



Projet photovoltaïque de Villefagnan

91649 - Étude de réverbération

Pour Orion Energies, le 08/07/2026

kiloWattsol

SOLAR EXPERT

Résumé exécutif

Orion Energies a mandaté kiloWattsol pour évaluer les effets de réverbération solaire de la centrale photovoltaïque prévue sur la commune de Villefagnan sur les conducteurs de train de la ligne LGV SEA.

- ❑ **LGV SEA – sens nord** : réverbérations **vespérales** possibles **toute l'année** (à partir de 17 h 15 CEST / 16 h 15 CET) ; intensité sous les seuils d'éblouissement incapacitants et très brefs.
- ❑ **LGV SEA – sens sud** : Les conducteurs perçoivent le face arrière des tables photovoltaïques. Aucune réverbération critique observée.

Conclusion : Les réverbérations ne présentent pas de risque pour la sécurité des usagers de la Ligne Grande Vitesse.

Ce document n'aborde pas les mesures d'atténuation.

Contact Orion Energies: Tiphaine BREDEKA
Contact kiloWattsol : Guillaume TOURASSE

Contexte de l'étude

Description - Projets photovoltaïques et Observateurs

Analyse - Voie LGV SEA

Conclusion

Contexte de l'étude

Orion Energies prévoit de développer, sur la commune de Villefagnan, 16240, dans le département de la Charente, un projet photovoltaïque au sol d'une puissance de 2,76 MWc.

Dans ce cadre, Orion Energies a confié à kiloWattsol la mission d'évaluer l'impact potentiel de la réverbération solaire gênante ou incapacitante générée par cette installation photovoltaïque sur la Ligne à Grande Vitesse à proximité.

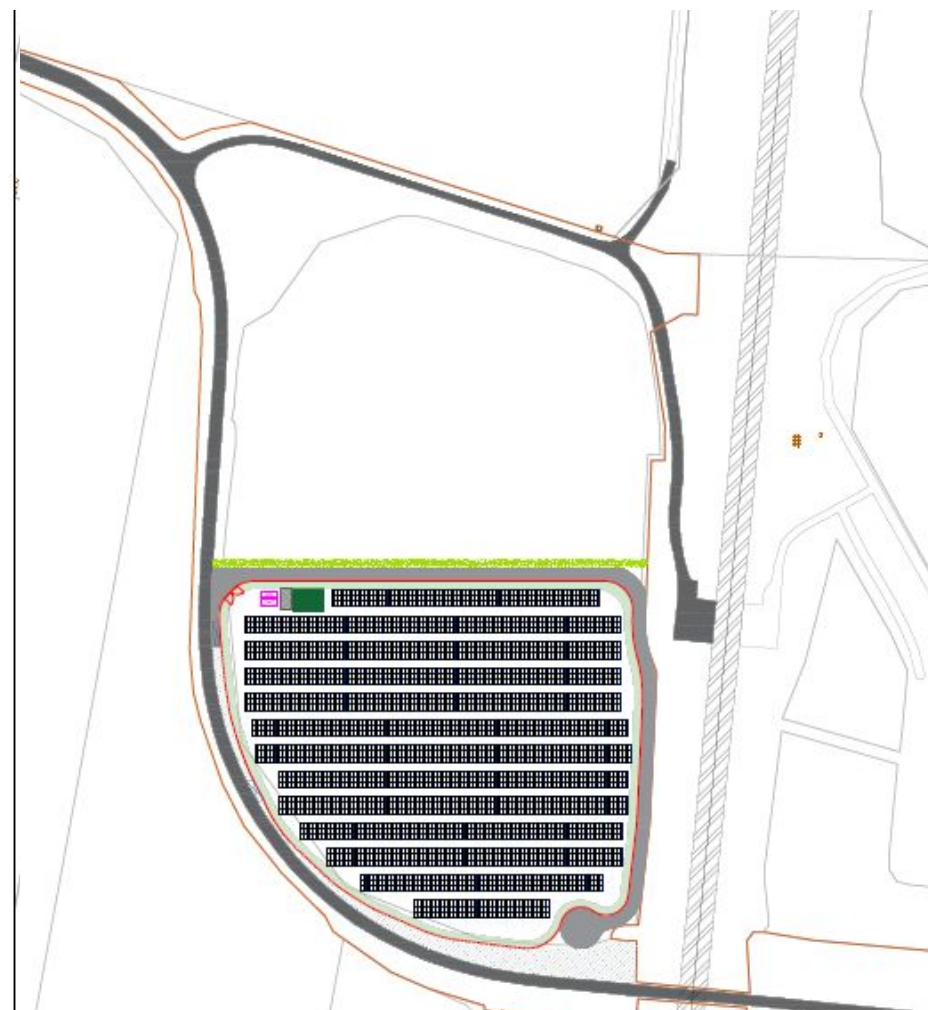
Description - Projet photovoltaïque

Centrale au sol pour une puissance de 2,76 MWc

- Inclinaison des tables : 25°
- Azimut depuis le nord : 180°
- Modules : DMEGC DM650G12RT-B66HSW
- Point bas des modules PV : 1,1 m
- Point haut des modules PV : 4,37 m
- Largeur des tables : 7,15 m
- Distance inter-tables: 3,5 m
- GCR : ~65%

LEGENDE

	Tables photovoltaïques
	Poste de transformation / point de livraison
	Conteneur de stockage
	Bâche incendie de 120 m ³
	Route existante
	Piste périmétrale externe lourde de 5m de large
	Piste intérieure enherbée de 3m de large
	Aire de stationnement (32 m ²)
	Talus existant
	Bâtiments existants
	Voie ferrée (LGV)
	Haie bocagère à planter
	Portail d'entrée
	Clôture
	Limites cadastrales du projet
	Cadastre



Description - Technologie des modules

Modèle DMEGC DM650G12RT-B66HSW

- Absence de technologie antiéblouissement

Attention à distinguer une technologie antiéblouissement d'une technologie antireflet (par exemple, ARC).

La première, antiéblouissement, minimise la réflexion spéculaire en diffusant la fraction réfléchie. Cette technologie est généralement caractérisée par une surface structurée du verre.

La seconde, antireflet, maximise le rayonnement collecté par la cellule photosensible. Plusieurs technologies existent, notamment les verres structurés et les traitements multicouches.

DMEGC SOLAR

INFINITY RT

N-type
Bifacial Module with Double Glass

DMxxxG12RT-B66HSW
640~660W

24.4%
Max. Efficiency

15
15 years product warranty

30
30 years linear power warranty

- **Leading manufacturing**
40+ years experience in high-tech manufacturing.
- **High environmental, social and governance responsibility (ESG)**
100% green production, transparent supply chain and excellent ESG rating in the solar industry.



Top Choice For Project Applications
Improved IRR with shorter amortisation time, reduced LCOE (Levelised Cost of Energy) and lower BOS (Balance of System) costs.



Extended Stress Tests
Protection against harsh environmental conditions Certified by TÜV Rheinland.



Green Product
Focus on circular economy - low carbon footprint, PFAS-free and recyclable components.

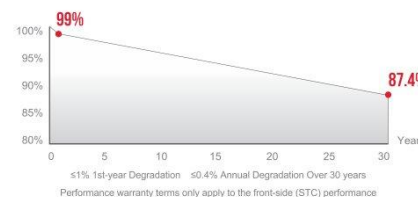
COMPANY MANAGEMENT SYSTEM

SA 8000: ILO Standards. Social responsibility standards
ISO 9001: Quality management system
ISO 14001: Environmental management system
ISO 45001: Occupational health and safety management system
ISO 50001: Energy management system
ISO 27001: Information security management system

PRODUCT CERTIFICATION

IEC 61215, IEC 61730

POWER WARRANTY



A member of Hengdian Group **hg**

kiloWattsol
SOLAR EXPERT



Observation depuis la Ligne Grande Vitesse

Description - Observateurs

LGV

Modélisée dans les deux sens entre :

- Sud de la Route de la Faye
- Le Nord de la centrale

Conducteur

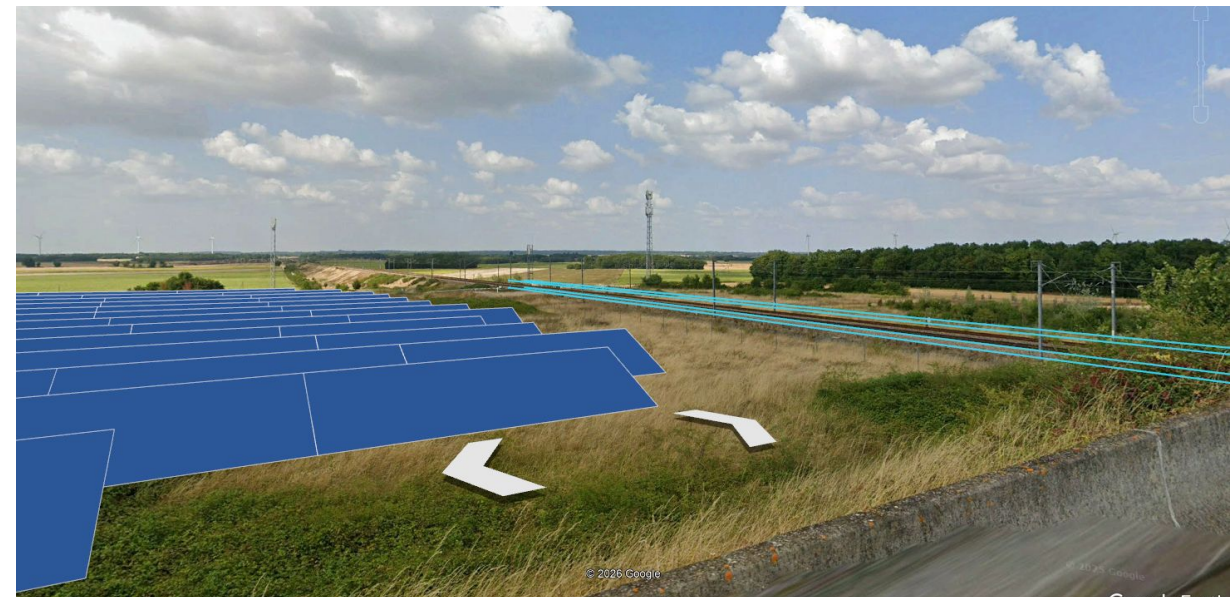
Cette étude présente toutes les hauteurs d'observateurs comprises entre 2 m et 4 m au-dessus de la voie. Cette plage est retenue comme hypothèse enveloppe.



Description - Observateurs, LGV directions sud et nord

LGV direction Sud

-  La centrale est dans le champ de vision des conducteurs
-  La face avant des modules, réfléchissante, n'est pas visible par les conducteurs.
-  Aucun obstacle entre la centrale et les conducteurs
-  Le terrain étant peu vallonné, seule la bordure de la centrale est visible



LGV direction Nord

-  La centrale est à 90 degrés à gauche dans le champ de vision des conducteurs
-  La face avant des modules, réfléchissante, est visible par les conducteurs.
-  La butte de la route de la Faye masque la centrale jusqu'au dernier moment.
-  Le terrain étant peu vallonné, seule la bordure de la centrale est visible



Analyse - Croisement entre rayonnement réfléchi et positions d'observation

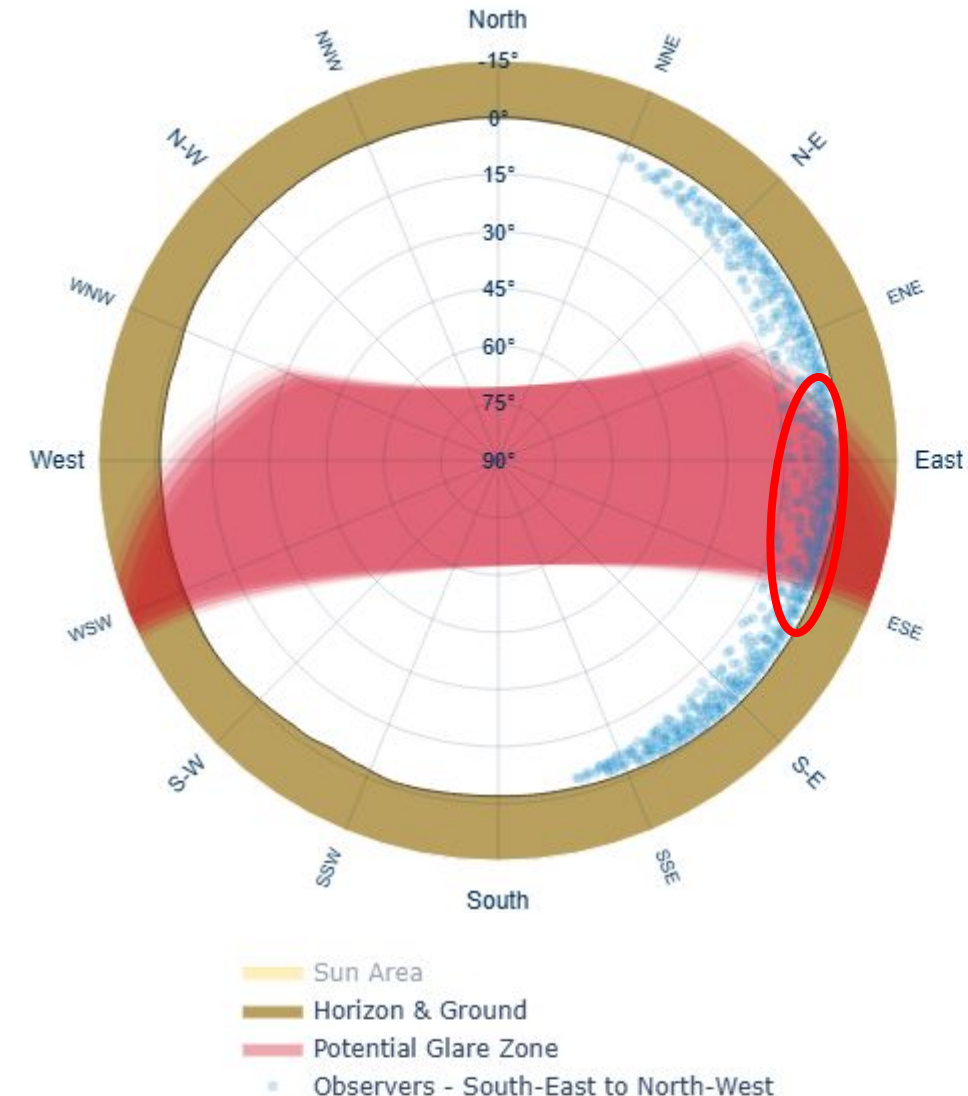
Ce graphique représente le point de vue, centré sur le zénith, de chaque table photovoltaïque.

- Le contour en brun représente l'horizon
- La zone en rouge représente la zone de réverbération du soleil, projetée sur le ciel, pour toute l'année
- Les points bleus représentent la position relative des observateurs vus depuis chaque table de la centrale PV.

Si la position des observateurs recoupe la zone de réflexion, un risque existe et doit être évalué.

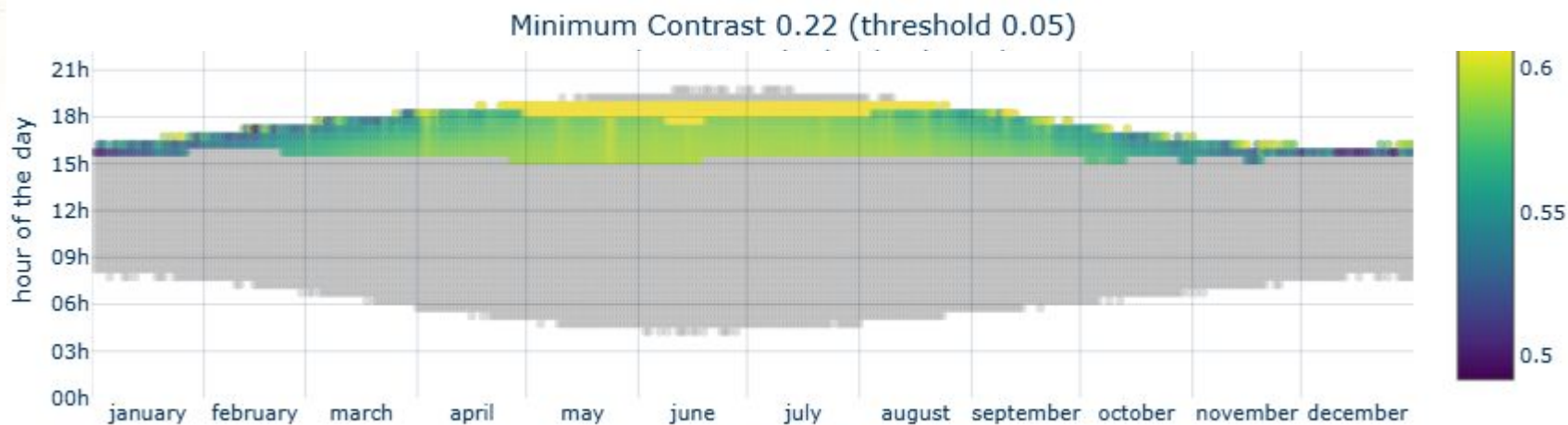
Recouvrement clair entre la position des observateurs et les réverbérations vespérales (vers l'est quand le soleil est à l'ouest).

⇒ La revue détaillée ci-après permet de quantifier le risque

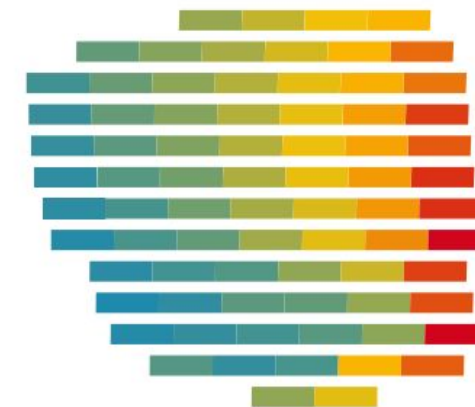


Analyse - Croisement entre rayonnement réfléchi et positions d'observation - temporalité et zonage

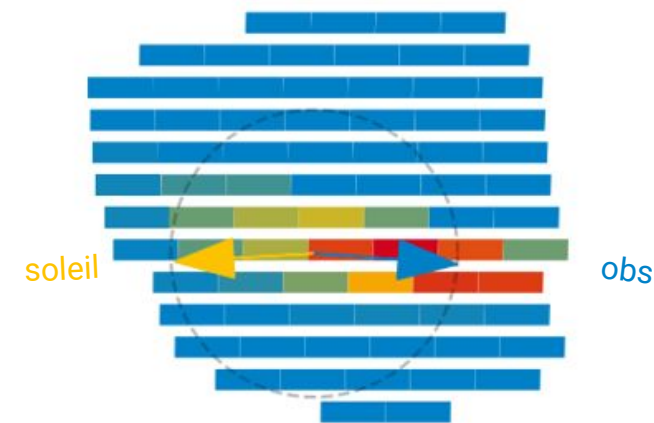
- ❑ **Intensité** : Réverbération inférieure aux seuils d'éblouissement incapacitants
- ❑ **Fréquence** : Occurrence possible d'une réverbération toute l'année, le soir à partir de 17 h 15 CEST / 16 h 15 CET.
- ❑ **Zones** : Réverbération principalement depuis le bord Est de la centrale PV



Zonage des tables responsables de la réverbération
Luminance annuelle cumulée



Zonage des tables responsables de la réverbération
*Plus forte luminance de voile
le 7 avril, 19h15 CEST*





Conclusion

Les réverbérations attendues ne présentent pas de risque d'éblouissement incapacitant pour les conducteurs de la LGV SEA.

Pour les trains circulant en direction du nord, des épisodes brefs de réverbération peuvent être observés toute l'année à partir de 17 h 15 CEST / 16 h 15 CET. Ces épisodes peuvent générer un effet de surprise négligeable, sans perte de contraste sous le seuil retenu.

Les trains circulant en direction du sud ne sont pas impactés par une réverbération critique.

Aucune mesure d'atténuation n'est requise au regard de la sécurité ; des mesures optionnelles peuvent être étudiées si le maître d'ouvrage souhaite réduire l'effet de surprise.

Observateur	Zone PV	Effet : éblouissement incapacitant	Effet : surprise	Fréquence d'occurrence
Direction Sud	Aucune	non	non	
Direction Nord	Principalement bordure Est	non	négligeable	Toute l'année

Suivi des modifications

Version	Date	Modifications
V1.0	08/07/2026	Rendu initial

ANNEXE : éblouissement d'incapacité, exemples d'indicateurs

Les seuils de luminance 20 000 et 10 000 cd.m-2 [NIT4]

- Seuils remis en question lors de la révision de la NIT suite à la non prise en compte de l'observateur et du contexte lumineux.



Irradiance sur la rétine : phototoxicité et persistance rétinienne [évolution marché]

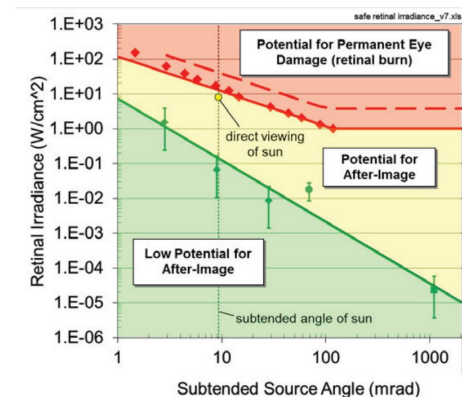
- définit deux seuils, "brûlure" et "persistance probable" rétinienne, fonctions de la luminance et de la dimension angulaire de la source,
- => Considère la persistance rétinienne comme une incapacité à voir



Luminance de voile et abaissement du contraste [CIE, préconisée par la NIT5]

- luminance et dimension de la source d'éblouissement
- angle entre la source et l'axe de vision,
- âge de l'observateur,
- couleur des yeux,
- luminance de l'objet cible (la piste, la voie),
- contribution des autres sources lumineuses (soleil, centrales PV voisines)

=> Définition de l'éblouissement d'incapacité de la CIE



ANNEXE : éblouissement d'incapacité : La luminance de voile, définition



Selon la Commission Internationale de l'Eclairage :

"L'éblouissement d'incapacité" est un éblouissement qui altère la vision (CIE, 1987). Il est causé par la diffusion de la lumière à l'intérieur de l'œil en raison de la transparence imparfaite des composants optiques de l'œil, . . . La lumière diffusée recouvre l'image rétinienne des objets, réduisant le contraste de l'image rétinienne. Cette lumière diffusée est généralement décrite comme une **luminance de voile** car l'effet est similaire à regarder à travers un rideau."

ANNEXE : éblouissement d'incapacité : La luminance de voile, impact sur le contraste

Augmentation de la luminance de voile et diminution du contraste jusqu'au seuil de perception.

Luminance de voile [cd.m^{-2}]

+ 0

+ 9 000

+ 28 000

+ 85 000

$C_M = 71 \%$

$C_M = 29 \%$

$C_M = 13 \%$

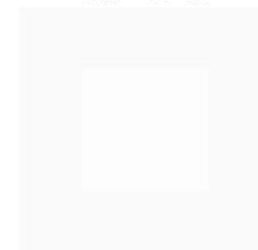
$C_M = 5 \%$

Ciel clair

Contrast 5:1

$L_{\text{sol}} = 1\,800 \text{ cd.m}^{-2}$

$L_{\text{marquage}} = 10\,800 \text{ cd.m}^{-2}$



$C_M = 71 \%$

$C_M = 14 \%$

$C_M = 5 \%$

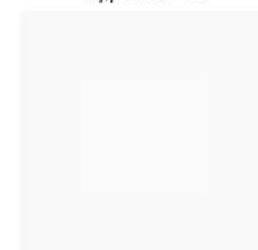
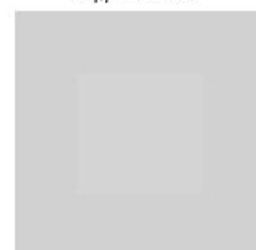
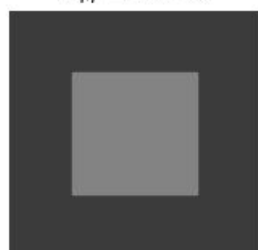
$C_M = 2 \%$

Ciel couvert lumineux

Contrast albedo 5:1

$L_{\text{sol}} = 600 \text{ cd.m}^{-2}$

$L_{\text{marquage}} = 3\,600 \text{ cd.m}^{-2}$



$C_M = 71 \%$

$C_M = 5 \%$

$C_M = 2 \%$

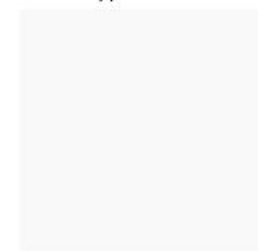
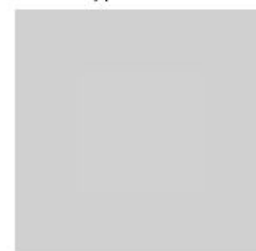
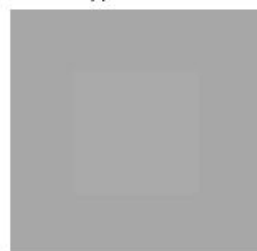
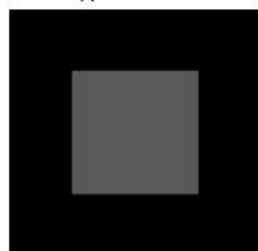
$C_M = 1 \%$

Ciel sombre (soir, nuageux)

Contrast albedo 5:1

$L_{\text{sol}} = 200 \text{ cd.m}^{-2}$

$L_{\text{marquage}} = 1\,200 \text{ cd.m}^{-2}$



→ Seuil minimum de contraste utilisé = 5%

Un expert solaire indépendant & reconnu

Expert unique & sparring partner pour vos projets

Premier acteur du conseil technique solaire en France, nous intervenons au niveau mondial pour accompagner les entreprises du marché dans leurs enjeux :

- d'audit et de due diligence en tant que Conseil Technique
- d'optimisation de la performance d'installations photovoltaïque
- d'expertise liées aux **innovations** et aux ruptures technologiques du secteur

Notre force réside dans la maîtrise des aspects techniques, scientifiques et financiers des projets et marchés solaires



une culture de l'excellence

- Créée et dirigée depuis plus de 15 ans par **Xavier Daval**
- Une équipe expérimentée et internationale d'analystes
 - Plus de 18 000 projets étudiés dans le monde

Les plus grands acteurs du secteur nous font confiance pour les accompagner dans leur projet de croissance au cœur de la transition énergétique

kiloWattsol

SOLAR EXPERT

Contact us



kiloWattsol SAS
14, rue Rhin et Danube
F-69009 Lyon
www.kilowattsol.com

Phone : +33 4 72 85 92 47



Un expert solaire indépendant & reconnu

