée au cours des dernières années, marquée par la multiplication des lois, témoigne de la reconnaissance croissante de l'urgence d'agir en faveur de la transition énergétique en France. Les ambitions affichées dans ces lois, notamment la loi APER (Accélération de la Production d'Énergies Renouvelables), visent à positionner le développement des énergies renouvelables comme une priorité nationale. Cependant, il subsiste une différence encore notable entre les ambitions affichées par le gouvernement envers ces objectifs, et les moyens effectifs mis en œuvre pour les atteindre.

La loi APER, en remettant les élus locaux au cœur de l'enjeu énergétique, entend donc être un levier face aux difficultés historiques et actuelles de la France pour développer les EnR. Cependant, cette démarche nécessite un accompagnement fort, souvent de la part des EPCI et des syndicats d'énergie, traduit notamment par la réalisation de schémas directeurs des énergies pour aider les élus locaux à mieux envisager et maîtriser le développement des énergies renouvelables sur leur territoire. Ces schémas, tels que celui élaboré par la Communauté de Communes du Pays du Coquelicot (CCPC), se présentent ainsi comme des feuilles de route énergétiques claires et cohérentes avec les objectifs nationaux.

L'outil Excel développé dans le cadre de ce travail se positionne comme une réponse concrète à la nécessité d'accompagner la transition énergétique au niveau local. En évaluant le potentiel énergétique du territoire et en permettant la simulation de scénarios divers, cet outil offre une vision holistique des opportunités énergétiques disponibles. En intégrant une dimension de simulation économique et de suivi temporel, il se révèle être un outil puissant pour la prise de décision énergétique.

L'évaluation du potentiel énergétique du territoire réalisée par le bureau d'étude en charge du schéma directeur des énergies, combinée à l'utilisation de l'outil Excel, témoigne de la multitude des scénarios envisageables pour atteindre les objectifs sur ce territoire. La personnalisation des solutions, notamment par le biais de l'outil, permet de tracer des feuilles de route adaptées aux spécificités locales.

La communauté de communes du Pays du Coquelicot, par sa démarche proactive et ses choix stratégiques étayés par des données concrètes, peut émerger comme un modèle pour d'autres communautés de communes. La clarté des objectifs énergétiques, soutenue par des schémas directeurs et des outils pragmatiques, ouvre la voie à une transition énergétique réussie.

Ainsi, en concluant ce mémoire, il est manifeste que la CCPC, à travers son engagement dans l'élaboration d'un Schéma Directeur des Énergies et l'utilisation de l'outil Excel, prend une position proactive pour l'avenir énergétique de son territoire. Ce faisant, elle se place en première ligne pour démontrer la faisabilité d'une transition énergétique positive et durable, inspirant d'autres collectivités locales engagées dans une démarche similaire. Le chemin tracé est celui d'un avenir énergétique prometteur, ancré dans la réalité des territoires, et offrant des solutions concrètes pour répondre aux défis de la transition énergétique. A l'heure actuelle diverses associations et syndicats d'énergie développent également des outils à l'image de celui développé dans ce travail, de plus d'autres communautés de communes du département de la Somme envisagent également de se lancer dans l'élaboration de schémas directeurs des énergies, preuve de la nécessité et le besoin d'accompagner les élus et l'échelle locale dans leur planification énergétique.

5. Bibliographie :

Biava, A. (2007). L'action de l'union européenne face au défi de la sécurisation de son approvisionnement énergétique: *Politique européenne*, n° 22(2), 105-123.

Delcour, L. (2008). L'énergie, enjeu clé pour la présidence française de l'Union: *Revue internationale et stratégique*, N°69(1), 137-144.

Durand, L., Oiry, A., & Palle, A. (2018). La mise en politique de la transition énergétique : La durabilité à l'épreuve des conflits de temporalités. *Temporalités*, 28.

Fischer-Herzog, C. (2016). L'Union de l'énergie : Quelle sécurité énergétique en Europe ? : *Revue internationale et stratégique*, N° 104(4), 101-111.

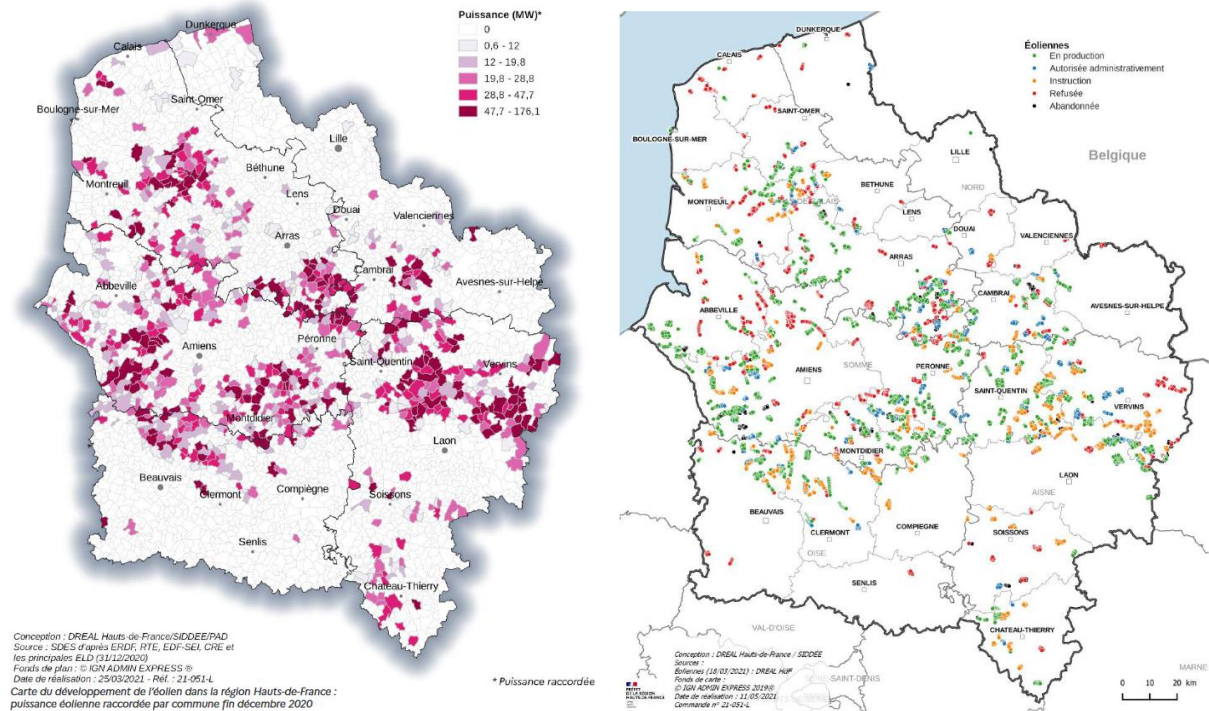
Keppler, J. H. (2007). L'Union européenne et sa politique énergétique: *Politique étrangère*, Automne(3), 529-543.

Labussière, O., & Nadaï, A. (2015). *L'énergie des sciences sociales*. Alliance Athena.

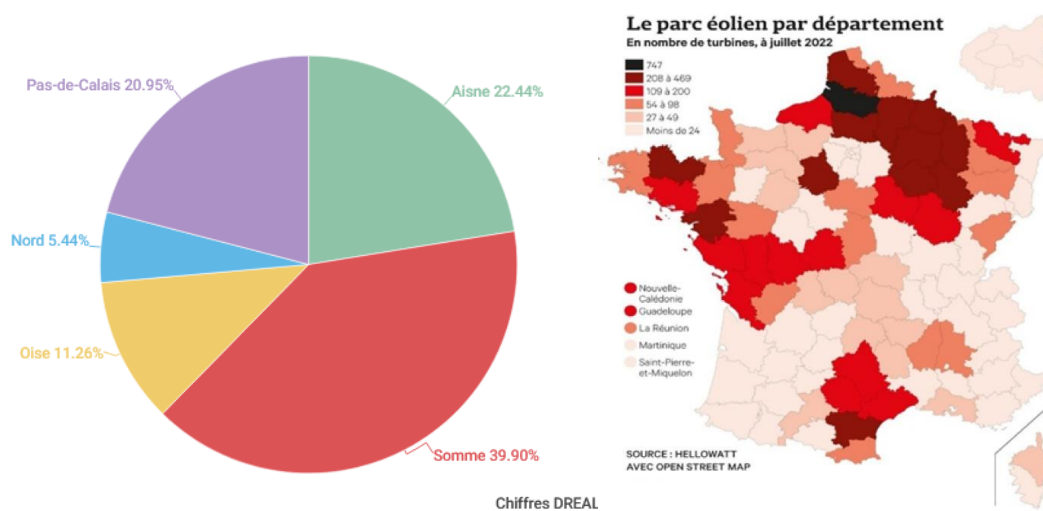
Palle, A. (2019). L'Union européenne de la transition à la sécurité énergétique ? : *Revue internationale et stratégique*, N° 113(1), 155-165.

Ristori, D. (2015). Enjeux et défis de la politique énergétique en Europe: *Géoéconomie*, n° 73(1), 45-58.

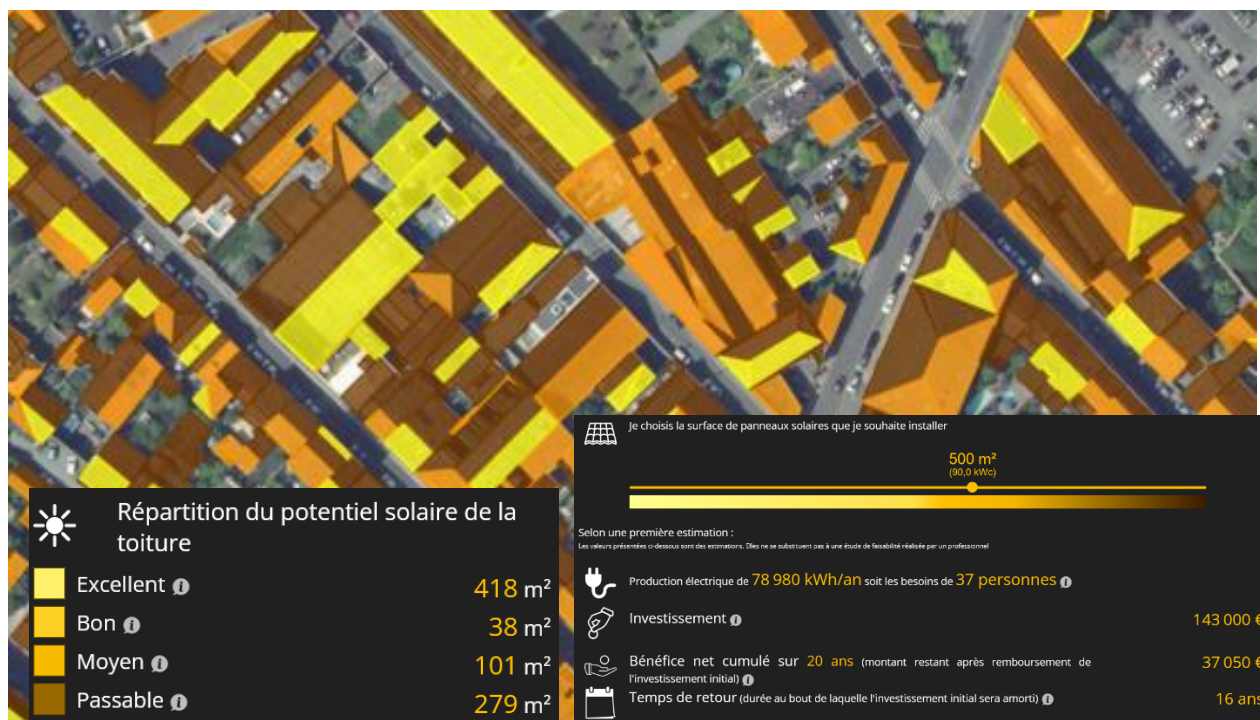
6. Annexes :



Annexe 1 : Cartes représentant le développement de l'éolien dans la région Hauts-de-France Source (source : DREAL Hauts-de-France)

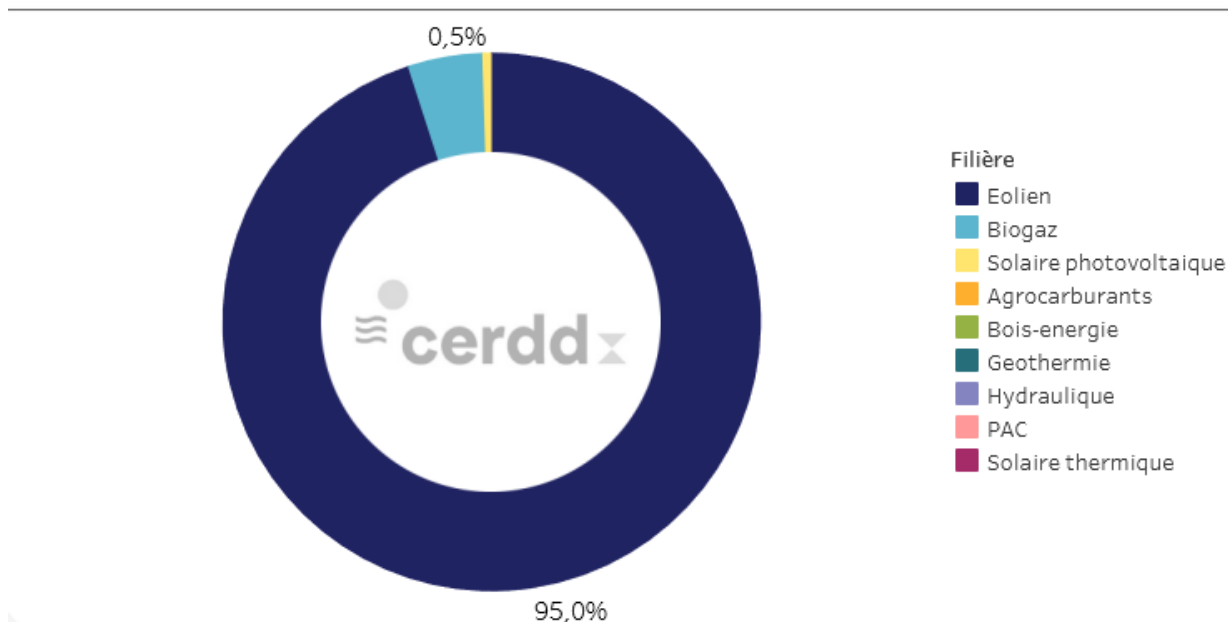


Annexe 2 : Un développement hétérogène inter-régional et national (sources : DREAL et Hellowatt)



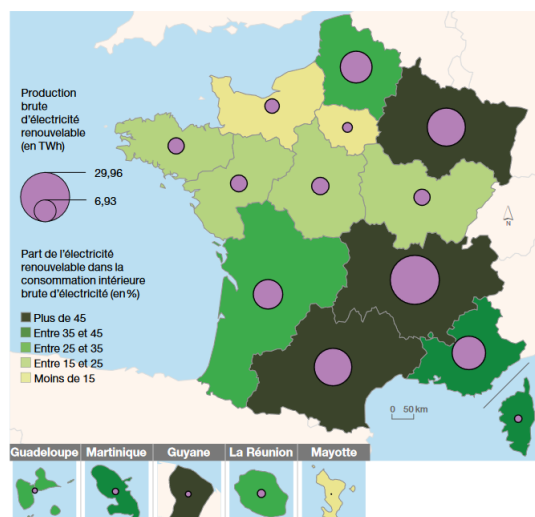
Annexe 3 : Illustration d'un cadastre solaire (source : Archelios Map)

Production d'énergie renouvelable par filière en 2022 - PM du Grand Amiénois



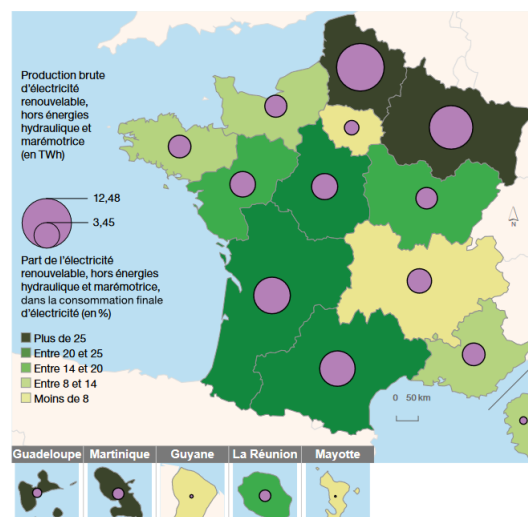
Annexe 4 : Graphique montrant pour chaque EnR la part dans la production énergétique du territoire du Pôle Métropolitain du Grand Amiénois dont fait partie la CCPC

PRODUCTION RÉGIONALE D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE ET PART
DANS LA CONSOMMATION EN 2020



Source : SDES, enquête sur la production d'électricité

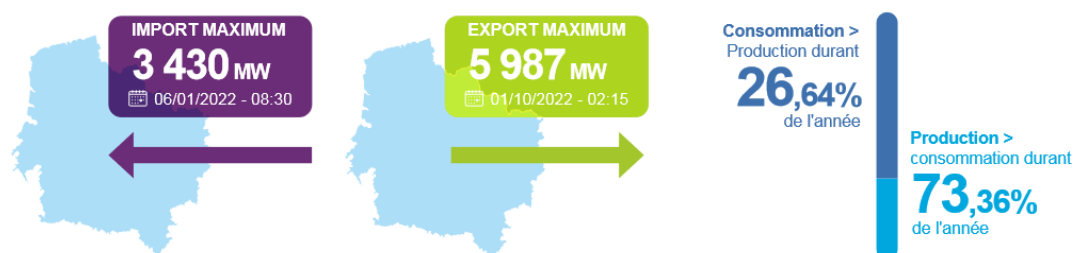
PRODUCTION RÉGIONALE D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE, HORS ÉNERGIES
HYDRAULIQUE ET MARÉMOTRICE, ET PART DANS LA CONSOMMATION EN 2020



Source : SDES, enquête sur la production d'électricité

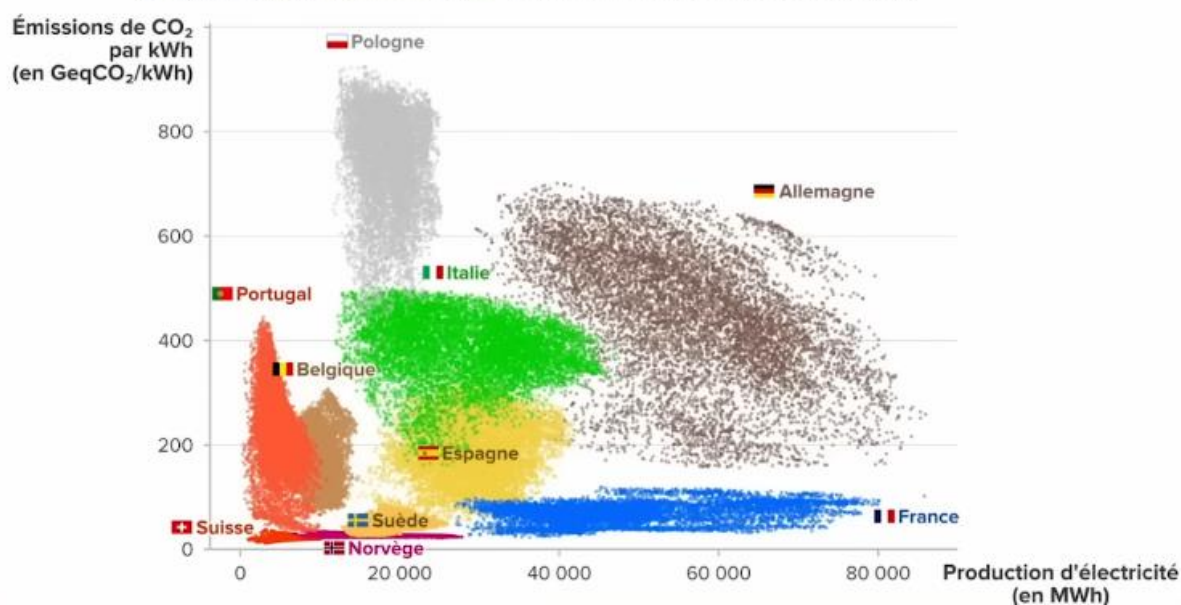
Annexe 5 : Cartographies représentation les régions les plus productrices en termes d'énergies renouvelables et part dans leur consommation en 2020

EN HAUTS-DE-FRANCE



Annexe 6 : Autonomie énergétique de la Région Hauts-de-France, extrait issue du SRADDET

Un point par heure de l'année 2022 | Sources : ENTSO-E, GIEC, BotElectricity






































Annexe 7 : Graphique témoignant de l'émission carbone des pays pour leur production d'électricité

	NARRATIF	RÉPARTITION DE LA PRODUCTION EN 2050	CAPACITÉS INSTALLÉES EN 2050 (EN GW)*					BOUQUET DE FLEXIBILITÉS EN 2050
			Solaire	Éolien terrestre	Éolien en mer	Nucléaire historique	Nouveau nucléaire	
M0 100 % EnR en 2050	Sortie du nucléaire en 2050 : le déclassement des réacteurs nucléaires existants est accéléré, tandis que les rythmes de développement du photovoltaïque, de l'éolien et des énergies marines sont poussés à leur maximum.		~208 GW (soit x21)	~74 GW (soit x4)	~62 GW	/	/	15 GW 1,7 GW (1,1 MVE) 29 GW 26 GW
M1 Répartition diffuse	Développement très important des énergies renouvelables réparties de manière diffuse sur le territoire national et en grande partie porté par la filière photovoltaïque. Cet essor sous-tend une mobilisation forte des acteurs locaux participatifs et des collectivités locales.		~214 GW (soit x22)	~59 GW (soit x3,5)	~45 GW	16 GW	/	17 GW 1,7 GW (1,1 MVE) 20 GW 21 GW
M23 EnR grands parcs	Développement très important de toutes les filières renouvelables, porté notamment par l'installation de grands parcs éoliens sur terre et en mer. Logique d'optimisation économique et ciblage sur les technologies et les zones bénéficiant des meilleurs rendements et permettant des économies d'échelle.		~125 GW (soit x12)	~72 GW (soit x4)	~60 GW	16 GW	/	15 GW 1,7 GW (1,1 MVE) 20 GW 13 GW
N1 EnR + nouveau nucléaire 1	Lancement d'un programme de construction de nouveaux réacteurs, développés par paire sur des sites existants tous les 5 ans à partir de 2035. Développement des énergies renouvelables à un rythme soutenu afin de compenser le déclassement des réacteurs de deuxième génération.		~118 GW (soit x11)	~58 GW (soit x3,3)	~45 GW	16 GW	13 GW (soit 8 EPR)	15 GW 1,7 GW (1,1 MVE) 11 GW 9 GW
N2 EnR + nouveau nucléaire 2	Lancement d'un programme plus rapide de construction de nouveaux réacteurs (une paire tous les 3 ans) à partir de 2035 avec montée en charge progressive. Le développement des énergies renouvelables se poursuit mais moins rapidement que dans les scénarios N1 et M.		~90 GW (soit x8,5)	~52 GW (soit x2,9)	~36 GW	16 GW	23 GW (soit 14 EPR)	15 GW 1,7 GW (1,1 MVE) 5 GW 2 GW
N03 EnR + nouveau nucléaire 3	Le mix de production repose à parts égales sur les énergies renouvelables et sur le nucléaire à l'horizon 2050. Cela implique d'exploiter le plus longtemps possible le parc nucléaire existant, et de développer de manière volontariste et diversifiée le nouveau nucléaire (EPR 2 + SMR)		~70 GW (soit x7)	~43 GW (soit x2,5)	~22 GW	24 GW	~27 GW (soit ~14 EPR + quelques SMR)	13 GW 1,7 GW (1,1 MVE) 1 GW
Hypothèses communes			Hydraulique ~22 GW	Énergies marines Entre 0 et 3 GW	Bioénergies ~2 GW	Imports 39 GW	STEP 8 GW	

*Les quantités et parts d'énergie sont exprimées par rapport au scénario de consommation de référence.

Annexe 8 : Rapport RTE synthétique sur les capacités à installer EN 2050 pour chaque scénario

SCÉNARIOS			
	HYPOTHÈSES	NIVEAU 2050	PRINCIPALES ÉVOLUTIONS
Référence	Électrification progressive (en substitution aux énergies fossiles) et ambition forte sur l'efficacité énergétique (hypothèse SNBC). Hypothèse de poursuite de la croissance économique (+1,3% à partir de 2030) et démographique (scénario fécondité basse de l'INSEE). La trajectoire de référence suppose un bon degré d'efficacité des politiques publiques et des plans (relance, hydrogène, industrie). L'industrie manufacturière croît et sa part dans le PIB cesse de se contracter. Prise en compte de la rénovation des bâtiments mais aussi de l'effet rebond associé.	645 TWh	 180 TWh  134 TWh  113 TWh  99 TWh  50 TWh
	HYPOTHÈSES	NIVEAU 2050 (par rapport à la référence)	PRINCIPALES ÉVOLUTIONS (+ écart par rapport à la référence)
Sobriété	Les habitudes de vie évoluent dans le sens d'une plus grande sobriété des usages et des consommations (moins de déplacements individuels au profit des mobilités douces et des transports en commun, moindre consommation de biens manufacturés, économie du partage, baisse de la température de consigne de chauffage, recours à davantage de télétravail, sobriété numérique, etc.), occasionnant une diminution générale des besoins énergétiques, et donc également électriques.	555 TWh (-90 TWh)	 160 TWh (-20 TWh)  111 TWh (-23 TWh)  95 TWh (-18 TWh)  77 TWh (-22 TWh)  47 TWh (-3 TWh)
Réindustrialisation profonde	Sans revenir à son niveau du début des années 1990, la part de l'industrie manufacturière dans le PIB s'infléchit de manière forte pour atteindre 12-13% en 2050. Le scénario modélise un investissement dans les secteurs technologiques de pointe et stratégiques, ainsi que la prise en compte de relocalisations de productions fortement émettrices à l'étranger dans l'optique de réduire l'empreinte carbone de la consommation française.	752 TWh (+107 TWh)	 239 TWh (+59 TWh)  134 TWh (0 TWh)  115 TWh (+2 TWh)  99 TWh (0 TWh)  87 TWh (+37 TWh)
VARIANTES			
Électrification +	La part de l'électricité dans la consommation finale s'accroît de manière plus forte que dans la SNBC. Certains usages basculent plus rapidement ou fortement vers l'électricité. C'est particulièrement le cas dans le secteur des transports, dans lequel l'adoption du véhicule électrique et l'électrification de certaines catégories de poids lourds est beaucoup plus rapide. Le transfert vers le chauffage électrique se fait également plus rapidement et de manière plus volontariste.	700 TWh (+55 TWh)	 192 TWh (+12 TWh)  139 TWh (+5 TWh)  120 TWh (+7 TWh)  125 TWh (+27 TWh)  50 TWh (0 TWh)
Moindre électrification	La part de l'électricité dans la consommation finale augmente de manière moins forte et moins rapide que dans la SNBC. Dans l'industrie, par exemple, l'électricité ne parvient pas à être compétitive et la bascule vers l'électrification se fait moins rapidement. Il en est de même pour le transfert vers la mobilité électrique (véhicules légers et lourds) et vers les dispositifs de chauffage électrique dans les secteurs résidentiel et tertiaire.	578 TWh (-67 TWh)	 150 TWh (-30 TWh)  126 TWh (-8 TWh)  107 TWh (-6 TWh)  81 TWh (-18 TWh)  50 TWh (0 TWh)
Efficacité énergétique réduite	Les hypothèses de progrès de l'efficacité énergétique des équipements électriques généralement retenues ne se matérialisent pas, ou s'accompagnent de phénomènes de surconsommation au-delà de ce qui est prévu dans la trajectoire de référence. Dans le secteur du bâtiment, les objectifs de rénovation et la conversion aux pompes à chaleur ne sont pas atteints, et le taux d'atteinte des gisements d'efficacité énergétique ne dépasse pas 50% en 2050 (contre 70% dans la trajectoire de référence).	714 TWh (+69 TWh)	 191 TWh (+11 TWh)  156 TWh (+22 TWh)  135 TWh (+22 TWh)  105 TWh (+6 TWh)  50 TWh (0 TWh)
Hydrogène +	Le développement de la production d'hydrogène décarboné connaît une forte accélération conduisant à une demande finale d'hydrogène nettement plus élevée que dans la trajectoire de référence. L'hydrogène se substitue à l'électrification directe dans certains secteurs difficiles à électrifier (sidérurgie...) ainsi qu'à l'utilisation de biomasse (transport lourd, chaleur industrielle).	754 TWh (+109 TWh)	 164 TWh (-16 TWh)  134 TWh (0 TWh)  113 TWh (0 TWh)  93 TWh (-6 TWh)  171 TWh (+121 TWh)

Annexe 9 : Rapport RTE synthétique sur les différents scénarios de consommation