

OPHELIA

Ombrières PHotovoltaïques LinéAires



Compagnie Nationale du Rhône





Les enjeux du photovoltaïque linéaire



Les études prospectives menées par CNR



Le démonstrateur en ombrière sur véloroute

Présentation de la CNR

Concessionnaire du Rhône depuis 1934

3 missions solidaires et indissociables :



Produire de l'électricité



Développer la navigation du Rhône



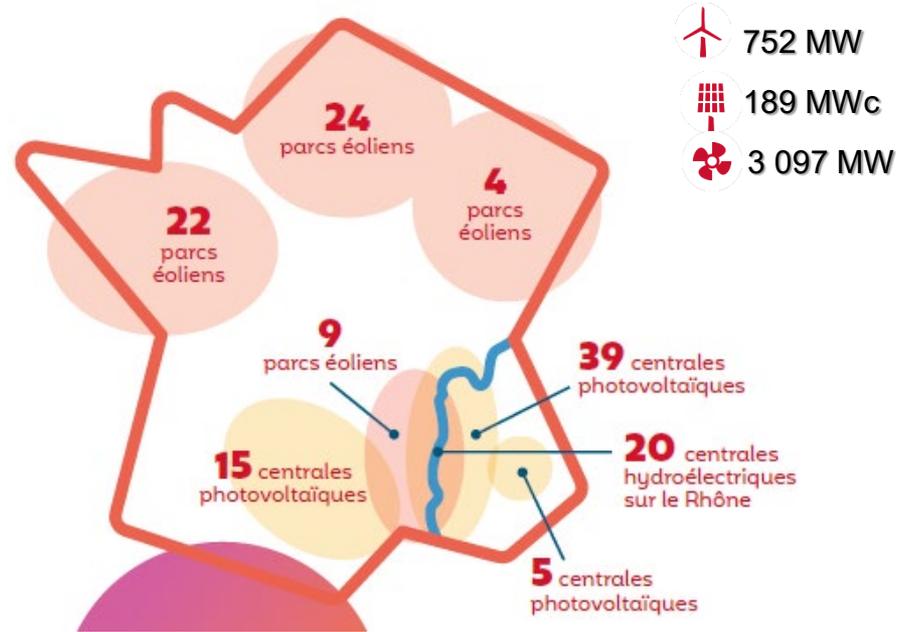
Irriguer les terres agricoles

Répartition du capital

Caisse de dépôts
33,20%

ENGIE
49,97%

Collectivités locales
16,83%



Production Moyenne annuelle : 13 TWh

Objectif 2030 : 5550 MW de puissance installée, dont +1500 MW en éolien et photovoltaïque par rapport à 2022



Filiale 100% CNR pour le développement ENR

Enjeux

01

- Les enjeux du photovoltaïque linéaire
- Le projet OPHELIA

Le Contexte : un besoin massif de capacité PV

Capacités PV France nécessaires en 2050

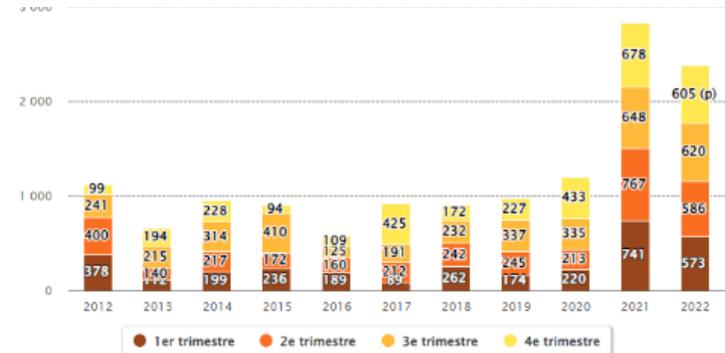


Entre 92 GW – 144 GW
Rythme moyen = 2 à 5 GW/an



Entre 70 GW – 204 GW
Rythme moyen = 2,5 et 7 GW/an

Evolution des raccordements PV en France (MW)



<https://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/>

- **Freins au développement** : Des contraintes techniques, sociales, environnementales et économiques pèsent sur les gisements disponibles
- **Enjeu** : garantir l'intégration environnementale et favoriser l'acceptabilité sociale grâce à la prise en compte de la consommation des ressources (énergie, matériaux, sols, paysages, eau) :

1. Grandes centrales au sol sur les friches et sites délaissés (surfaces limitées rapportées au territoire national)
2. PV en toiture
3. **Autres sites susceptibles d'accepter plus facilement du photovoltaïque :**

- sites et structures dédiés proches des infrastructures de mobilité (chemin de fer, routes...)
- surfaces de plans d'eaux (canaux d'irrigation, berges, digues, lac, lagunes, etc.)

**Projet
OPHELIA**

La solution PV Linéaire : les enjeux

Principaux enjeux

1. Utilisation de fonciers linéaires déjà utilisés par ailleurs : prise en compte des contraintes techniques, sociales et réglementaires
2. Des verrous technologiques et normatifs à lever pour transporter l'énergie sur de grands linéaires

Enjeu 1 : intégration aux fonciers linéaires

- **Règles d'urbanisme** : SCoT, PLU(s), Bâtiments de France
- **Impact environnemental** : protection de la biodiversité (continuité écologique, habitats naturels..)
- **Acceptabilité sociale** :
 - mainteneurs ferroviaires, conducteurs de trains, exploitants
 - automobilistes, cyclistes, piétons, navigants...
 - riverains, associations
- **Interactions techniques** :
 - équipements ferroviaires
 - intégrité des digues
 - sécurité des usagers

Enjeu 2 : Transport d'énergie sur de longues distances

- **Choix de l'architecture électrique pour éviter les pertes**
- **Coût du raccordement Enedis ou RTE**



Suisse - PV en bord de voies ferrées, (TNC consulting)



Problématiques à étudier

Coût des structures et fondations et impact sur la continuité de l'exploitation des ouvrages



coût des structures



fondations adaptées aux ouvrages



Impact sur la stabilité des digues



Impact sur les inspections des ouvrages

Optimisation de l'architecture électrique et choix des sites



R&D courant continu haute tension



Compétitivité des architectures DC et AC



Disponibilité du réseau



Sites prioritaires d'implantation

Contraintes réglementaires et enjeux environnementaux et sociaux



conformité aux règlements d'urbanisme



autres contraintes réglementaires



exigences environnementales



Acceptabilité sociale

Le projet OPHELIA

OPHELIA



Objectif du projet

- Etudier et tester des solutions adaptées au développement du photovoltaïque linéaire
- Mise en œuvre sur un démonstrateur : la « ViaSolaire du Colombier » à Caderousse

Solutions

- Développer une architecture électrique innovante pour les fonciers linéaires : MVDC (courant continu moyenne tension)
- Evaluation du potentiel PV linéaire en France
- Etudes technico-économiques des installations PV sur terrains linéaires

Planning

- 2023-2025 : études prospectives, études de R&D, ingénierie
- 2025-2028 : travaux et expérimentation

Soutenu par



Les partenaires



Etudes prospectives

02

- Analyse de marché
- Etudes de potentiel
- Etudes technico-économiques
- Etudes règlementaires

Typologies d'installations

Des structures adaptées aux fonciers

Parements de digues



Vertical bifacial



Ombrières pour routes et véloroutes



Ombrières pour canaux



Typologies d'installations

Valorisation des délaissés le long de canaux, routes, voies ferrées



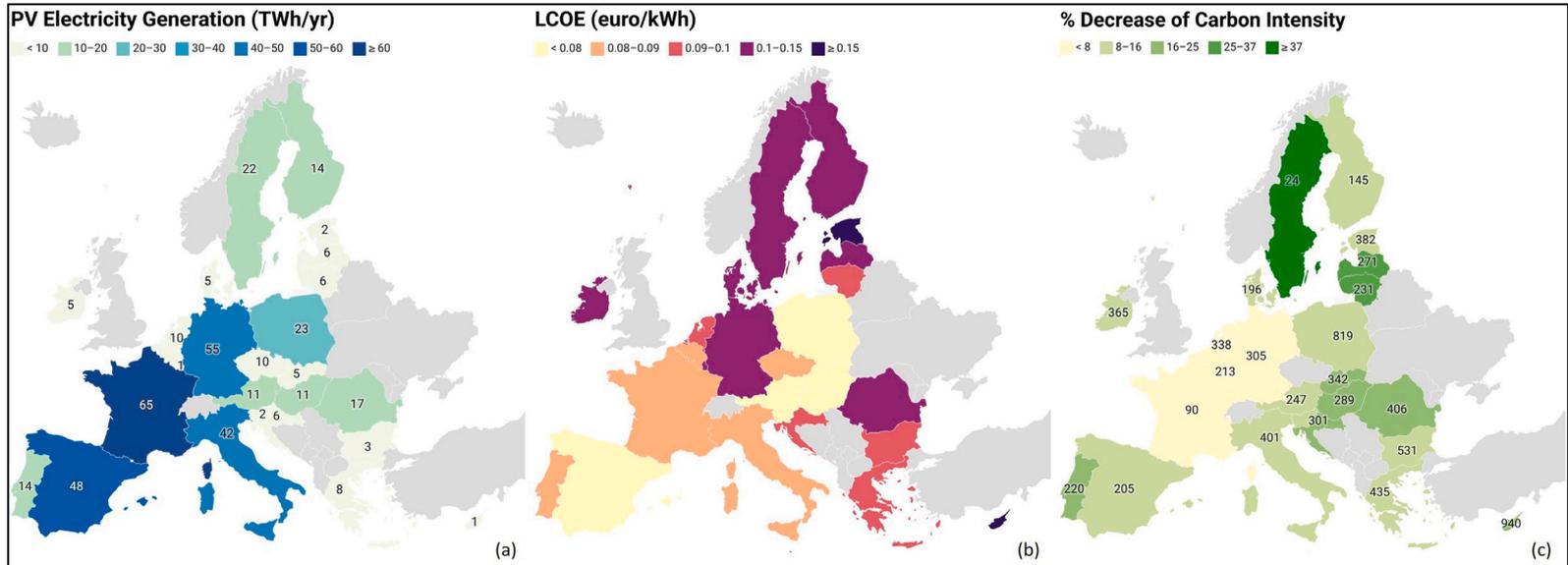
Credit: pidjoe/iStock by Getty Images

Le potentiel Europe

Estimation du potentiel en Europe du PV vertical le long des routes et voies ferrées

Une récente étude réalisée par la Commission Européenne conclut que l'Europe pourrait accueillir **403 GwC** de capacité PV vertical, pour un productible de **391 TWh/an**.

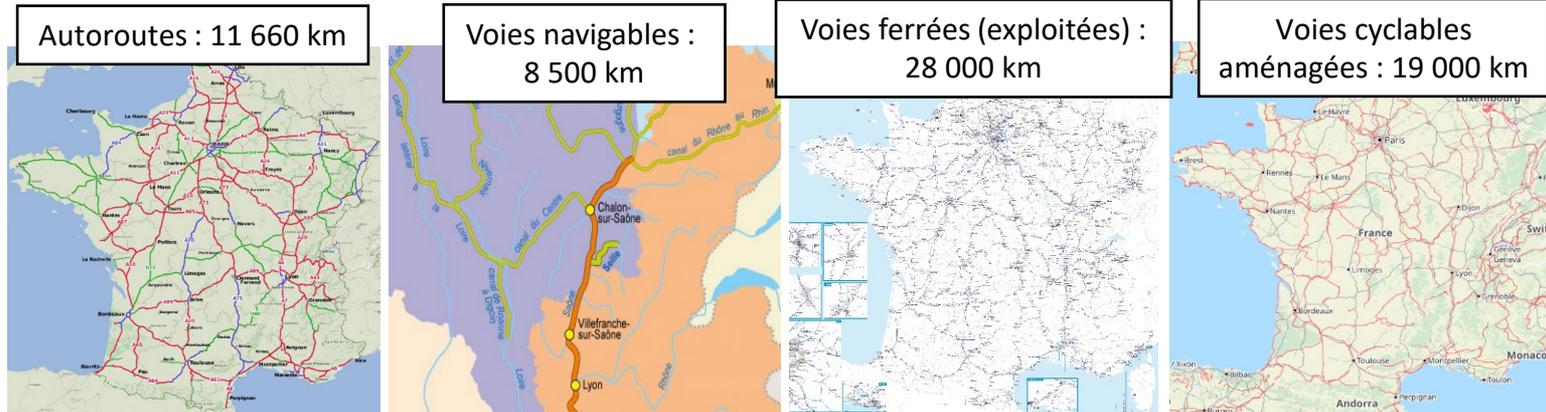
Comparativement à ses voisins, la France serait la mieux placée avec le plus grand potentiel (**65 TWh/an**) et obtiendrait les meilleurs couts de l'énergie produite (LCOE).



Source : « European transport infrastructure as a solar photovoltaic energy hub » - Renewable and Sustainable Energy Reviews mai 2024

Le potentiel France

Estimation du potentiel de marché en France



Première estimation : 67 000 km soit environ 67 GWc brut pour un ratio de 1 MWc/km

Cadastre solaire France

Déroulement de l'étude (S1 2024)

Phase 1 : Méthodologie

Phase 2 : Calcul du potentiel PV en France

- Classement des fonciers en 3 catégories (exclusion, implantation potentielle, implantation prioritaire)
- Calcul du productible théorique (Nh, densité linéaire, productible)

Phase 3 : Inventaire du potentiel de projets PV en France

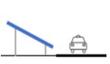
Périmètre France métropolitaine

Fonciers linéaires :

- Les endiguements, talus, berges
- Les véloroutes, pistes cyclables
- Les canaux non navigables
- Les délaissés linéaires le long des routes, autoroutes, pistes cyclables, canaux et fleuves

Systèmes photovoltaïques :

- Couverture surélevée sur terrain en pente
- Mur vertical bifacial
- Couverture en ombrière
- Couverture au sol classique

Typologie projets	Couverture PV en ombrières	Couverture PV intégrée ou posée au sol	Mur vertical	Bordure PV surélevé (talus, berges)	Bordure PV au sol (ex : délaissés)
Fonciers linéaires					
					
Autoroutes, Routes, Véloroutes et pistes cyclables	X		X	X	X
Canaux non navigables	X				
Endiguements	X		X	X	
Voies ferrées		X	X	X	X

Etudes techniques



1. PV vertical (ex : le long de routes)

- Densité : 0.3-0.6 MWc/km
- 1^{er} projet CNR : Sablons (350m)
- En service depuis 2022



2. Ombrière sur Véloroute

- Densité : 0.6-1.4 MWc/km
- 1^{er} projet CNR : démonstrateur OPHELIA à Caderousse
- En service en 2025



3. Ombrière sur canal (non navigable / sans végétation)

- Etudes techniques sur coupes types
- Densité : 0.6-2.1 MWc/km



4. Parement de digue (ex : digues CNR)

- Etudes techniques sur digues CNR à mener
- Densité : 0.6-2.1 MWc/km

PV vertical : projet CNR à Sablons



Parc vertical bifacial sur digue ouverte au public

- Lieu : Sablons (38)
- Lauréat de l'Appel d'Offres CRE innovation
- Puissance : 104 kWc / longueur : 333 m
- 288 panneaux bifaciaux verticaux atteignant une hauteur de 3,40 mètres
- Sécurisation du passage des câbles (goulottes, capotage)
- Monitoring de la performance :
 - 288 micro-onduleurs
 - capteur d'éclairement
 - sondes de température
- Fondations : longrines béton préfabriquées

*1ère injection sur
le réseau Enedis le
20 janvier 2022*



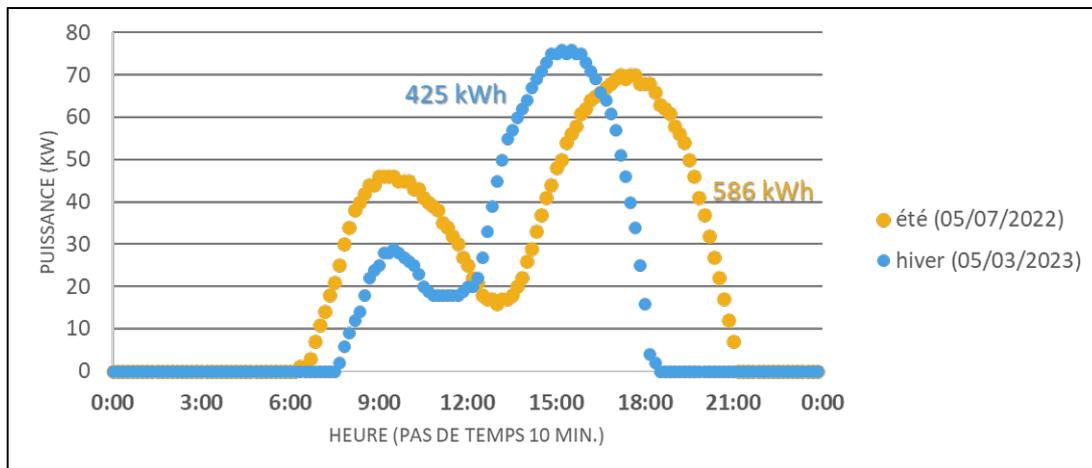
PV vertical : projet CNR à Sablons

Retour d'expérience année 1

Production annuelle (du 01/03/2022 au 28/02/2023) : **110,35 MWh/an**

Nh = 1061 h/an > prévision PVsyst (944 h/an)

Exemples de Courbe de charge Eté / Hiver :



Etudes réglementaires

- Maîtrise foncière (pluralité de propriétaires fonciers avec des statuts différents)
- Spécificités réglementaires liées aux concessions
- Superposition des règles et documents d'urbanismes
- Modalité instruction du Permis de Construire d'une installation traversant différentes communes
- Raccordement sur le réseau de transport ou de distribution d'une installation traversant différentes communes
- Qualification juridique de la ligne électrique jusqu'au point d'injection
- Risque incendie : accès pompier, point de coupure, citerne
- Risques liés aux Installations Ouvertes au Public
- Possibilités de valorisation de l'énergie (AO CRE, PPA, autoconsommation)
- Etc...

Le démonstrateur

03

- Ombrière photovoltaïque sur véloroute à Caderousse (84)



Le démonstrateur ViaSolaire du Colombier



**Parc PV Du
Colombier
(existant)**
14 MWc

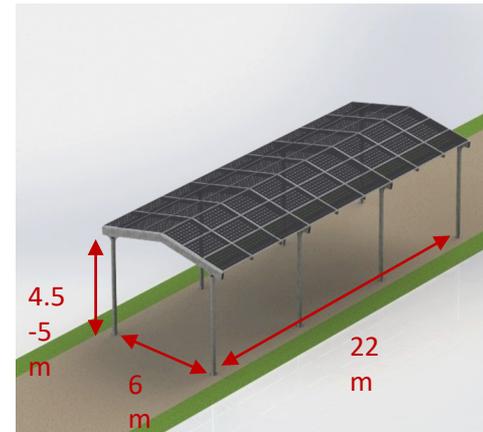
**Projet
ViaSolaire du
Colombier**
850 m/ 1 MWc

Commune de Caderousse (84)

Puissance estimée : 1 MWc

Linéaire total : 0.850 km

Dimensions d'une structure : 22m * 6m * 5m

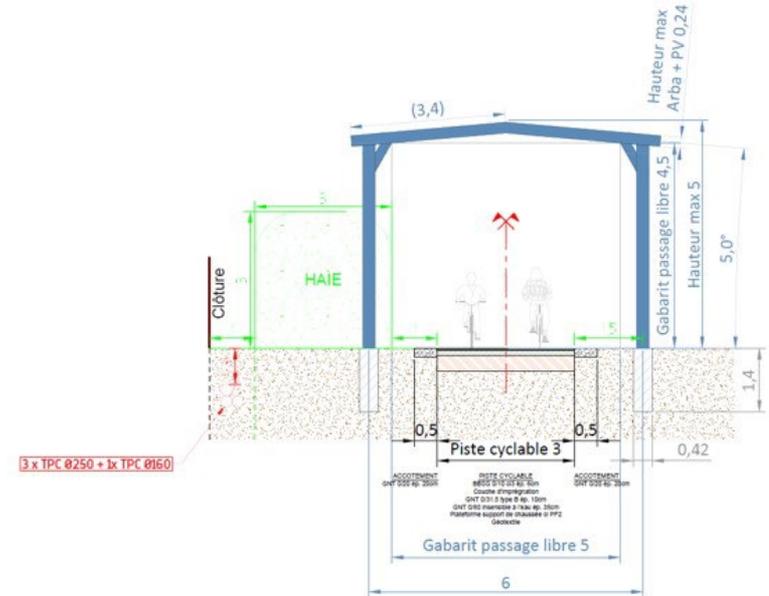


Innovation : Architecture électrique en courant continu : +/- 5 KV

Photomontage du démonstrateur

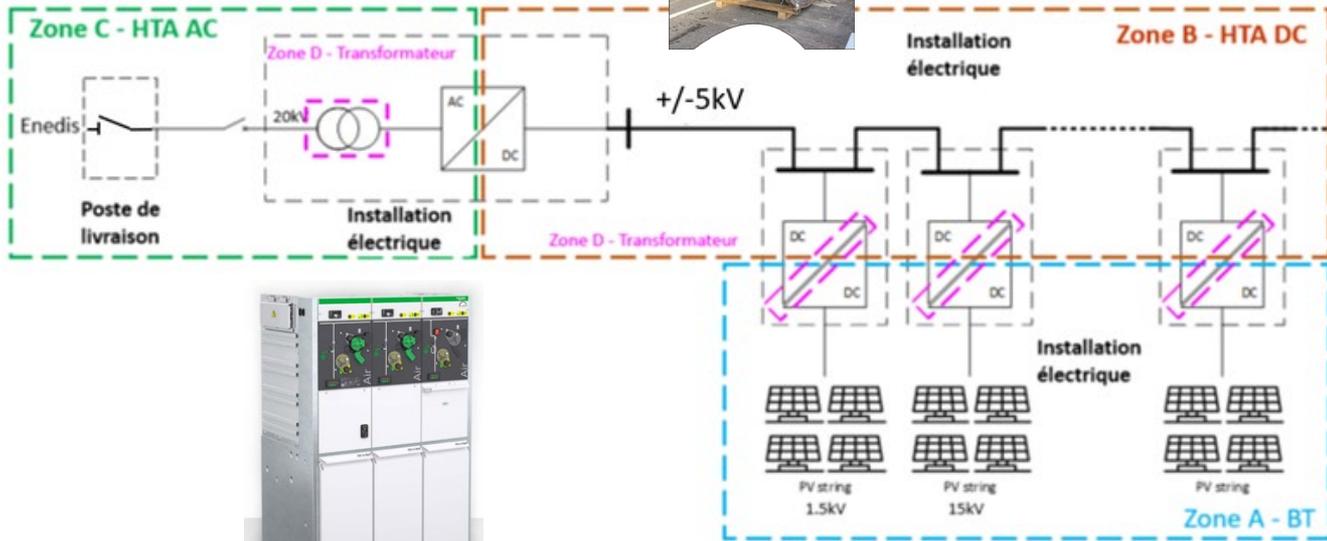


Plan du démonstrateur

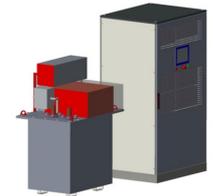


Architecture électrique

Câble MVDC
(Nexans)



Appareillages
(Schneider Electric)



3 Convertisseur DC-DC et
armoire MPPT
(SuperGrid Institute)

Compagnie Nationale du Rhône



vensolaïr

