



Lire les commentaires généraux compris dans le commentaire ci-dessus.



Solutions pour l'autonomie énergétique de l'île de Procida grâce au photovoltaïque

Thibault DOASSANS-CARRERE (20%)

École de technologie supérieure
DOAT84340001

thibault.doassans-carrere.1@ens.etsmtl.ca

Marie-Lou HUBENER (20%)

École de technologie supérieure
HUBM15339901

marie-lou.hubener.1@ens.etsmtl.ca

Marie-Alice PORTA (20%)

École de technologie supérieure
PORM75290001

marie-alice.porta.1@ens.etsmtl.ca

Amaury QUESTE (20%)

École de technologie supérieure
QUEA87260101

amaury.queste.1@ens.etsmtl.ca

Antoine SCHRYVE (20%)

École de technologie supérieure
SCHA84310001

antoine.schryve.1@ens.etsmtl.ca

RÉSUMÉ



Depuis plusieurs années, l'île italienne de Procida est le théâtre de nombreuses initiatives écologiques, aussi bien à l'échelle citoyenne qu'à l'échelle européenne avec la volonté de devenir autonome en électricité. Cet article étudie la possibilité de cette autonomie grâce à l'utilisation de panneaux solaires photovoltaïques. Il faudrait installer environ 0,1km² de panneaux solaires, et l'île dispose d'une surface de 0,4km² pour réaliser ces installations. En prenant en compte le stockage, le projet coûterait 60 millions d'euros et permettrait de diviser les émissions de gaz à effet de serre par 2,5.

Mots clés : Procida, autonomie énergétique, photovoltaïque, énergie décarbonée

NOMENCLATURE

Abréviations

GES : gaz à effet de serre

GIEC : Groupe d'experts
intergouvernemental sur l'évolution
du climat

PV : photovoltaïque



INTRODUCTION

Pour espérer limiter le réchauffement climatique à 1,5°C, le dernier rapport du GIEC est catégorique : une réduction de 95 %, 60 % et 40 % de la consommation de charbon, de pétrole et de gaz avant 2050 est requise, nécessitant une transition énergétique rapide des territoires à l'échelle mondiale. [1] Il s'agit notamment d'un enjeu majeur pour les îles, car cela représente l'occasion de diminuer drastiquement leur dépendance aux importations.

L'île italienne de Procida, située au large de Naples, dépend à 99% des importations pour sa consommation

énergétique. Avec 10 600 habitants sur un territoire de 4.1 km² au cœur d'une aire marine protégée, l'île dispose de peu de place pour de quelconques installations de production d'électricité. Toutefois, l'île bénéficiant d'un bon ensoleillement tout au long de l'année, une exploitation bien plus importante de son potentiel solaire semble possible afin d'atteindre une autonomie énergétique durable [2].

L'objectif de l'étude est d'évaluer dans quelle mesure l'autonomie énergétique des bâtiments de l'île est envisageable grâce à l'installation de panneaux solaires photovoltaïques.



ETAT DES LIEUX ÉNERGÉTIQUE DE L'ÎLE DE PROCIDA

Production et consommation d'électricité

L'île de Procida ne dispose aujourd'hui d'aucune autonomie énergétique ; ses besoins en énergie sont assurés à 99% par un câble sous-marin de 30 kV connecté au réseau d'électricité italien via l'île voisine Ischia [2]. Son mix énergétique est donc similaire à celui de l'Italie continentale. En 2021, la production d'électricité en Italie reposait à 83% sur l'utilisation directe des combustibles fossiles. [3]

Actuellement, la seule source d'énergie renouvelable sur l'île est le solaire photovoltaïque. 300kW de panneaux solaires photovoltaïques y sont installés, essentiellement dans des résidences privées. La mairie est équipée de panneaux solaires de 20kW et est le seul bâtiment public à en disposer. [4]

Les secteurs consommant le plus d'électricité sont les secteurs résidentiels et agricoles, qui représentent respectivement 63% et 28% de la consommation en électricité. La consommation moyenne en électricité est de 20 MWh par habitant annuellement. [4]

Implication dans des projets d'énergies renouvelables

En 2020 naît parmi les citoyens de l'île un mouvement d'opinion mené par Salvatore De Martino, un consultant spécialiste des questions environnementales, qui revendique la neutralité carbone et l'autonomie énergétique totale de l'île pour 2025. Une conscience écologique forte émerge progressivement parmi les citoyens, menant à l'engagement des administrations locales dans des projets de transition énergétique internationaux. [5]

Ainsi, Procida a été choisie pour être l'un des deux sites de démonstration du GIFT Project, un projet qui s'intègre dans le programme de recherche et d'innovation Horizon 2020 de l'Union Européenne et qui a pour objectif de décarboner le mix énergétique des différentes îles européennes. Une augmentation du nombre de panneaux solaires photovoltaïques sur les bâtiments de l'île est envisagée dans le cadre du projet, ainsi que la construction d'un Smart Energy Hub, qui est un système de production d'électricité solaire photovoltaïque associé à un système de stockage alliant batteries et piles à hydrogène. Ce système est capable d'agir comme un électrolyseur afin de stocker l'électricité en excès sous forme d'hydrogène, et comme pile à combustible pour produire de l'électricité et de la chaleur à partir de l'hydrogène stocké. [4]

En 2022, l'île a aussi été un des cas phares de l'Ecosystemic Transition Unit de l'association Interreg MED Renewable Energy Community, un modèle de gouvernance

visant à aider les municipalités rurales et insulaires méditerranéennes à planifier leur transition énergétique. [2]

Une accélération importante de l'implantation d'installation d'énergies renouvelables sur l'île est donc attendue dans les prochaines années.

CALCUL DE LA SURFACE THÉORIQUE DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES NÉCESSAIRE

Identification du besoin en électricité

Le besoin journalier moyen de Procida est représenté sur la figure 1. La production d'électricité est aujourd'hui négligeable, seuls quelques panneaux solaires sont installés sur des résidences privées. Concernant la consommation, celle-ci est beaucoup plus importante en été qu'en hiver. Cela s'explique par le fait que les hivers sont doux et nécessitent peu de chauffage. A l'inverse, les étés chauds poussent à l'utilisation de climatisation. De plus, Procida est une destination touristique très prisée, ce qui fait également augmenter la consommation estivale d'électricité.

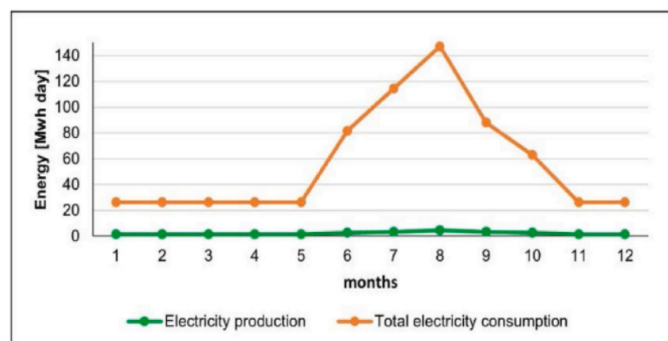


Figure 1 : Consommation et production d'électricité journalières de Procida [6]

Potentiel solaire photovoltaïque

L'île de Procida bénéficie d'un ensoleillement très intéressant (figure 2). Les valeurs de rayonnement sont tirées du logiciel de calcul PVWatts et vont permettre de calculer la surface nécessaire. Il est important de noter que le profil d'ensoleillement est similaire au profil de la consommation électrique (plus d'énergie disponible et nécessaire en été), ce qui est un très bon avantage et qui conforte le choix du photovoltaïque.

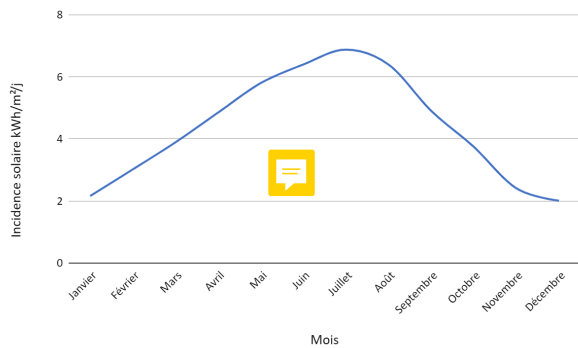


Figure 2 : Rayonnement solaire selon PVWatts [7]

Tableau 1 : Rayonnement solaire selon PVWatts [7]

Month	Solar Radiation (kWh / m ² / day)
January	2.16
February	3.02
March	3.89
April	4.85
May	5.80
June	6.40
July	6.88
August	6.40
September	4.91
October	3.75
November	2.41
December	2.01

photovoltaïques sans bloquer l'accès aux bateaux [2]. Bien qu'intéressant, le photovoltaïque offshore est donc mis de côté pour cette étude.

Présentation des résultats et analyse

$$Surface [m^2] = \frac{Consommation [kWh/jour]}{Incidence solaire [kWh/m^2/jour]*rendement} \quad (1)$$

Les calculs ont été réalisés à l'aide de la formule (1). Le détail des calculs est fourni en annexe 1.

Tableau 2 : Surface nécessaire pour assurer l'autonomie électrique de Procida pour différents panneaux

Référence	Rendement	Surface nécessaire (km ²)
Futurasun FU 420-430M Zebra Pro	21.84%	0,1037
Powersolution PS-PM-54M435-HCS	22.29%	0,1016

Ainsi, la surface à couvrir est relativement faible. Cependant, l'île étant petite (4,1 km²), les surfaces à couvrir de panneaux solaires représentent entre 2,48% et 2,53% de la surface totale de l'île en fonction du type de panneaux utilisé. Il est donc nécessaire de faire une étude approfondie des surfaces disponibles sur l'île.

L'ETU Flagship Cases [2], rapport européen datant de juin 2022 qui étudie également la possibilité de rendre Procida autonome en énergie, obtient des résultats du même ordre de grandeur que ceux présentés précédemment. Les calculs réalisés dans cet article semblent donc cohérents.

CALCUL DE LA SURFACE TERRESTRE DISPONIBLE

Il faut chercher à connaître la surface disponible pour installer des panneaux solaires sur l'île de Procida. Procida étant une petite île de 4 km² habitée par plus de 10 500 personnes et sur laquelle se trouvent de nombreux champs, il n'existe pas d'endroit très propice à l'installation de champs de panneaux solaires. Il existe bien une autre petite île, rattachée à Procida par un pont, qui est vide de toute activité humaine, mais c'est une réserve naturelle donc il est impossible d'y placer des panneaux solaires.

L'île de Procida est, par conséquent, une île très compacte avec des maisons et des champs sur toute l'étendue de sa surface.

Choix des technologies et des modèles de panneaux

Il existe deux possibilités pour exploiter l'énergie solaire photovoltaïque, sur terre (onshore) ou en mer (offshore). Concernant le photovoltaïque onshore, les panneaux solaires choisis pour réaliser les calculs sont ceux ayant le meilleur rendement parmi les fournisseurs ayant une filière en Italie [8]. Les panneaux solaires retenus sont les suivants :

- FU 420-430M Zebra Pro (Futurasun), rendement de 21,84% [9]
- PS-PM-54M435-HCS (Powersolution), rendement de 22,29% [10]

Le photovoltaïque offshore est quant à lui encore peu commun de nos jours. Il n'y a pas de fournisseur de cette technologie en Italie, toutefois les nombreux projets autour du globe ont démontré que les rendements offshore pouvaient être jusqu'à 15 à 20% supérieurs aux rendements onshore [11]. Cependant la grande majorité des eaux entourant l'île est classée comme zone protégée. La seule zone potentielle est le port de Procida mais il est impossible d'y installer des panneaux



Figure 3 : vue satellite de l'île de Procida

Recherche d'espace disponible au sol

Pour trouver de l'espace disponible au niveau du sol, il a fallu chercher sur google earth [12] ou google maps [13] en vue satellite pour repérer les endroits sans maisons. Il fallait aussi que ces endroits ne soient pas des lieux de tourisme et qu'ils soient assez étendus pour pouvoir y mettre le plus de panneaux solaires possible. Trois zones sont susceptibles de correspondre aux critères évoqués juste avant. Ces zones sont entourées sur la figure n°3. Elles se trouvent à flanc de falaises, ne disposent d'aucun belvédère ou point de vue et ne comportent pas de maisons. Il est aussi possible de placer des panneaux solaires sur les champs en utilisant une méthode d'agriculture appelée agrivoltaïsme [14] qui consiste à placer des panneaux solaires sur les champs à une certaine hauteur pour continuer d'exploiter les champs. De plus, les panneaux solaires protègent les cultures du froid, de la pluie et permettent d'ombrager ces cultures.

Recherche d'espace disponible sur les bâtiments

L'implantation de panneaux solaires sur les toits des maisons peut poser problème pour certains habitants et aussi pour l'esthétique des bâtiments dans un lieu aussi touristique que Procida. Il s'agit donc de déterminer en premier plan la surface disponible de chacun des bâtiments qui sont référencés sur google maps par un point d'intérêt (hôtels, restaurants, bâtiments publics,...). Ensuite, s'il demeure un besoin d'espace supplémentaire, il est toujours possible de promouvoir l'installation de panneaux solaires chez les particuliers en offrant des aides économiques afin d'augmenter la surface disponible.

Calcul de la surface disponible

La surface correspondante aux différentes zones sélectionnées a été calculée à l'aide du logiciel calcmeps [15]. Les images ci-dessous représentent les trois zones entourées en rouge de la figure 3 qui sont plus ou moins orientées vers le sud pour une exposition maximale :

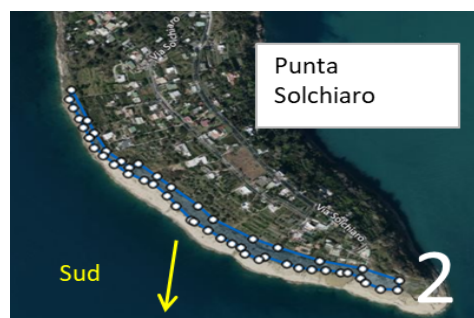


Figure 4 : Vues satellites des zones d'implantation de panneaux solaires

La surface totale cumulée de ces trois zones est de 93100 m² environ soit 0.09 km². L'intérêt de ces zones est qu'elles sont toutes les trois orientées dans la direction du sud pour que les panneaux solaires puissent capter un maximum de rayonnement solaire. Ce sont les seules zones au sol qui soient à la fois orientées plein sud, assez larges pour placer plusieurs centaines de panneaux solaires et qui ne sont pas recouvertes par des champs ou des maisons.

Au niveau du sol, il est aussi possible de placer des panneaux solaires dans les champs comme évoqué précédemment. La surface des champs de Procida est de

178500 m² (valeur calculée dans l'annexe 2 avec les valeurs de [2]).

Il est aussi possible de disposer d'une grande surface, plus localement, sur le toit de certains bâtiments. La plupart des bâtiments qui sont des points d'intérêt sur google maps mais qui n'étaient ni des lieux protégés (bâtiments anciens), ni des bâtiments touristiques sont des édifices qui peuvent facilement être utilisés pour l'exploitation solaire. Après calculs des surfaces des différents points d'intérêt, la surface totale obtenue est d'environ 15 900 m² de toits d'édifices tels que des restaurants, des hôtels, des logements de vacances, des supermarchés et des bâtiments publics (police, écoles, capitaineries).

Finalement, il reste possible de placer des panneaux solaires sur les toits des maisons des habitants de l'île en encourageant ces habitants à le faire. La surface disponible approximativement (valeur minorée au maximum) est de 168443 m² (voir annexe 2 qui utilise les valeurs de [2]).

Ainsi, la surface totale disponible est de 456 000 m² environ, soit 0,456 km². La figure 5 représente la part de chaque « catégorie » étudiée d'espace offrant de la surface disponible à la surface totale. En bleu est représenté la part des espaces publics où il sera moins contraignant de placer des panneaux solaires et en rouge la part des espaces privés. Il faut remarquer que l'espace disponible en ne prenant en compte que les espaces publics est déjà de 0,1038 km², ce qui est suffisant pour subvenir aux besoins de l'île toute l'année.

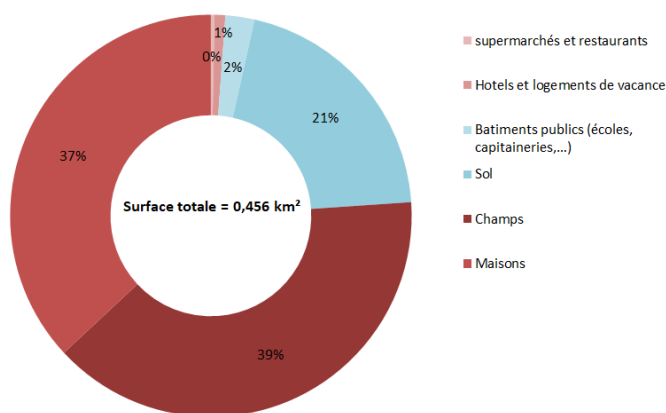


Figure 5 : répartition de la surface disponible de l'île

STOCKAGE

Les batteries choisies pour le stockage sont les batteries Li-ion. En effet, ces batteries ont un rendement de 90% et peuvent atteindre 2 000 cycles de charge/décharge. [16]

Les batteries choisies peuvent stocker 67 kWh d'énergie [17]. En considérant que celles-ci ont un rendement de 98%, il faut 2 209 batteries pour pouvoir stocker 145 MWh d'énergie, qui correspondent à l'énergie maximale à stocker [6]. En effet, le calcul du nombre de batterie est fourni formule 2 :

$$\text{Nombre de batteries} = \frac{\text{Energie totale [kWh]}}{\text{Energie d'une batterie * rendement}} \quad (2)$$

CALCUL DES COÛTS

Afin d'évaluer la rentabilité du projet, il faut réaliser un bilan des dépenses et bénéfiques du projet. Le calcul des coûts prend en compte les éléments suivants : l'achat et l'installation des panneaux photovoltaïques, l'achat des batteries, l'aménagement du terrain pour recevoir les panneaux photovoltaïques et enfin la maintenance annuelle du système global [18], [19], [20]. Sont négligés les coûts liés à la main-d'œuvre et ceux de raccordement au réseau par rapport aux coûts des panneaux photovoltaïques .

En choisissant les panneaux avec un rendement de 21,8% et une puissance de 430 kW, le champ photovoltaïque est constitué de 51877 panneaux. Pour le nombre de batteries, il est cité précédemment.

Coûts d'investissement (CAPEX)	Montant (M€)
Panneaux photovoltaïques	33,46
Batteries	24,18
Aménagement du territoire	2,7
TOTAL	60,3
Coûts d'exploitation (OPEX)	Montant (M€)
Maintenance	0,1

Tableau 3 : Récapitulatif des différents coûts du projet

Ainsi d'après le tableau 3, les coûts totaux s'élèvent à près de 60,3 millions d'euros. Cette estimation est assez pertinente et acceptable vis-à-vis des estimations réalisées par l'organisation ARMINES estimées à 53,5 millions d'euros. Il est à noter que le calcul des coûts a été réalisé en majorant les

diverses dépenses, il s'agit donc d'une estimation haute du projet.

En choisissant de devenir indépendant énergétiquement, Procida économise annuellement 3,7 millions d'euros (annexe 3, Tableau 8) [2], [5]. De plus, en exportant son excédent d'électricité à l'île voisine d'Ischia, Procida réalise 1,7 millions d'euros de recettes annuelles (annexe 3, Tableau 9) [2], [5]. Ainsi, les bénéfices de l'île s'élèvent à 5,4 millions d'euros par an (annexe 3, Tableau 10).

En se basant sur la consommation en électricité journalière des habitants de Procida, la Période de Retour sur Investissement est égale à 11,4 ans, ce qui est une valeur cohérente au vu des investissements matériels et économiques du projet et de la durée de vie d'environ 30 ans des panneaux solaires (annexe 4).

IMPACT ENVIRONNEMENTAL

La consommation énergétique actuelle de l'Italie se trouve en annexe 5. En supposant que la consommation énergétique de Procida est la même, les émissions de gaz à effet de serre (GES) des 3 situations suivantes sont recensés tableau 4 : la situation actuelle [21, 22], lorsque la totalité de l'énergie est produite grâce aux panneaux solaires [21,22] et en prenant en compte l'impact environnemental des batteries [23]. Le détail des calculs se trouve annexe 6.

Tableau 4 : Émissions de GES pour l'île de Procida actuellement et avec la mise en place de panneau solaire

	Situation actuelle	Panneaux solaires	Panneaux solaires + batteries
Émissions de GES (T CO _{2eq} / an)	10 192	1 160	7 080
Différence avec la situation actuelle GES (T CO _{2eq} / an)		9 032	3 112

La mise en place des panneaux PV permet de diviser les émissions de GES par 1,5. Cependant, l'implantation de panneaux solaires au sol nécessite un aménagement de terrain qui peut être néfaste pour l'environnement (arbres et sols à aménager). C'est pour cela qu'un calcul de surface disponible plus complet a été réalisé. Ce calcul permet de se rendre compte que si un aménagement de terrain n'est pas envisageable en raison de problèmes environnementaux, il est toujours possible de favoriser l'agrivoltaïsme ou l'implantation de panneaux solaires sur les maisons ou commerces de particuliers en échange de subventions par exemple.

CONCLUSION

L'objectif de cette étude était de montrer qu'il est possible de rendre l'île italienne de Procida autonome en électricité grâce à la pose de panneaux solaires photovoltaïques. La surface nécessaire est d'environ 0.1km², pour accueillir un peu plus de 51 000 panneaux. Cette surface est actuellement disponible si des travaux d'aménagement sont réalisés, ce qui montre que le projet est donc réalisable théoriquement. Le stockage nécessite environ 2 200 batteries Li-ion. Le coût total du projet est estimé à 60,3M€. Malgré une PRI de 11,4 ans et un investissement conséquent, ce projet permettrait de réduire drastiquement les émissions de GES (facteur 1.5).

REMERCIEMENTS

Nous remercions nos professeurs, Julien Drouet, Daniel Rousse et Patrick Turcotte pour leur apprentissage et leurs conseils.

RÉFÉRENCES

- [1] Sixième rapport d'évaluation du Giec publié le 28 février 2022
- [2] ETU Flagship Cases Dossier Procida, Italy June 2022. [RE_ETU_FC_Dossier_Procida.pdf](#)
- [3] statista.com <https://www.statista.com/statistics/873552/energy-mix-in-italy/>
- [4] S. CHLELA, G. GRAZIOLI, F. MARCHAT, S. SELOSSE, N. MAÏZI, « GIFT H2020 : Geographical Islands Flexibility », 30 juin 2021.
- [5] italycarbonfree.it <https://www.italycarbonfree.it/procida-carbon-free/>
- [6] F. Masala, D. Groppi, B. Nastasi, G. Piras, D. Astiaso Garcia, « Techno-economic analysis of biogas production and use scenarios in a small island energy system », 19 juillet 2022. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544222017340>
- [7] PVwatts, Solar resource data, Naples, Italie. <https://pvwatts.nrel.gov/pvwatts.php>
- [8] Fabricants de panneaux solaires - Italie. <https://fr.enfsolar.com/directory/panel/monocrystalline?country=107>
- [9] Panneau Futurasun FU 420-430M Zebra Pro. https://fr.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/53317?utm_source=ENF&utm_medium=panel_profile&utm_campaign=enquiry_company_directory&utm_content=22229
- [10] Panneau Powersolutions PS-PM-54M435-HCS.

<https://www.power-solutions.it/powersolutions-serie-power-n/>

[11] B. Deboysier, « Le photovoltaïque gagne le large », 4 février 2022.

<https://www.revolution-energetique.com/le-photovoltaique-gagne-le-large/>

[12] Google earth

<https://earth.google.com/web/@40.75162595,14.02076407,28.96503004a,7648.43720159d,35v,10.86756078h,7.65718104t,-0r>

[13] Google maps

<https://www.google.ca/maps/place/Procida/@40.7550304,14.0007963,14z/data=!3m1!4b1!4m6!3m5!1s0x133b135ad5c0b38d:0x81634b3c1c74b944!8m2!3d40.7578412!4d14.0150996!16zL20vMDJ2dGd0>

[15] Couplez cultures agricoles et panneaux solaires avec l'agrivoltaïsme, colibri solar, 2022

<https://www.colibri.solar/agriculteurs/agrivoltaique/>

[14] Calcmaps

<https://www.calcmaps.com/fr/map-area/>

[16] O. Lazzari, « Les accumulateurs lithium-ion au Japon », p. 12, juillet 2006.

https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/38/054/38054729.pdf

[17] SMA Storage Business : “Highly flexible battery-storage system for commercial and industrial applications” :

<https://files.sma.de/downloads/STORAGE67-DS-en-11.pdf>

[18] ENGIE, 2022.

<https://mypower.engie.fr/energie-solaire/conseils/cout-panneau-solaire.html>

[19] SMA Solar Technology AG, 2022.

[STORAGEPACKB-DFR2139.pdf](https://www.sma.de/fileadmin/user_upload/STORAGEPACKB-DFR2139.pdf)

[20] Travaux, Aménagement du terrain, 2022

<https://www.travaux.com/construction-renovation-maison/guide-des-prix/prix-travaux-de-mise-a-niveau>

[21] Equiterre, “Mythe 3 : produire des énergies renouvelables crée beaucoup de GES”, décembre 2015

https://legacy.equiterre.org/sites/fichiers/fiche-03_1_0.pdf

[22] RTE, 2022

<https://www.rte-france.com/eco2mix/les-emissions-de-co2-par-kwh-produit-en-france>

[23] Han Hao, April 2017, GHG Emissions from the Production of Lithium-Ion Batteries for Electric Vehicles in China : <https://www.mdpi.com/2071-1050/9/4/504/html>

ANNEXES

Annexe 1 : Calcul de la surface nécessaire

Tableau 5 : Détail des consommations et irradiation par mois sur l'île de Procida

Mois	Consommation (MWh/j)	Irradiation (kWh/m ² /j)
Janvier	25	2,16
Février	25	3,02
Mars	25	3,89
Avril	25	4,85
Mai	25	5,80
Juin	81	6,40
Juillet	115	6,88
Août	145	6,40
Septembre	88	4,91
Octobre	62	3,75
Novembre	25	2,41
Décembre	25	2,01

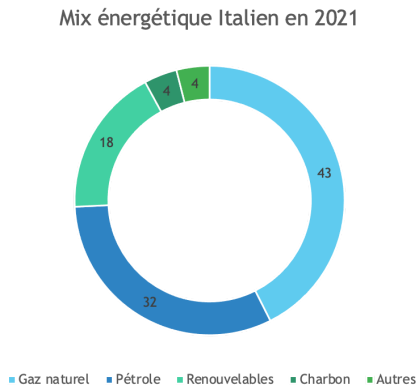
Tableau 6 : Détail des surfaces nécessaires en fonction du mois de l'année

Mois	Surface nécessaire (km ²), r = 21,84%	Surface nécessaire (km ²), r = 22,29%
Janvier	0,0530	0,0519
Février	0,0379	0,0371
Mars	0,0294	0,0288
Avril	0,0236	0,0231
Mai	0,0197	0,0193
Juin	0,0579	0,0568
Juillet	0,0765	0,0750
Août	0,1037	0,1016
Septembre	0,0821	0,0804
Octobre	0,0757	0,0742
Novembre	0,0475	0,0465
Décembre	0,0569	0,0558

On remarque que le mois limitant, qui va imposer le dimensionnement des installations est le mois d'Août, pour lequel la surface de panneaux photovoltaïques requise est la plus élevée.



Annexe 5 : Mix énergétique italien en 2021 [3]



Annexe 6 : Calculs des émissions de GES

Consommation totale annuelle de Procida : **20 352 MWh** [5]

Tableau 11 : Calcul des émissions de GES actuelles

	Pétrole	Gaz naturel	Charbon	Renouvelables
Emission GES (kg CO ₂ eq / MWh)	841	422	986	60 (en moyenne)
MWh pour Procida	6 512	8 751	814	3 664
Émissions pour Procida (T CO ₂ eq)	5 477	3 693	802	220
Total (T CO₂eq)	10 192			

Tableau 12 : Calcul des émissions de GES pour les panneaux solaires

	Panneaux solaire
Emission GES (kg CO ₂ eq / MWh)	57
MWh pour Procida	20 352
Émissions pour Procida (T CO₂eq)	1 160

Tableau 13 : Calcul des émissions de GES pour les batteries

	Batteries
Emission GES (kg CO ₂ eq / kWh)	40
Stockage d'une batterie (kWh)	67
Nombre de batterie	2 209
Émissions pour les batteries (T CO ₂ eq)	5 920
Total d'émissions (panneau solaire + batteries) (T CO₂eq)	7 080

Remarque : Le calcul des émissions de GES pour les batteries est réalisé à partir de batteries fabriquées aux USA. De plus, on ne prend pas en compte le fait que la durée de vie d'une batterie est plus faible et qu'il faudra les changer. Pour cela, et parce que Procida est toujours raccordé au réseau italien, nous pouvons imaginer un parc sans stockage, ou avec un stockage moins important.