

# Projet de parc photovoltaïque de Til-Châtel sur la commune de Véronnes (21)



## Pièce annexe Etude d'éblouissement

---

### Dossier de demande d'autorisations au titre du permis de construire :

- **Pièce 1** : Dossier architectural
- **Pièce 2A** : Étude d'impacts sur l'Environnement (EIE)
- **Pièce 2B** : Résumé non Technique (RNT) de l'Étude d'Impacts sur l'Environnement

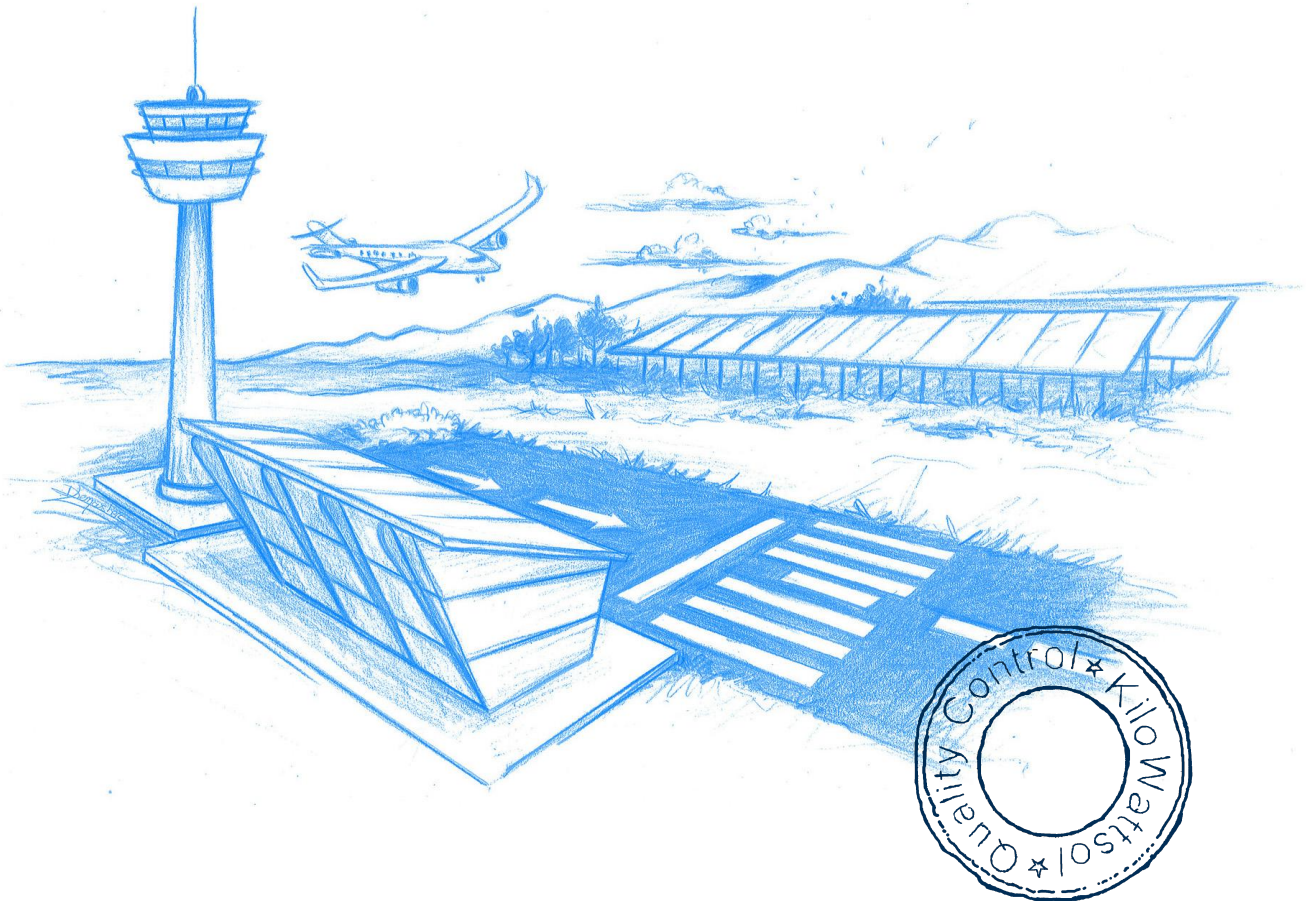
 **PHOTOSOL**  
Producteur d'énergie photovoltaïque

PHOTOSOL DEVELOPPEMENT  
40/42 rue la Boétie 75008 PARIS



# kiloWattsol

S O L A R   E X P E R T



## Rapport de maîtrise de l'éblouissement

Site : Til-Châtel

Rapport 91164 version 1.1 - Fr - éditée le 21/08/2023

Client : Photosol

# Résumé

---

L'étude d'éblouissement conclut que :

- Le QFU préférentiel de l'aérodrome, QFU 13, n'est jamais impacté par les rayons réfléchis du projet
- Le projet ne comporte aucun risque d'éblouissement concomitant avec celui d'une centrale PV avoisinante
- En implémentant les trois moyens de mitigation préconisés par KWS, on élimine l'occurrence d'éblouissement d'incapacité du projet.

# Sommaire

<b>1. Introduction</b>	<b>4</b>
Objectif de l'étude	4
Classification des points d'attention	4
Contact	4
Révision et Diffusion	4
<b>2. Conclusions de l'analyse</b>	<b>5</b>
<b>Responsabilité</b>	<b>6</b>
<b>A propos de kiloWattsol</b>	<b>7</b>
<b>Annexes</b>	<b>8</b>

# 1. Introduction

## Objectif de l'étude

Le groupe Photosol ("le Client") est spécialisé dans la création de grandes installations photovoltaïques au sol. Le Client cherche à installer un parc photovoltaïque (PV) à proximité des pistes de l'aérodrome de Til-Châtel.

L'objectif de la mission de kiloWattsol (KWS) est de déterminer si la centrale envisagée par Photosol provoque un risque d'éblouissement incapacitant sur les pilotes, en particulier lors des manœuvres critiques, et sur les personnels du prestataire de service de navigation aérienne (PSNA). Dans le cas de la présence d'un éblouissement incapacitant, nous explorons et proposons des moyens de mitigation afin d'éliminer le risque d'éblouissement incapacitant.

## Classification des points d'attention

Les points d'attention (les conclusions du rapport) sont indiqués selon quatre niveaux des symboles :

- ✘ **Rouge** : point d'attention qui représente un risque très élevé pour le projet.
- △ **Orange** : aspect qui a besoin d'attention pour minimiser le risque élevé.
- ◇ **Jaune** : aspect qui a besoin d'attention pour minimiser le risque moyen.
- ✓ **Vert** : aspect qui rajoute de la valeur au projet.

## Contact

Analyste(s) : Nadia Foo Kune  
Ingénieure  
nfookune@kilowattsol.com

Contrôleur(s) : Guillaume Tourasse  
Directeur Technique  
gtourasse@kilowattsol.com

## Révision et Diffusion

Version	Date	Client/destinataire	Modification
v1.0 draft - Fr	21/07/2023	Juliette Negri	Version initiale.
v1.1 - Fr	21/08/2023	Juliette Negri	Modifications mineures.

## 2. Conclusions de l'analyse

L'aérodrome de Til-Châtel comporte deux pistes ; elle ne comporte ni de FATO, ni de tour de contrôle. Notre analyse se limite donc aux pistes et aux trajectoires d'approche finale des pilotes (distance de 3000 m du seuil des pistes suivant une pente de 3°) pour chaque sens d'utilisation de chaque piste.

Photosol prévoit de construire la centrale photovoltaïque sur une surface de 6 ha. Les modules ont une orientation d'azimut 180° (orientés plein Sud) et d'inclinaison 15°.

Nous avons réalisé notre analyse d'éblouissement (Annexe A) selon les directives inscrites dans la version 5 de la Note d'information Technique (NIT-5) de la DGAC.

Nous avons identifié 2 centrales PV de plus de 500 m<sup>2</sup> dans un rayon de 3 km autour de l'aérodrome. Notre analyse a déterminé que les risques d'éblouissement de ces centrales ne sont jamais concomitants avec ceux du projet de Photosol.

Nous avons étudié la note technique de l'aérodrome et échangé avec le Président de l'aéroclub de Til-Châtel, M. Denis MARTIN-GOUSSET afin de prendre en compte les conditions d'utilisation de l'aérodrome. Le QFU préférentiel est le QFU 13.

Sur la base de la configuration d'origine transmise par le Client, notre analyse identifie un risque d'éblouissement d'incapacité sur le QFU 287 à l'atterrissage et le QFU 107 à l'atterrissage. Elle identifie également un risque d'éblouissement d'incapacité sur la piste RWY 01-19 pour un observateur voyageant vers le Nord et sur la piste RWY 11-29 pour un observateur voyageant dans les deux sens.

Aucun éblouissement n'est identifié sur les QFU 13 et 193.

Nous proposons les **moyens de mitigation** suivants :

- Installation d'une barrière opaque sur les côtés Ouest, Sud et Est du projet
- Utilisation de modules avec un verre anti-reflection structuré
- Alignement des modules à la piste RWY 11-29 (azimut 193°)

L'installation d'une barrière opaque élimine le risque d'éblouissement en direction des pistes RWY 01-19 et RWY 11-29.

L'utilisation des modules avec un verre anti-reflection structuré atténue l'impact des rayons réfléchis.

Le changement d'azimut des modules pour aligner ces derniers à la piste RWY 11-29 réduit la probabilité d'éblouissement sur la piste RWY 11-29 et sur les QFU 287 et 107.

**Notre étude démontre que l'application des trois moyens de mitigation élimine l'occurrence d'éblouissement d'incapacité.**

# Responsabilité

---

Les calculs d'éblouissement sont directement liés aux caractéristiques du site d'implantation et de la solution technique envisagée, telles que : latitude, longitude, environnement proche et lointain, inclinaison, orientation du plan d'implantation des panneaux, données climatiques...

Le résultat des calculs estimatifs contenus dans ce rapport n'est pas transposable à un autre cas, même pour un site proche de celui étudié.

Les calculs effectués et communiqués dans le cadre de ce rapport ne constituent pas un document d'exécution mais une étude rapportée aux conditions d'une solution technique définie. Ils ne peuvent donc, en aucun cas, être directement utilisés pour réaliser des travaux.

La méthodologie de travail de kiloWattsol repose sur un outil informatique de calcul et de simulation original, qu'elle a mis au point et dont elle est propriétaire, mettant en œuvre le traitement d'informations clés notamment relatives à des données climatiques historiques, et ce dans l'optique de fournir un référentiel de probabilités.

En raison des limites inhérentes à toute prévision de l'évolution future du climat et de la performance, de la maintenance et de l'impact de la stabilité de la solution technique envisagée, l'obligation de kiloWattsol est dite « de moyens », et sa responsabilité ne saurait être recherchée notamment à raison d'une évolution du climat, et donc du productible, distincte de celle approchée dans le cadre de cette étude.

Toute utilisation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de la société kiloWattsol est illicite, à l'exclusion d'usage normal pour le projet concerné. Une représentation ou reproduction par quelque procédé que ce soit constituerait une contrefaçon sanctionnée par les dispositions des articles L.335-1 et suivants du Code de la Propriété Intellectuelle et une atteinte aux droits de la société kiloWattsol.

Les noms de produits cités dans ce document sont des marques déposées de leurs propriétaires respectifs.

Fait le 21 août 2023 à Lyon.

# A propos de kiloWattsol

---

kiloWattsol est un spin-off du Laboratoire des Sciences de l'Habitat (LASH, unité de recherche associée au CNRS) de l'Ecole Nationale des Travaux Publics de l'Etat (ENTPE). La société a été créée en 2007, faisant suite à 10 ans de recherche sur la caractérisation des éclairagements lumineux.

L'équipe est composée de docteurs et d'ingénieurs spécialistes en analyse climatique, en électricité, en informatique et en statistique qui ont développé un savoir-faire et une méthodologie de pointe dans l'évaluation du potentiel d'une centrale solaire et la quantification des risques.

Depuis sa création, la société a participé à plus de 1 500 projets photovoltaïques sur 4 continents en apportant son expertise sous la forme d'étude de productible, d'analyse climatique, de due diligence technique, d'optimisation, de réception de centrale et d'audit de capacité.

De par son statut d'expert indépendant et un contrôle qualité rigoureux, le processus d'analyse de kiloWattsol garantit un avis objectif et pertinent sur la qualité d'un dossier.

# Annexes

Annexe A - 91164 - Photosol - Til-Châtel Etude de risques éblouissement



## Projet Til-Châtel, Photosol

91164 - Etude de risque éblouissement

# Sommaire

## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

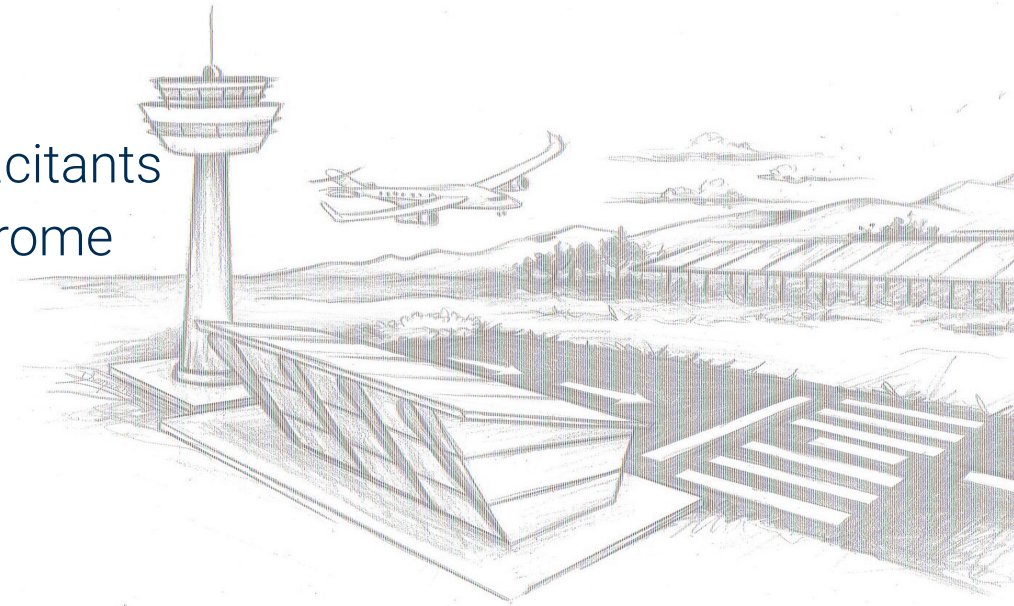
- Description Projet PV, Aéroport et centrales PV voisines
- Occurrences des rayons réfléchis: observateurs et temporalité
- Contribution des centrales PV voisines

## Phase 2 : Risque opérationnel

- Quantification des d'éblouissements gênants et incapacitants
- Concomitances des risques avec l'opération de l'aéroport

## Phase 3 : Moyens de mitigations

- Orientation, zonage, technologie module ?





## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

# Phase 1: Analyse de risque préliminaire

## Description Aéroport, Projet PV et centrales voisines

### Objet de la phase 1

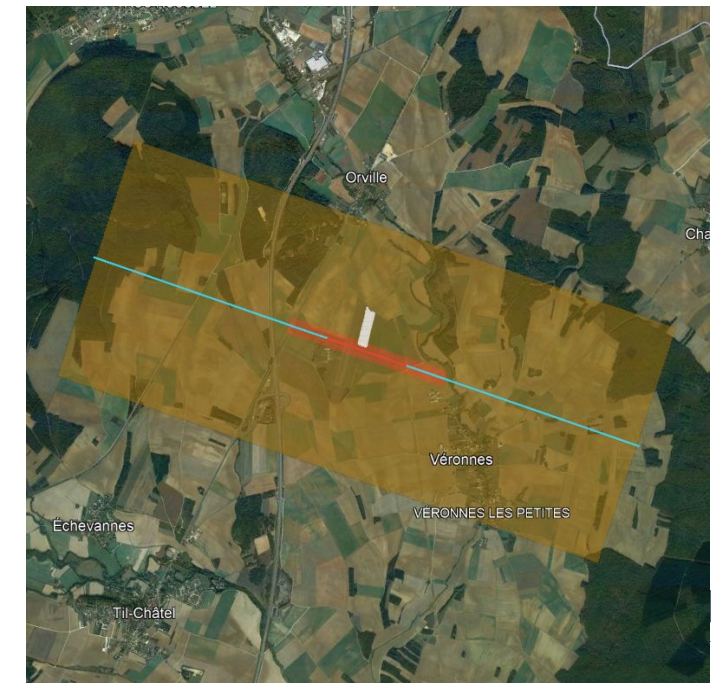
“Etude minimale pour une réponse rapide et mesurée.

En cas de résultats négatifs, l'étude prend fin :

On évite l'analyse approfondie des technologies employées, des standards d'éblouissement ainsi que la prise de contact avec l'aéroport.

En cas de résultats positifs, on se focalise sur les éléments d'importances :

On restreint le domaine d'analyse aux temps et lieux d'observation critiques, on exclut les centrales voisines non-impactantes.”



# Phase 1: Analyse de risque préliminaire

## Description Aérodrome , Projet PV et centrales PV voisines

### Aérodrome de Til-Châtel (LFET)

Absence de Tour ATC (TWR)

4 QFU 013, 193, 107 et 287

Runway 01-19 et 11-29 dimension 1050 et 1040 m, non revêtue

### Procédures et consignes particulières

- ❑ QFU 013 préférentiel, cause environnement
- ❑ Eviter le survol de Selongey , Til-Châtel , Orville, Véronnes et Echevannes.

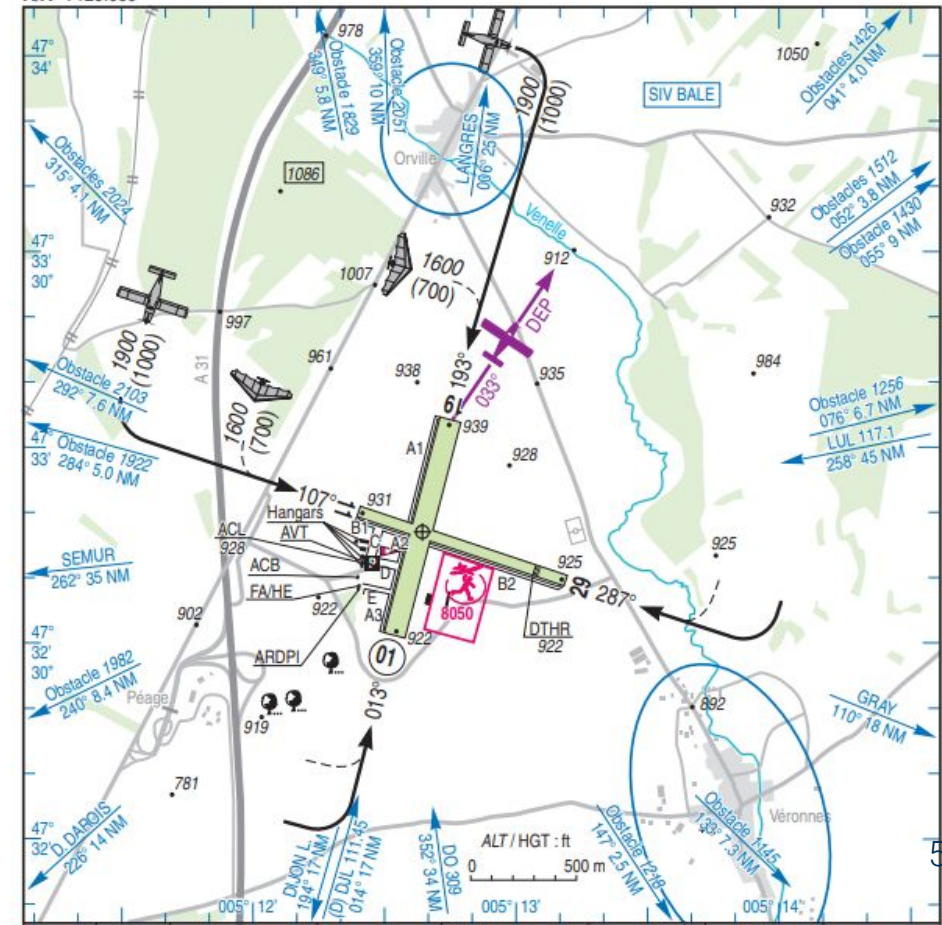
**ATTERRISSAGE A VUE**  
Visual landing

Ouvert à la CAP  
Public air traffic  
06 OCT 22

**TIL CHATEL**  
AD 2 LFET ATT 01

	<b>ALT AD : 939 (34 hPa)</b> LAT : 47 32 47 N LONG : 005 12 39 E	<b>LFET</b> VAR : 2°E (20)
---	--	-------------------------------

APP : NIL  
TWR : NIL  
A/A : 120.060



## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

# Description Aéroport , Projet PV et centrales PV voisines

### Projet Til-Châtel

60 000 m<sup>2</sup> au sol environ

⇒ supérieur aux 500 m<sup>2</sup>

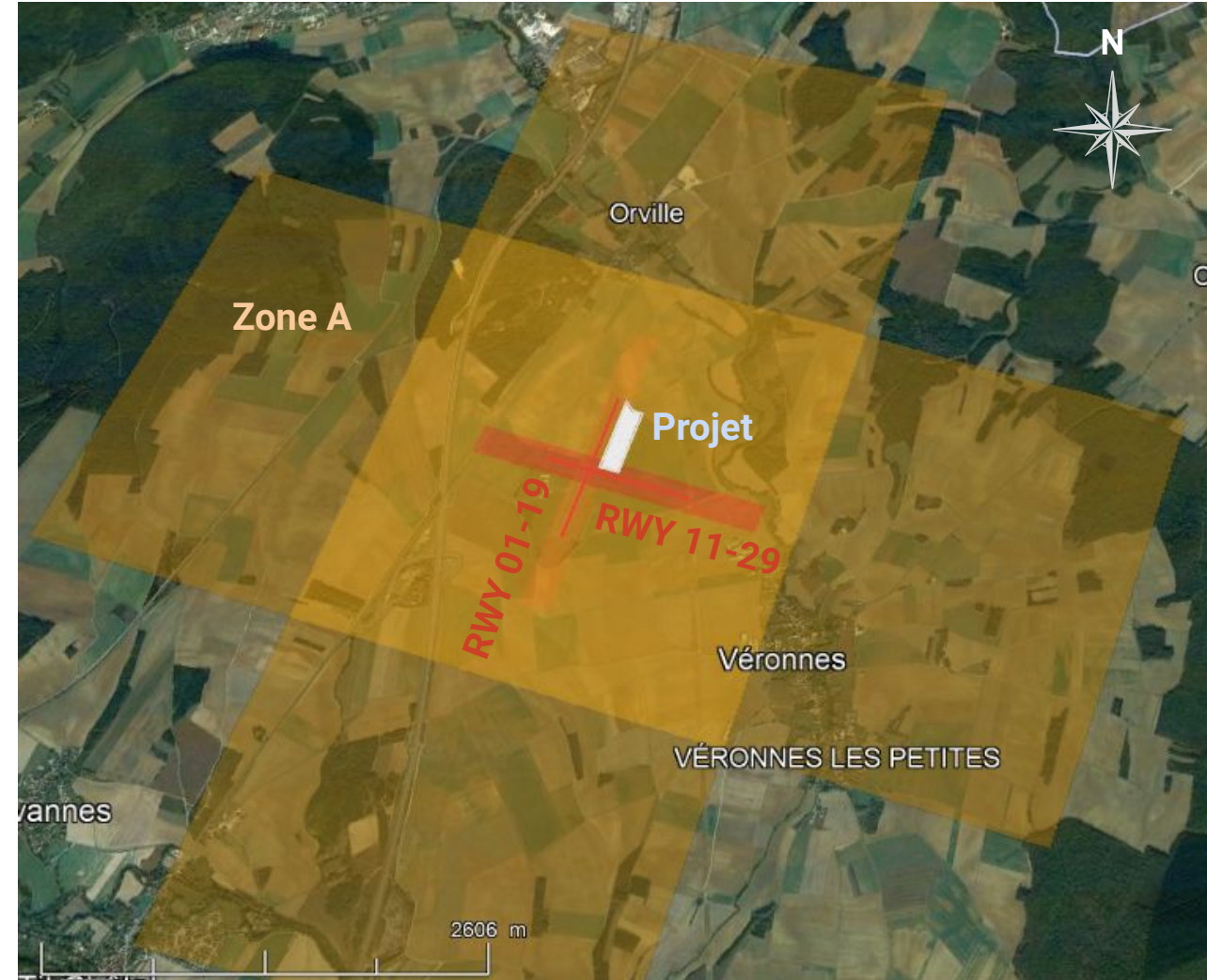
Situé à <10 m des deux pistes

⇒ 100% du projet en Zone A

Centrale au sol : inclinaison 15 °, azimut 180°,  
GCR 0,7

Terrain plat légèrement incliné vers le Sud

⇒ Orientation unique des tables PV

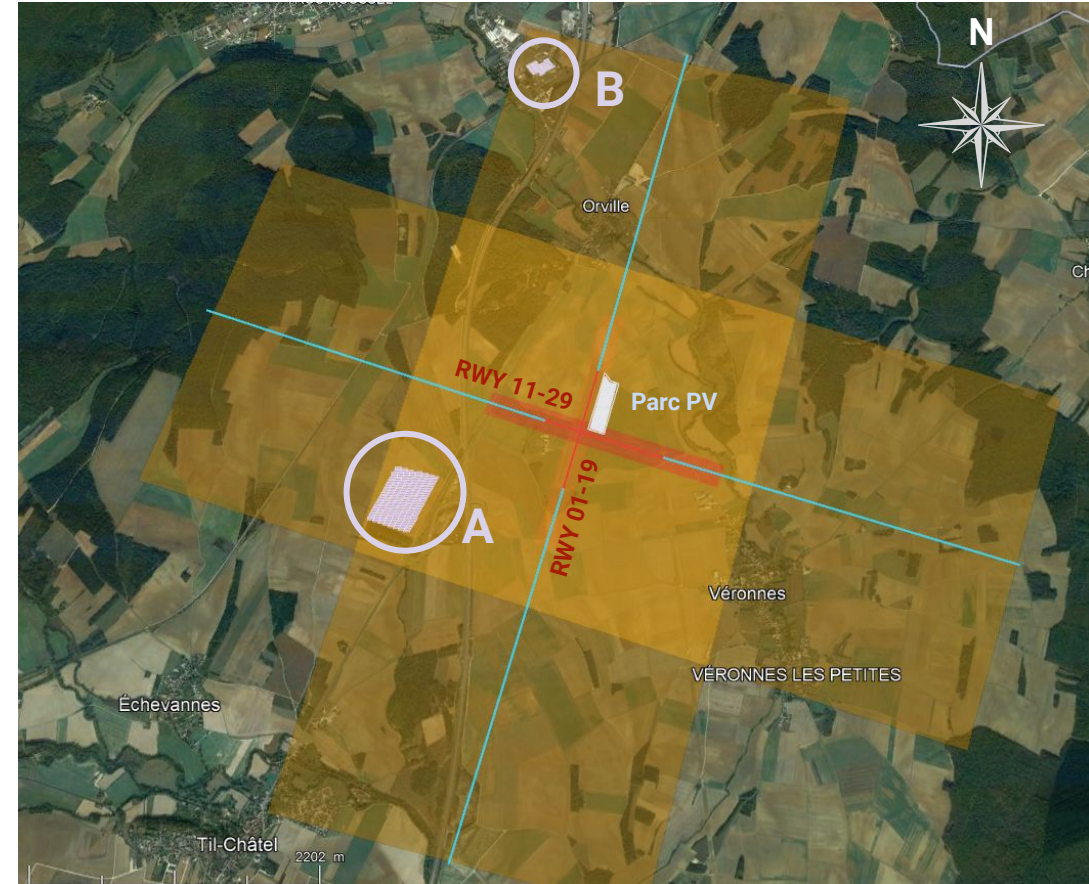


## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

### Description Aéroport , Projet PV et centrales PV voisines

Sur l'ensemble des centrales voisines observées, **2 sites** correspondent aux critères d'analyse de surface et de localisation :

id	surface [ha]	lat [°]	long [°]	tilt [°]	azimut [°]	GCR
GMS A	19,2	47,54171	5,19214	15	180	0,67
Toiture B	2,8	47,57710	5,20538	15	150	0,5



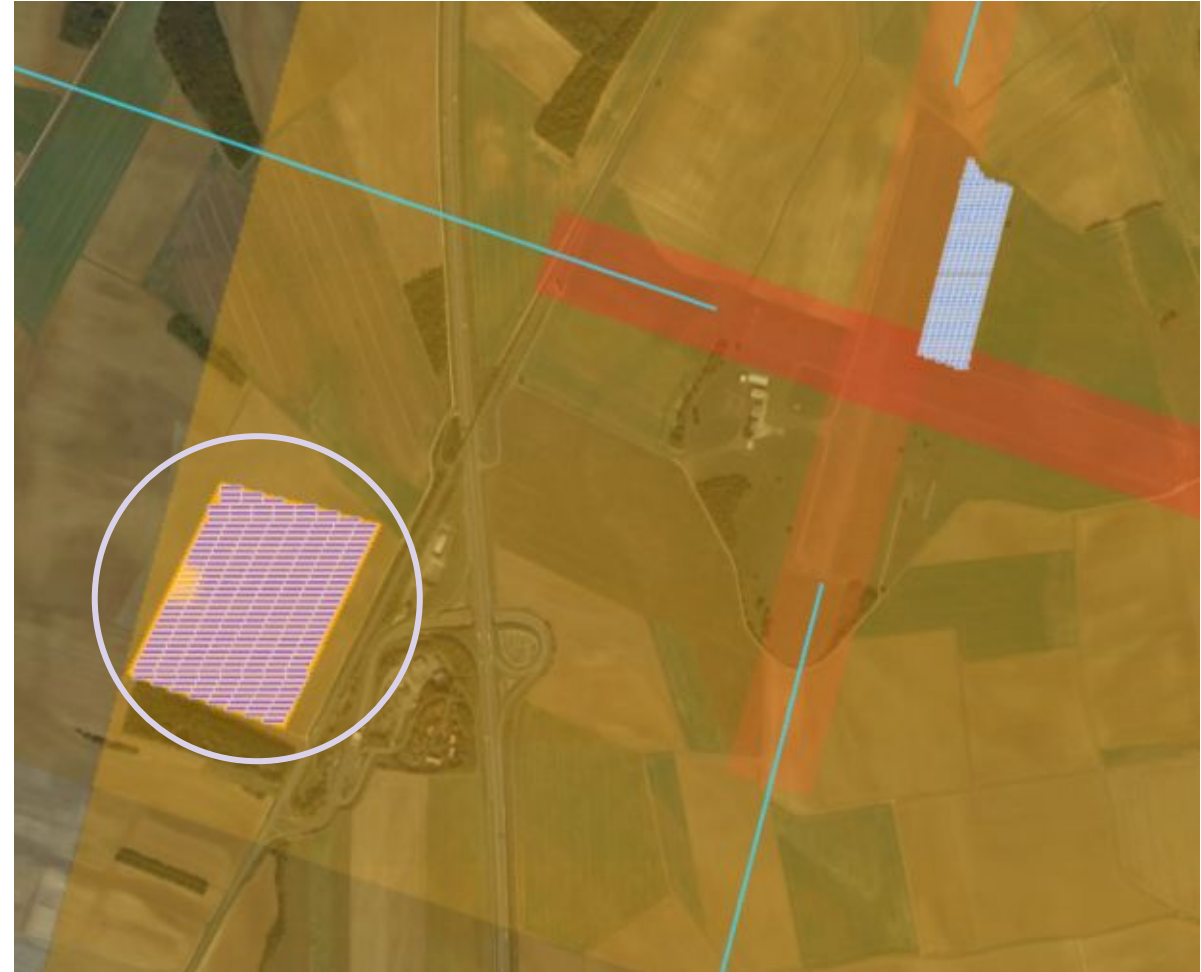
## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

### Description Aéroport , Projet PV et centrales PV voisines

Sur l'ensemble des centrales voisines observées, **2 sites** correspondent aux critères d'analyse de surface et de localisation :

En particulier, la centrale au sol **GMS A** à moins de 2 km du projet et d'orientation similaire au projet.

- ❑ plan d'implantation fourni par Photosol
- ❑ 192 400 m<sup>2</sup> pris en compte pour l'étude



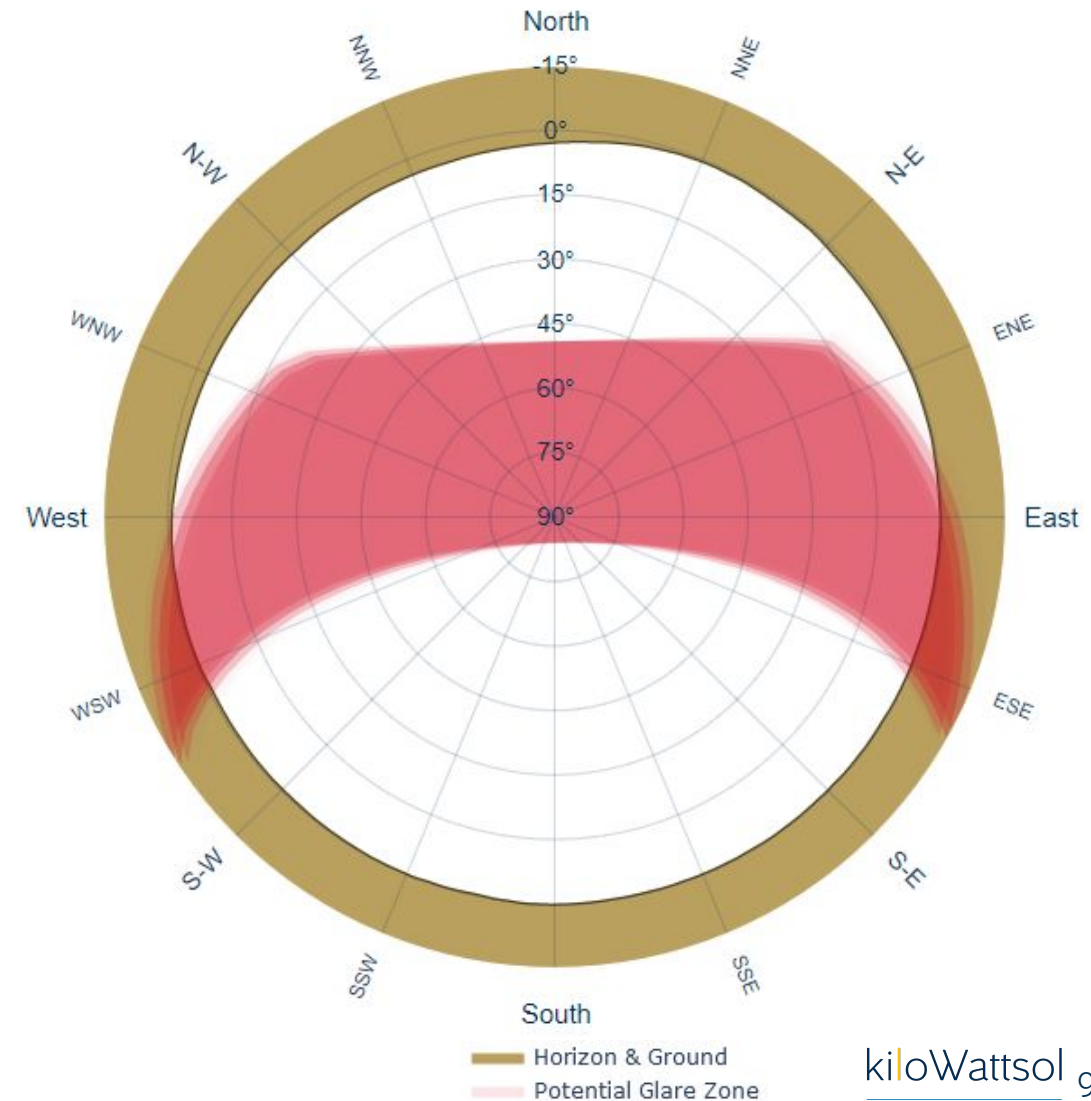
## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

# Occurrences des rayons réfléchis: observateurs et temporalité

### Rayonnement solaire direct réfléchi par le projet

Le terrain est plat et le projet a une orientation unique.

⇒ Le rayonnement réfléchi est contenu sur une zone relativement restreinte du ciel, avec une légère diffusion.



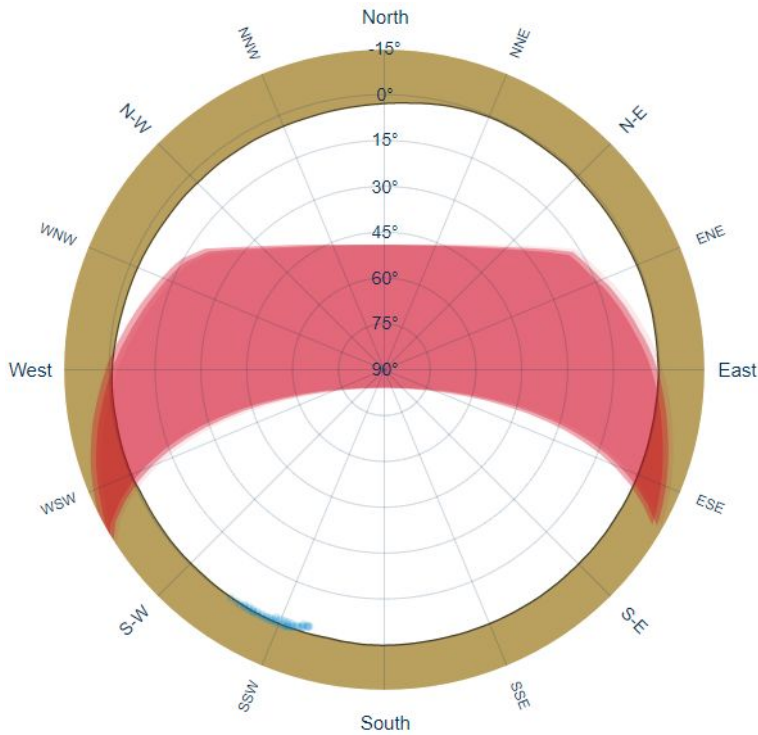
# Phase 1: Analyse de risque préliminaire

## Occurrences des rayons réfléchis: observateurs et temporalité

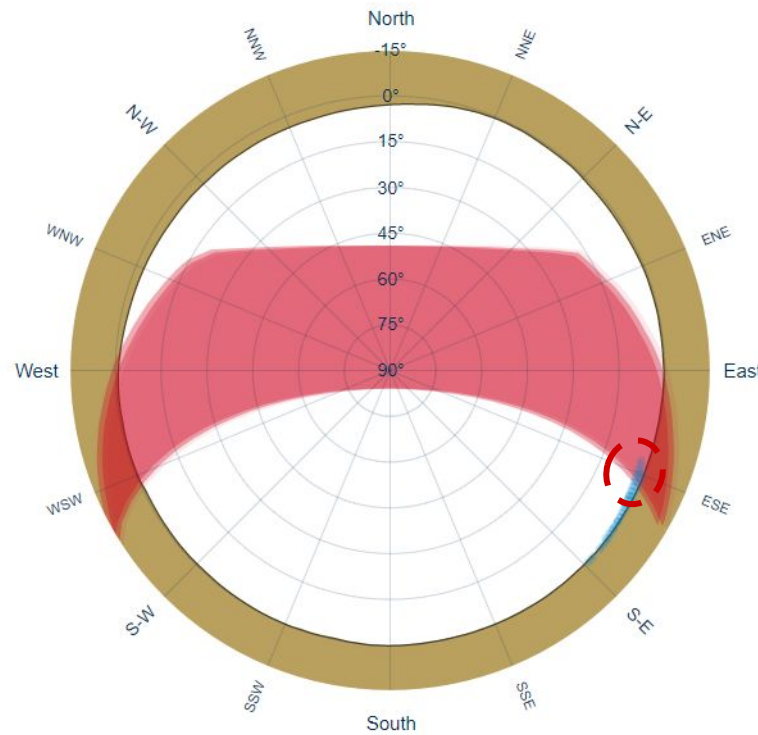
Croisement entre rayonnement réfléchi et positions d'observation des glideslopes



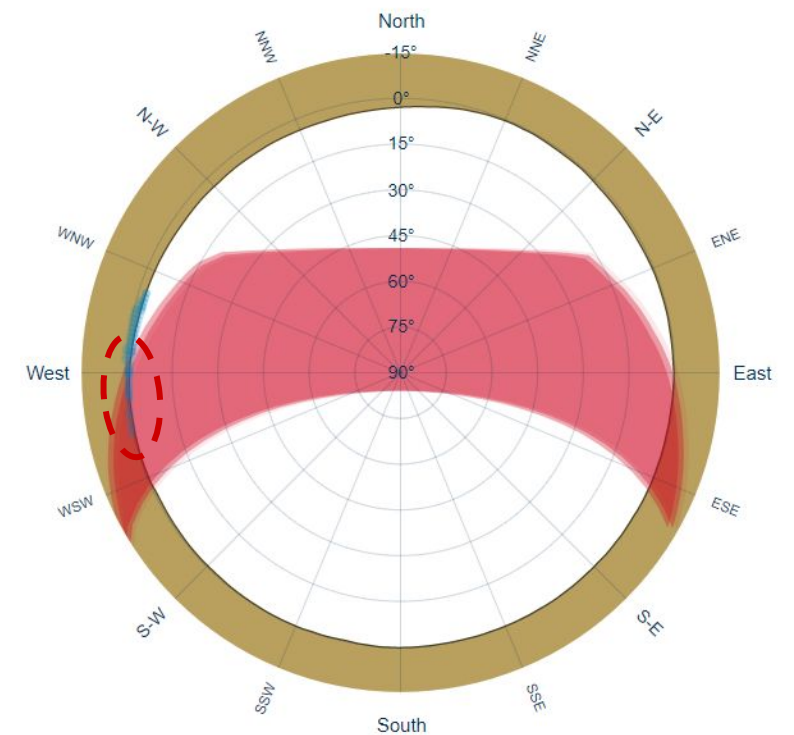
Glideslope QFU 13  
Glideslope QFU 193



Glideslope QFU 287



Glideslope QFU 107



Horizon & Ground

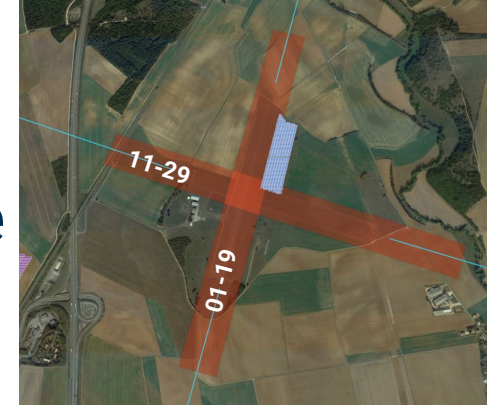
Potential Glare Zone

Observers

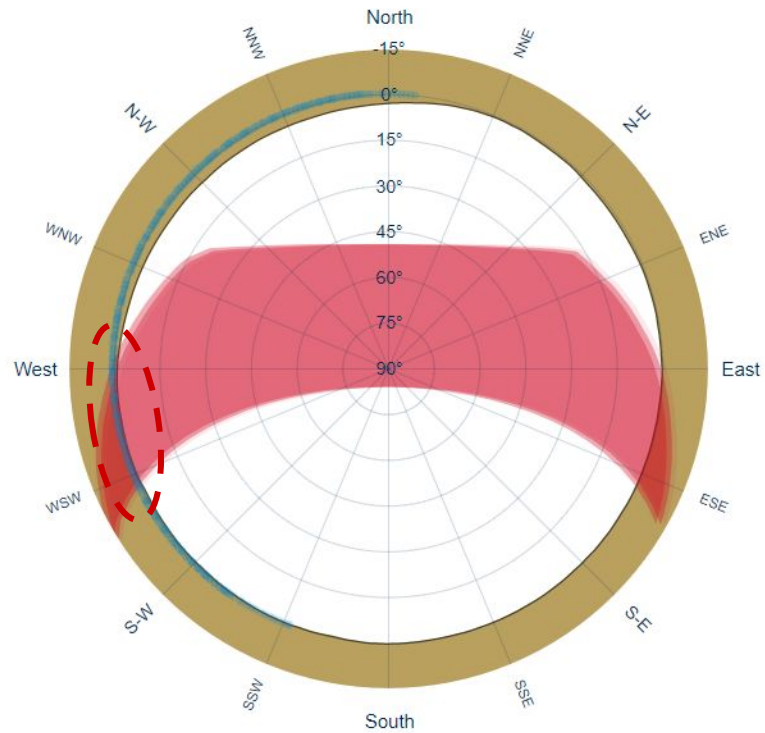
# Phase 1: Analyse de risque préliminaire

## Occurrences des rayons réfléchis: observateurs et temporalité

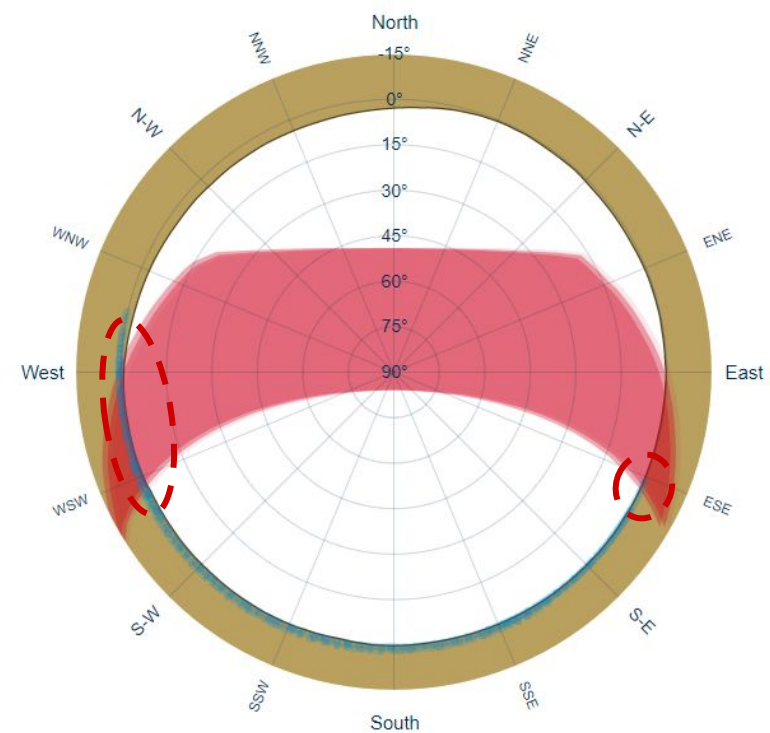
Croisement entre rayonnement réfléchi et positions d'observation des pistes



### Runway RWY 01-19



### Runway RWY 11-29



Horizon & Ground

Potential Glare Zone

Observers

## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

# Occurrences des rayons réfléchis: observateurs et temporalité

Risque de rayonnement solaire direct réfléchi par le projet vers :

**Glideslope QFU 13 et QFU 193**

⇒ **AUCUN**

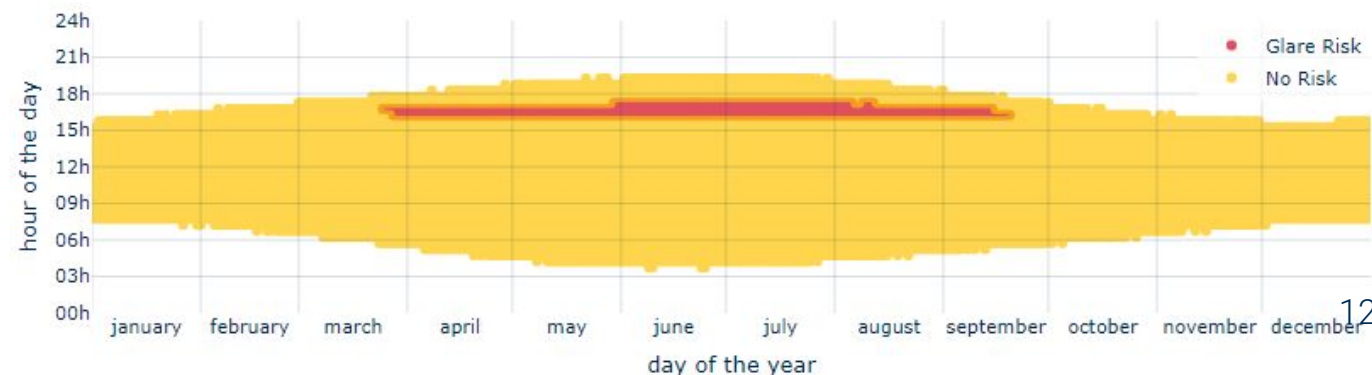
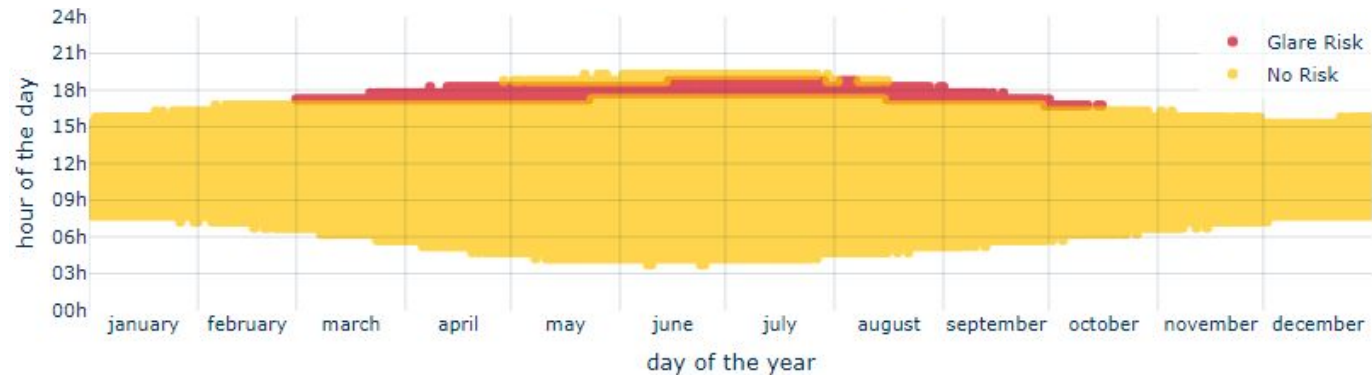
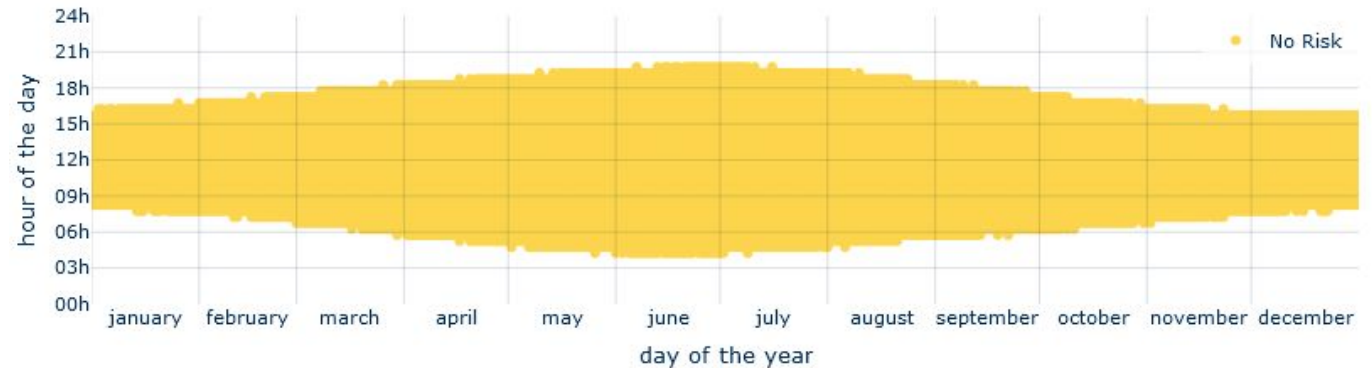
Risque de rayonnement solaire direct réfléchi par les centrales voisines vers :

**Glideslope QFU 13**

⇒ **Impact de la centrale voisine GMS A seulement**

**Glideslope QFU 193**

⇒ **Impact de la centrale voisine Toiture B seulement**



## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

# Occurrences des rayons réfléchis: observateurs et temporalité

Risque de rayonnement solaire direct réfléchi par le projet vers :

### Glideslope QFU 107

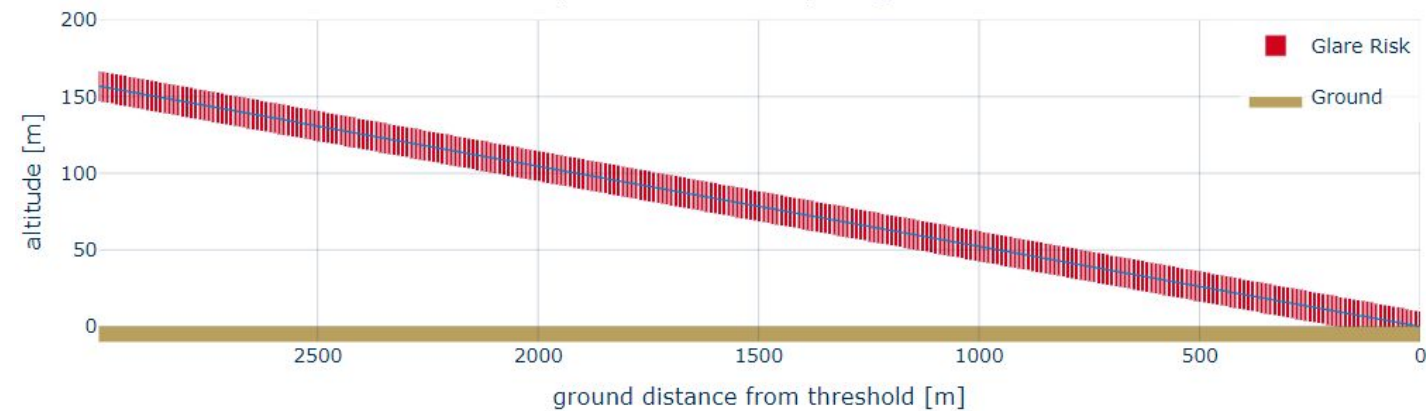
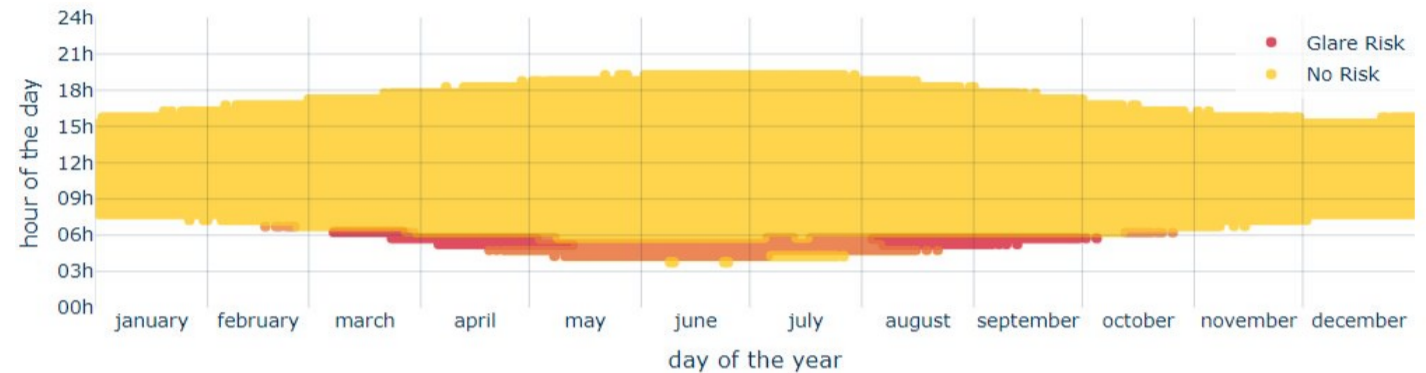
#### Temporalité

6% du temps de jour potentiellement impacté.

Occurrences en début de matinée de février à octobre.

#### Observateurs

100% des positions d'observation potentiellement impactées.



## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

# Occurrences des rayons réfléchis: observateurs et temporalité

Risque de rayonnement solaire direct réfléchi par le projet vers :

### Glideslope QFU 287

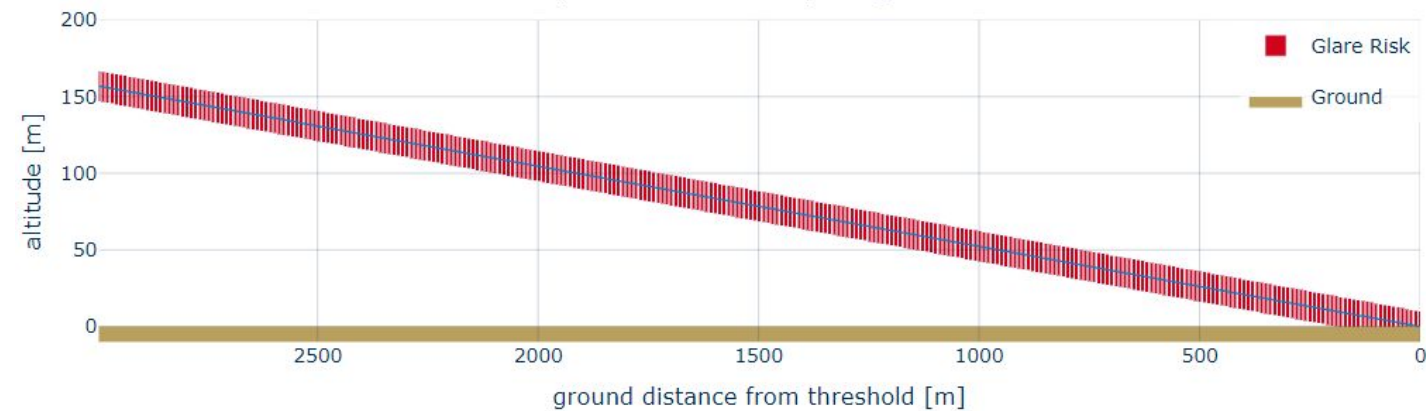
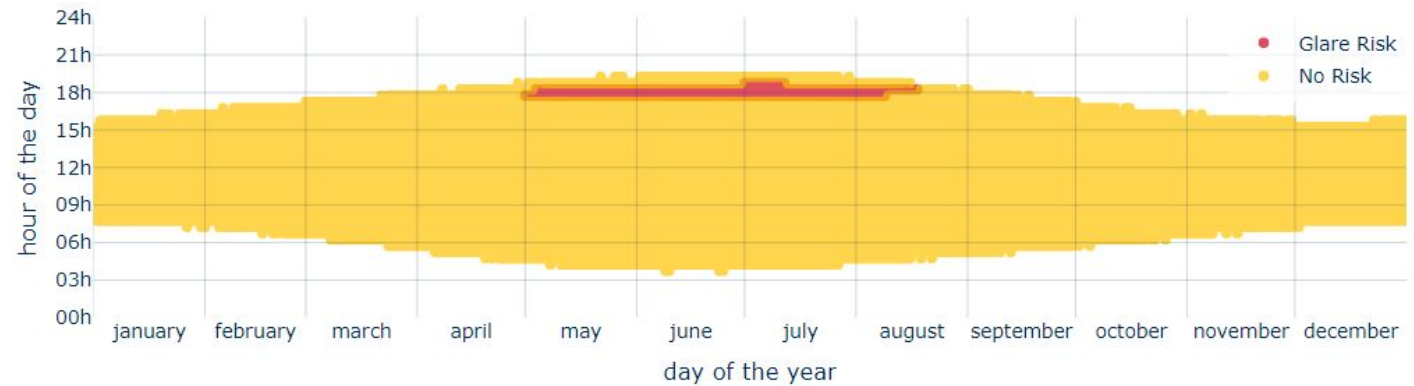
#### Temporalité

**3% du temps de jour** potentiellement impacté.

Occurrences en fin d'après-midi de mai à mi-août.

#### Observateurs

**100% des positions d'observation** potentiellement impactées.



## Phase 1: Analyse de risque préliminaire

# Occurrences des rayons réfléchis: observateurs et temporalité

Risque de rayonnement solaire direct réfléchi par le projet vers :

## Runway RWY 11-29

### Temporalité

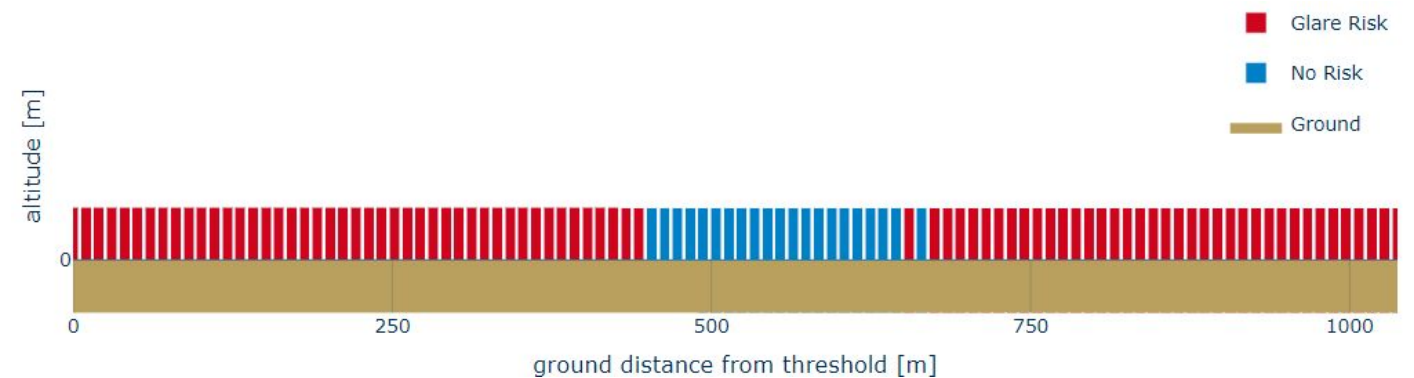
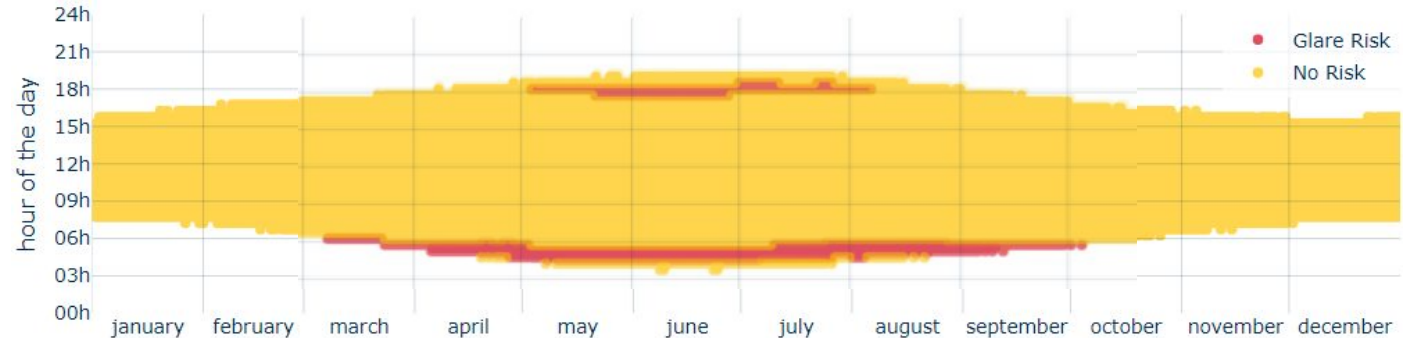
**8% du temps de jour** potentiellement impacté.

Occurrences en :

début de matinée de mars à début octobre et en fin d'après-midi de mai et début août.

### Observateurs

**80% des positions d'observation** potentiellement impactées.



## Phase 1: Analyse de risque préliminaire Contribution des centrales PV voisines

La centrale PV voisine **B** a un impact sur le **QFU 287** sans relation avec le projet.

La centrale PV voisine **A** n'a qu'un impact léger sur le **QFU 107** sans relation avec le projet.



# Phase 1: Analyse de risque préliminaire

## Contribution des centrales PV voisines

Risque de rayonnement solaire direct réfléchi par le projet vers :

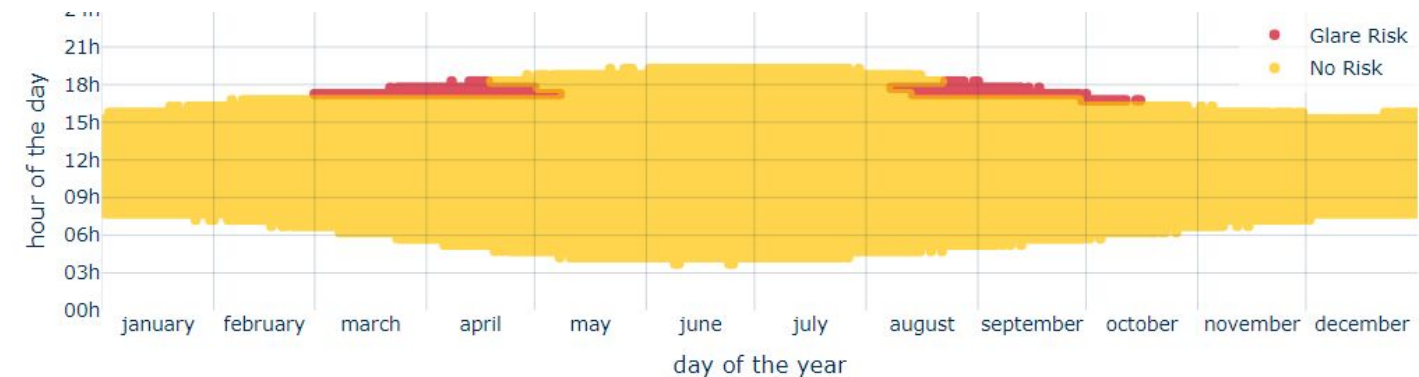
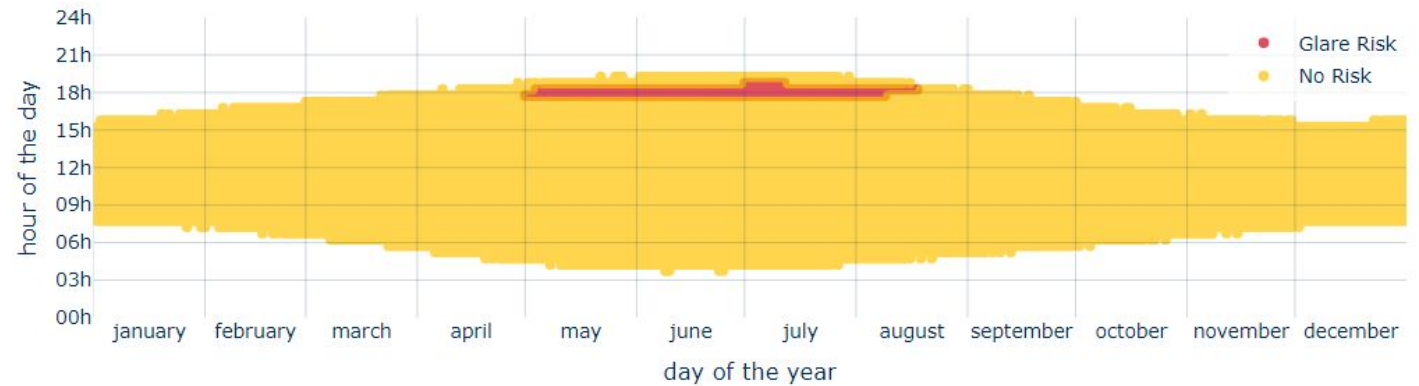
### Glideslope QFU 287

La centrale voisine **A** a aussi un impact sur le QFU 287.

### Temporalité

**0% de concomitance temporelle** avec l'impact du Projet.

Résultat similaire sur le **QFU 107**.



# Phase 1: Analyse de risque préliminaire

## Résumé Phase 1

**Le projet** d'une surface au sol supérieure à 500 m<sup>2</sup> (~6 ha), est situé :

- ❑ dans la zone A à 10 m des pistes RWY 01-19 et RWY 11-29.

**Les trajectoires impactées** par un éblouissement :

- ❑ La trajectoire d'approche QFU 107
- ❑ La trajectoire d'approche QFU 287
- ❑ La piste RWY 01-19
- ❑ La piste RWY 11-29

**Les centrales PV voisines** contribuant au risque :

- ❑ Aucune concomitance temporelle

**L'analyse approfondie est conseillée** (phase 2) afin de :

- ❑ réduire le risque apparent aux éblouissements incapacitants
- ❑ mettre en correspondance le risque avec le service réel de l'aérodrome

# Phase 1: Analyse de risque préliminaire

## Résumé des QFU et RWY impactés

### QFU 107

Impact PHOTOSOL : **3% du temps de jour**

de mai à août, en fin d'après-midi

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**

### RWY 01-19

Impact PHOTOSOL : **10% du temps de jour**

de janvier à novembre, le matin

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**

### QFU 13

Impact PHOTOSOL : **Aucun**

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**



### QFU 193

Impact PHOTOSOL : **Aucun**

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**

### RWY 11-29

Impact PHOTOSOL : **8% du temps de jour**

de mars à début octobre, le matin et  
de mai à début août, en fin de journée

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**

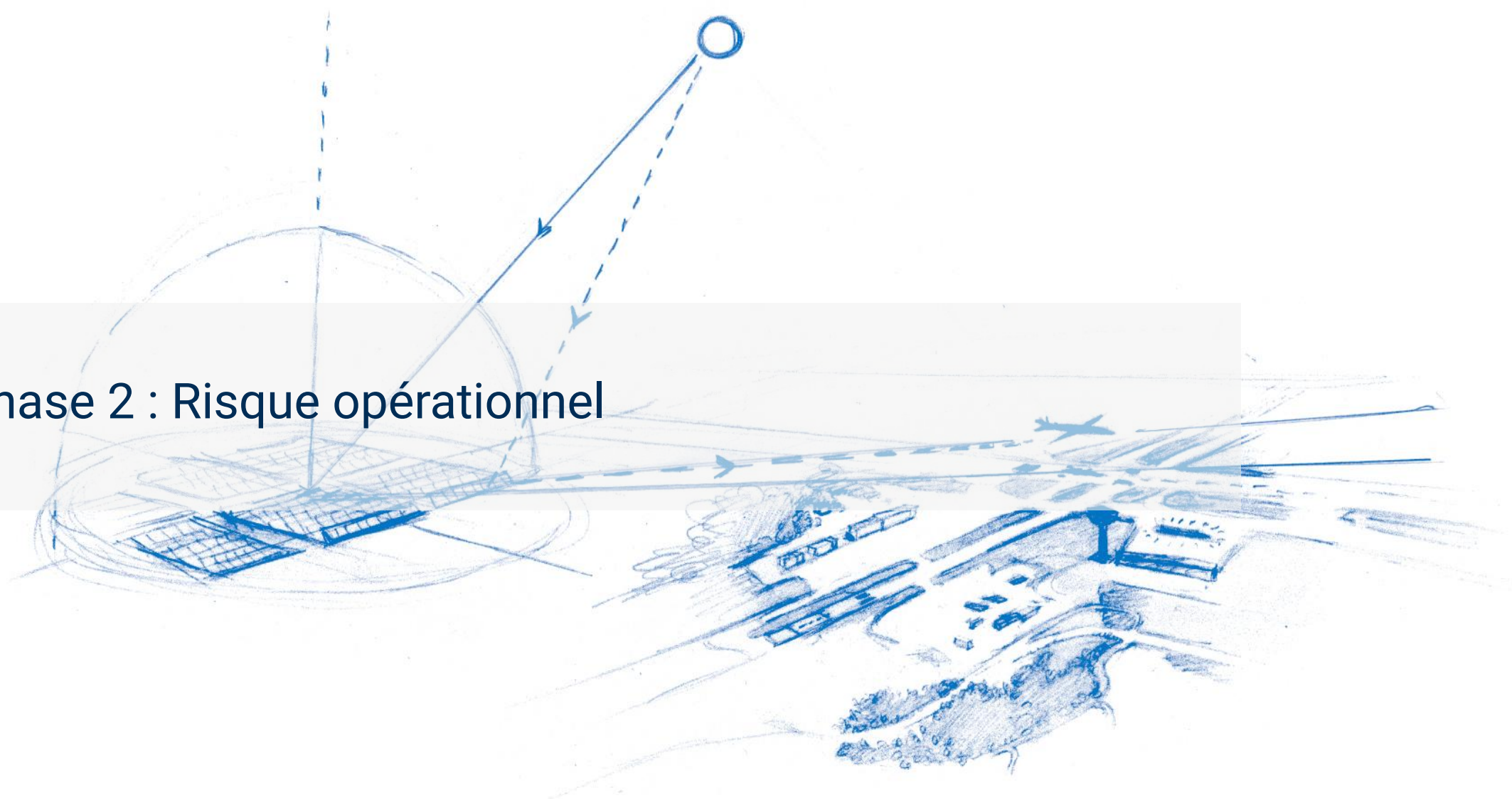
### QFU 287

Impact PHOTOSOL : **6% du temps de jour**

de février à octobre, le matin

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**

## Phase 2 : Risque opérationnel



## Phase 2 : Risque opérationnel

# Note sur l'éblouissement d'incapacité



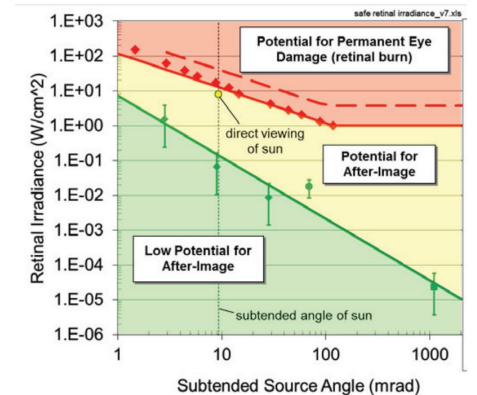
### Les seuils de luminance 20 000 et 10 000 cd.m-2 [NIT4]

- 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, préconisé 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),
- contribution des autres sources lumineuses (soleil, centrales PV voisines)

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



## Phase 2 : Risque opérationnel

# Note sur l'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."

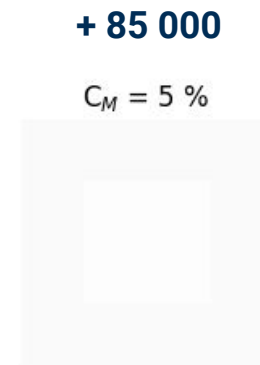
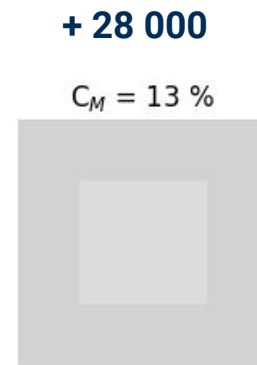
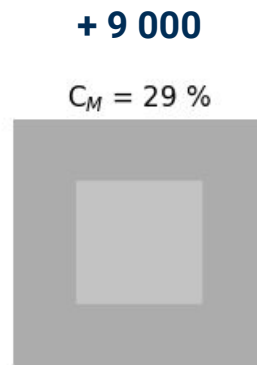
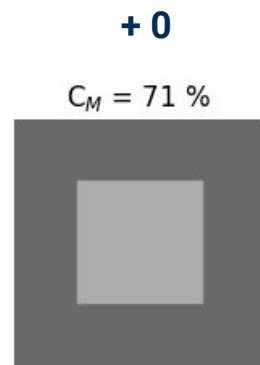
## Phase 2 : Risque opérationnel

# Note sur l'éblouissement d'incapacité : La luminance de voile, illustration

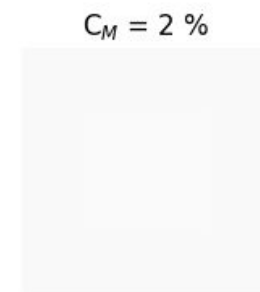
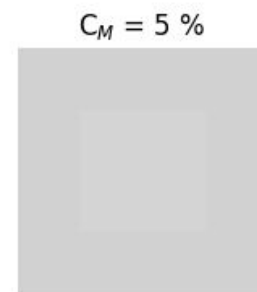
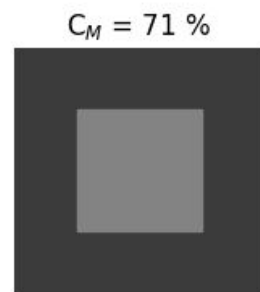
Augmentation de la luminance de voile et diminution du contraste jusqu'au seuil de perception.

Luminance de voile [cd.m<sup>-2</sup>]

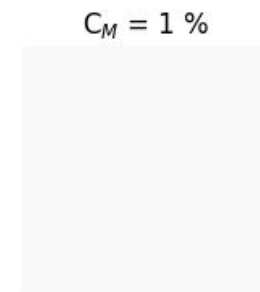
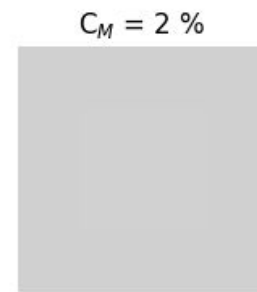
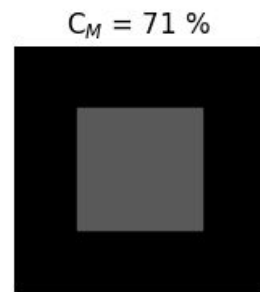
**Ciel clair**  
Contrast 5:1  
L sol = 1 800 cd.m<sup>-2</sup>  
L marquage = 10 800 cd.m<sup>-2</sup>



**Ciel couvert lumineux**  
Contrast albedo 5:1  
L sol = 600 cd.m<sup>-2</sup>  
L marquage = 3 600 cd.m<sup>-2</sup>



**Ciel sombre (soir, nuageux)**  
Contrast albedo 5:1  
L sol = 200 cd.m<sup>-2</sup>  
L marquage = 1 200 cd.m<sup>-2</sup>



→ Seuil minimum de contraste utilisé = 5%

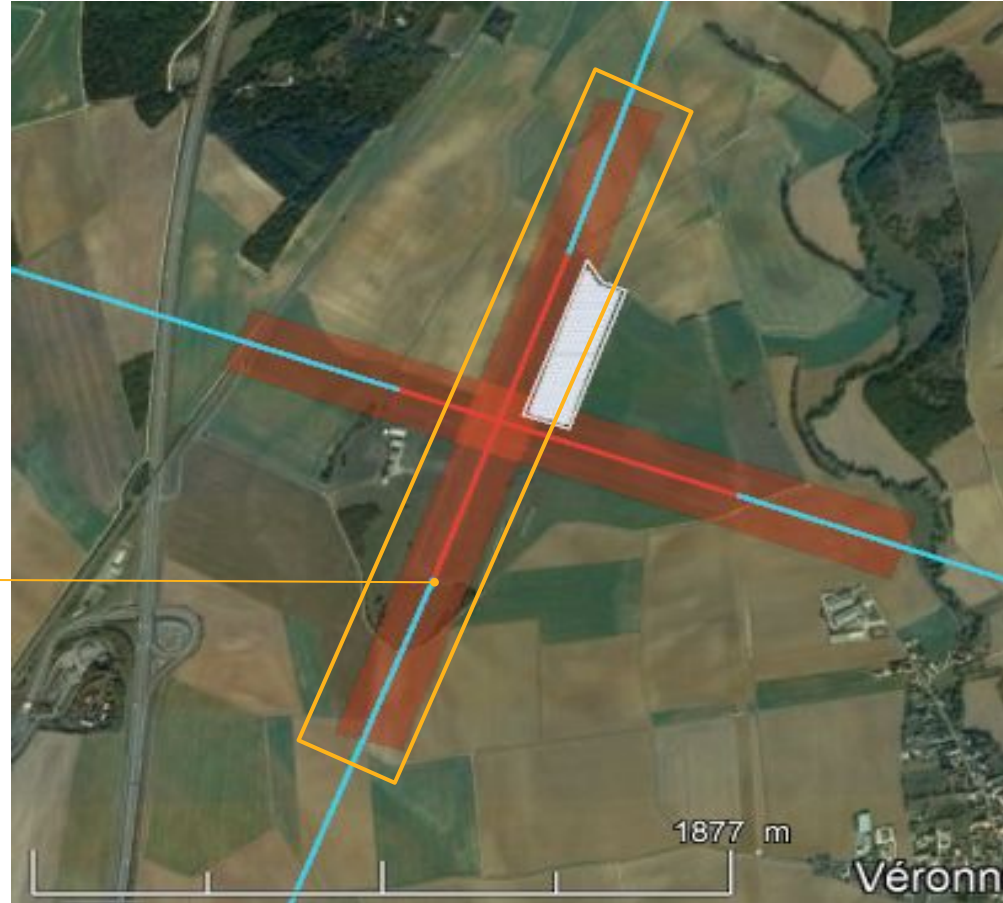
## Phase 2 : Risque opérationnel

# Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

### RWY 01-19

Impact PHOTOSOL : **10% du temps de jour**  
de janvier à novembre, le matin

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**



- Risque d'éblouissement incapacitant en direction nord pendant 55 heures par an, le matin d'avril à août.
- Pas d'éblouissement incapacitant en direction sud.

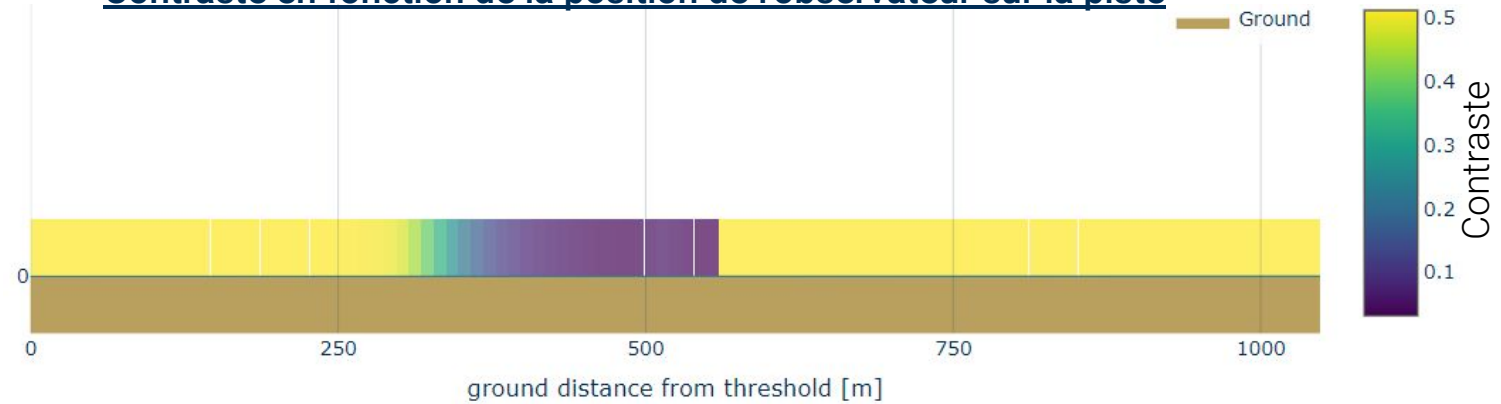
# Phase 2 : Risque opérationnel

## Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

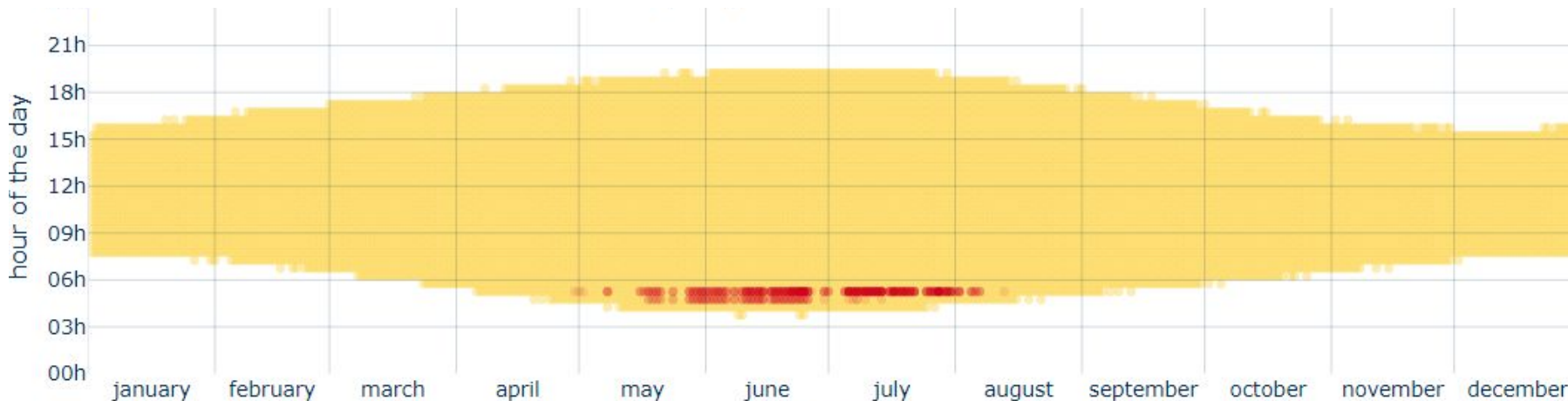
### RWY 01-19 vers le nord

- durée totale annuelle : 55 h/an
- trajectoire totale touchée : 160 m
- date d'éblouissement le plus impactant : 30 mai 07:15

Contraste en fonction de la position de l'observateur sur la piste



Heures d'éblouissement incapacitant dans l'année



## Phase 2 : Risque opérationnel

# Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

- Risque d'éblouissement incapacitant en direction est pendant 147 heures par an, le matin de février à octobre.
- Risque d'éblouissement incapacitant en direction ouest pendant 170 heures par an, en fin de journée d'avril à août.



### RWY 11-29

Impact PHOTOSOL : **8% du temps de jour**

de mars à début octobre, le matin et

de mai à début août, en fin de journée

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**

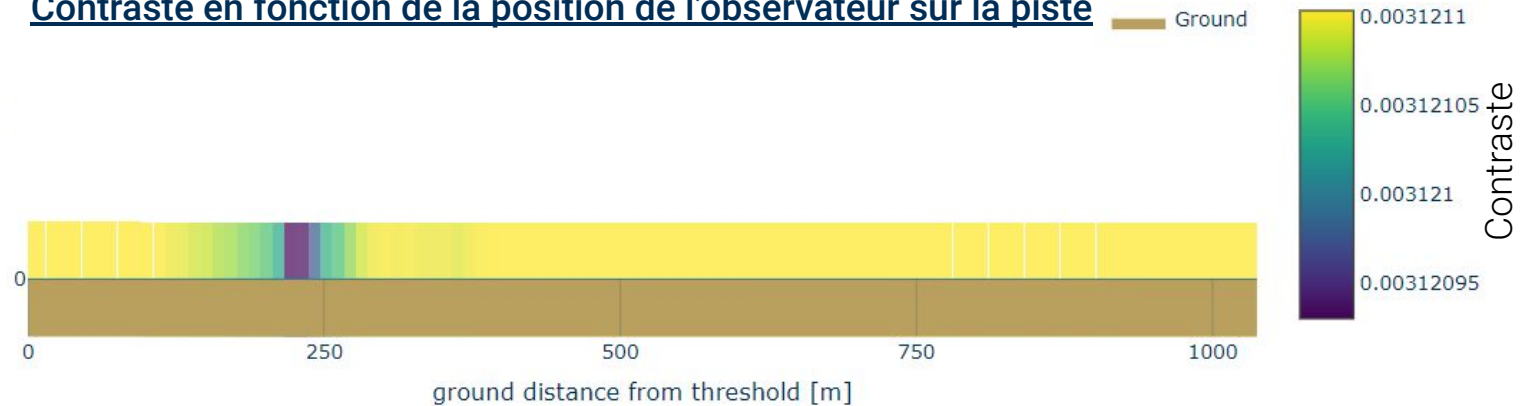
# Phase 2 : Risque opérationnel

## Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

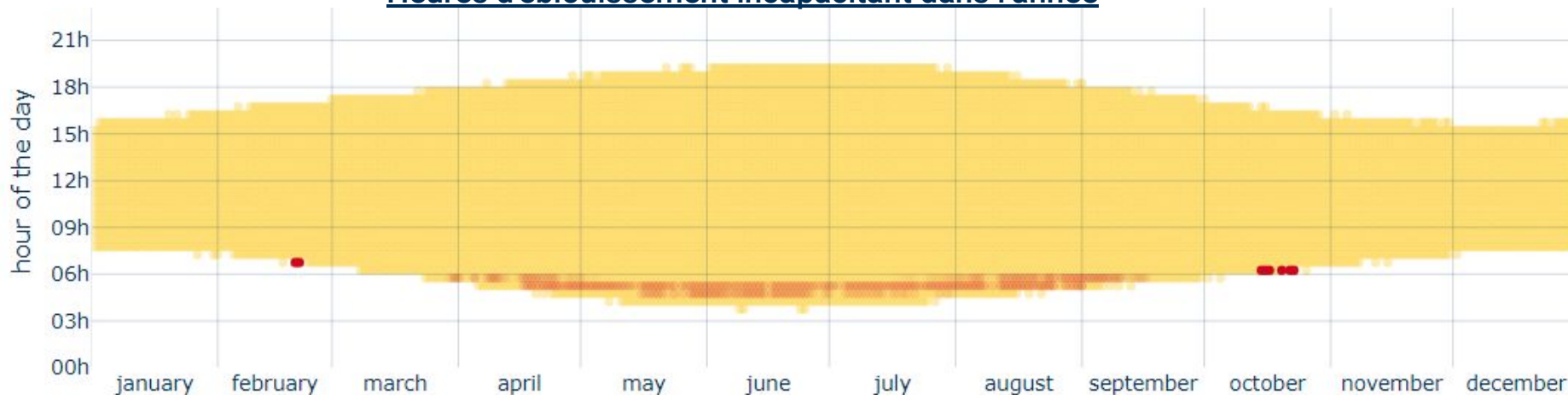
### RWY 11-29 vers l'est

- durée totale annuelle : 147 h/an
- trajectoire totale touchée : toute la longueur de la piste
- date d'éblouissement le plus impactant : 30 mai 07:15

Contraste en fonction de la position de l'observateur sur la piste



Heures d'éblouissement incapacitant dans l'année



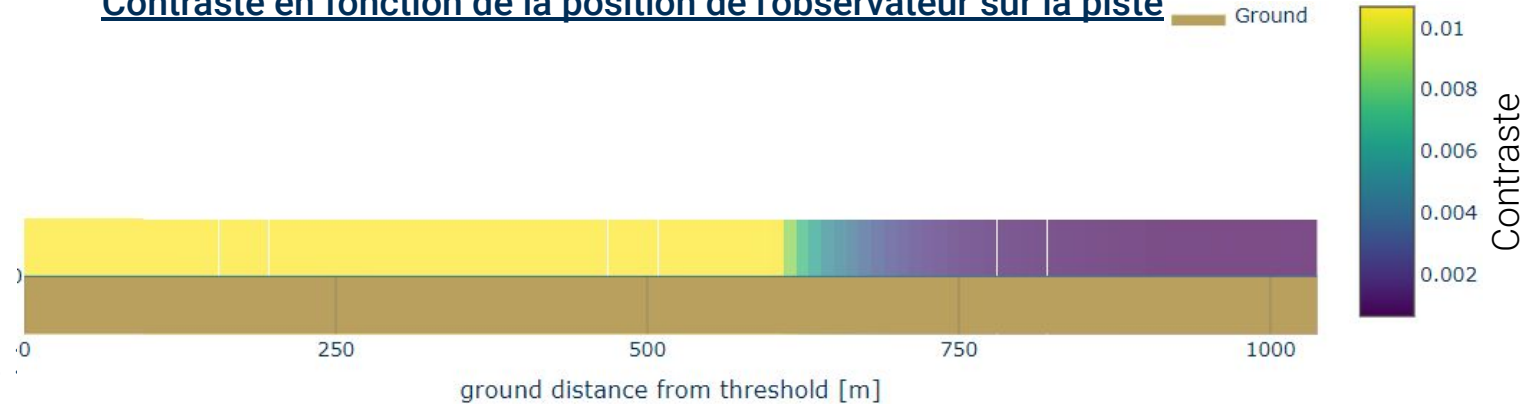
# Phase 2 : Risque opérationnel

## Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

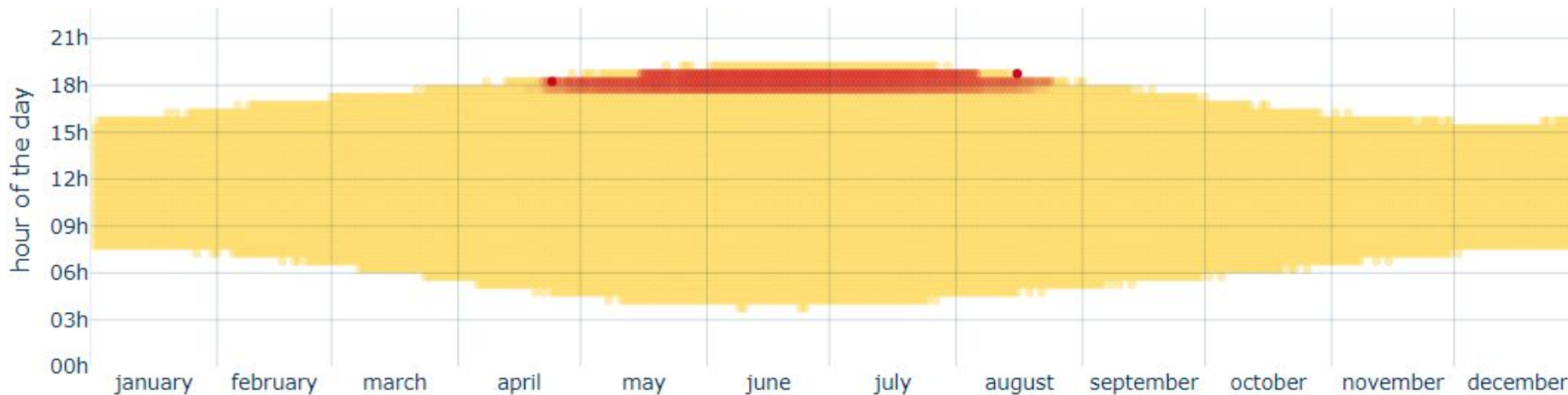
### RWY 11-29 vers l'ouest

- durée totale annuelle : 170 h/an
- trajectoire totale touchée : toute la longueur de la piste
- date d'éblouissement le plus impactant : 16 juin 20:15

Contraste en fonction de la position de l'observateur sur la piste



Heures d'éblouissement incapacitant dans l'année



## Phase 2 : Risque opérationnel

# Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

### QFU 107

Impact PHOTOSOL : **3% du temps de jour**

de mai à août, en fin d'après-midi

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**



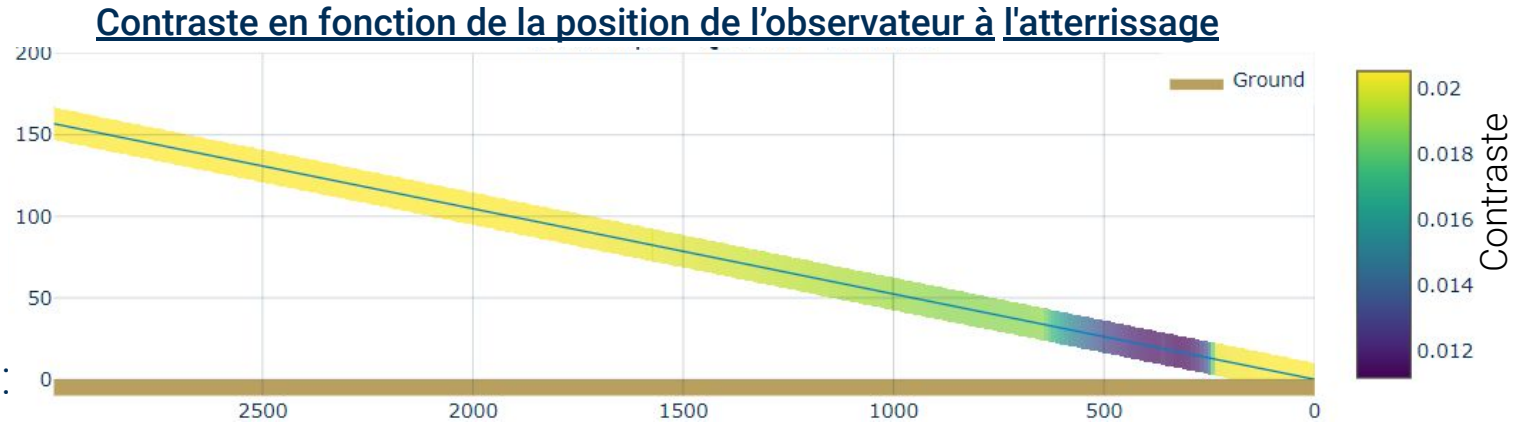
- Risque d'éblouissement incapacitant à l'atterrissage pendant 46 heures par an, le matin de février à avril et août à octobre.
- Pas d'éblouissement incapacitant au décollage.

## Phase 2 : Risque opérationnel

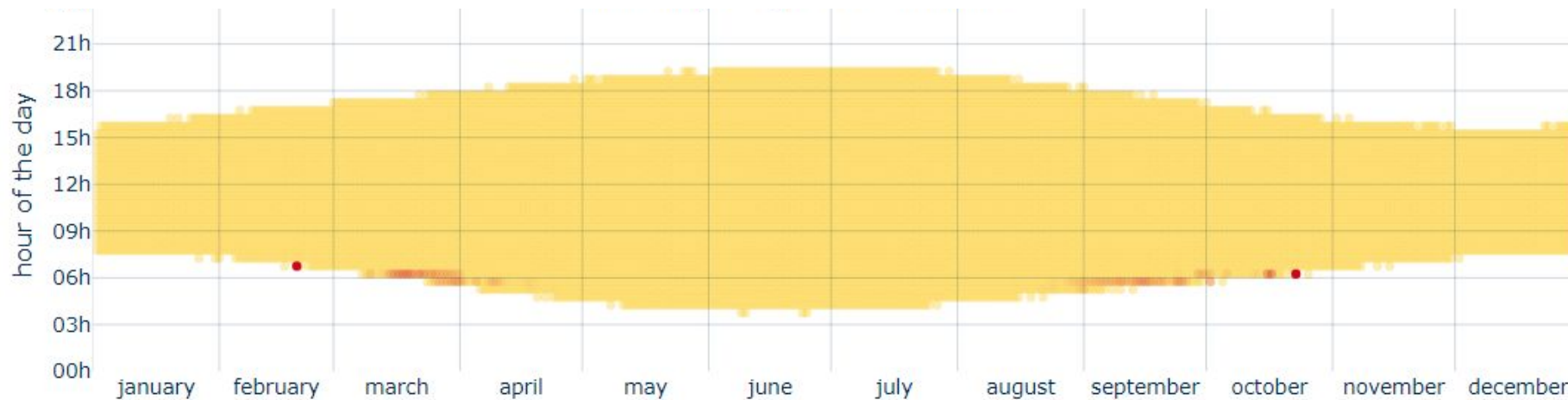
# Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

### QFU 107 à l'atterrissage

- durée totale annuelle : 45.5 h/an
- trajectoire totale touchée : toute la trajectoire de l'observateur
- date d'éblouissement le plus impactant : 31 août 07:45



### Heures d'éblouissement incapacitant dans l'année



## Phase 2 : Risque opérationnel

# Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

- Risque d'éblouissement incapacitant à l'atterrissage pendant 261 heures par an, en fin de journée d'avril à septembre.
- Pas d'éblouissement incapacitant au décollage.



### QFU 287

Impact PHOTOSOL : **6% du temps de jour**

de février à octobre, le matin

Concomitance avec centrale voisine : **Aucune**

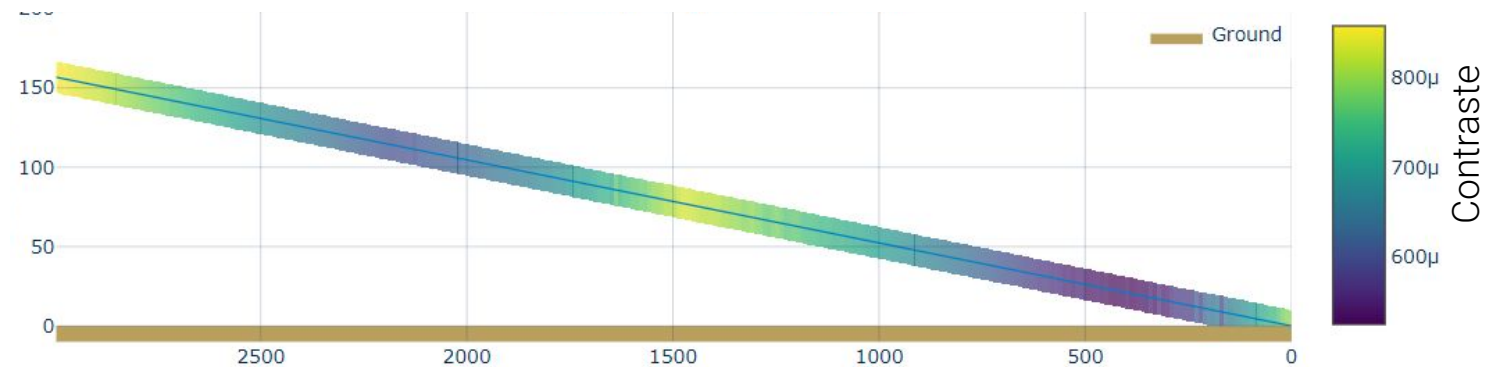
## Phase 2 : Risque opérationnel

# Quantification des éblouissements gênants et incapacitants

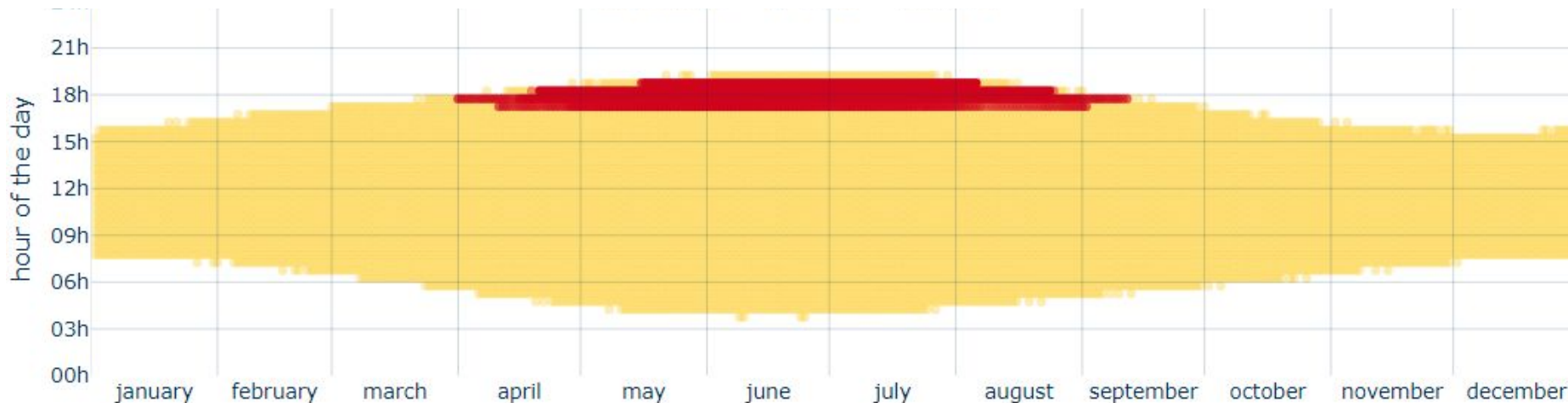
### QFU 287 à l'atterrissage

- durée totale annuelle : 260.5 h/an
- trajectoire totale touchée : toute la trajectoire de l'observateur
- date d'éblouissement le plus impactant : 29 mai 19:45

Contraste en fonction de la position de l'observateur à l'atterrissage



Heures d'éblouissement incapacitant dans l'année



## Phase 2 : Risque opérationnel

# Concomitances des risques avec l'opération de l'aérodrome

### Fréquentation

🚩 Saison de plus forte activité au printemps et en automne

🚩 Activité en été concentrée sur le matin et le soir

### Expérience des pilotes

🚩 Pilotes amateurs ~12h/an

🚩 REX : pas d'éblouissement notable provenant de la centrale voisine A

### Utilisation de l'aérodrome

🚩 **QFU 13** préféré au décollage et à l'atterrissage

🚩 **RWY 01-19** utilisé 75% du temps, et est affectée par l'éblouissement le matin sur une plage limitée



Phase 2 : Risque opérationnel

## Conclusion sur le risque : Elevé

### **Fréquence : Très probable**

Une forte fréquentation au printemps et en automne, pendant les jours clairs, concomitant avec le maximum d'éblouissement d'août-septembre.

Le QFU préférentiel n'est pas affecté par le risque d'éblouissement mais la piste est affectée.

Le QFU 287 est fortement affecté par le risque d'éblouissement entre avril et septembre.

### **Possibilité d'évitement : Moyen à faible**

Le QFU le plus impacté est un des moins utilisés.

L'expérience minimale des pilotes ne permet que très peu d'adaptation.

## Phase 2 : Risque opérationnel

# Pistes de mitigation à explorer

### 1/ Module technologie anti reflet

Peut réduire l'effet dans certain cas

Photosol: pas de technologie préférée

### 2/ Orientation des POA

Changement d'azimut et inclinaison

Photosol: intervalles définies

### 3/ Barrière opaque

Peut réduire les éblouissements sur les pistes





Phase 3 : Analyse de sensibilité et moyens de mitigation

## Phase 3 : Analyse de sensibilité et moyens de mitigation

### Axes d'analyse

1/ Installation d'une barrière opaque

2/ Une technologie module anti reflection

3/ Un azimut compris entre  $120^\circ$  et  $240^\circ$

4/ Une inclinaison entre  $10^\circ$  et  $25^\circ$

# Phase 3 : Analyse de sensibilité et moyens de mitigation

## Barrière et module

**Barrière** d'une hauteur de 3 m, la hauteur réelle dépendra des mesures topographiques sur site

Modules **Talesun**

**Verre anti-reflection structuré**, sans Anti-Reflective Coating

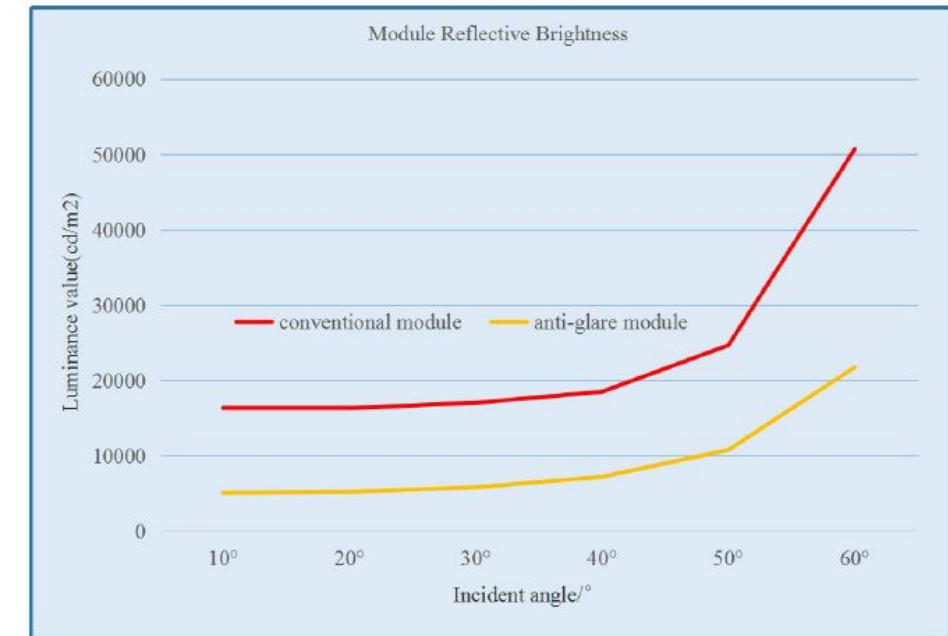
Performances anti-réflexion 3X supérieures aux modules conventionnels

Coût standard ~0,22 USD/Wp FOD, Q1 2023



光源照度 15100lx

Anti-glare PV sample reflection luminance test (indoor)						
Incident angle	10°	20°	30°	40°	50°	60°
conventional module	16340	16320	17020	18480	24660	50710
anti-glare module	5048	5200	5793	7185	10750	21740



CSG glass test report 2022-10-09

## Phase 3 : Analyse de sensibilité et moyens de mitigation

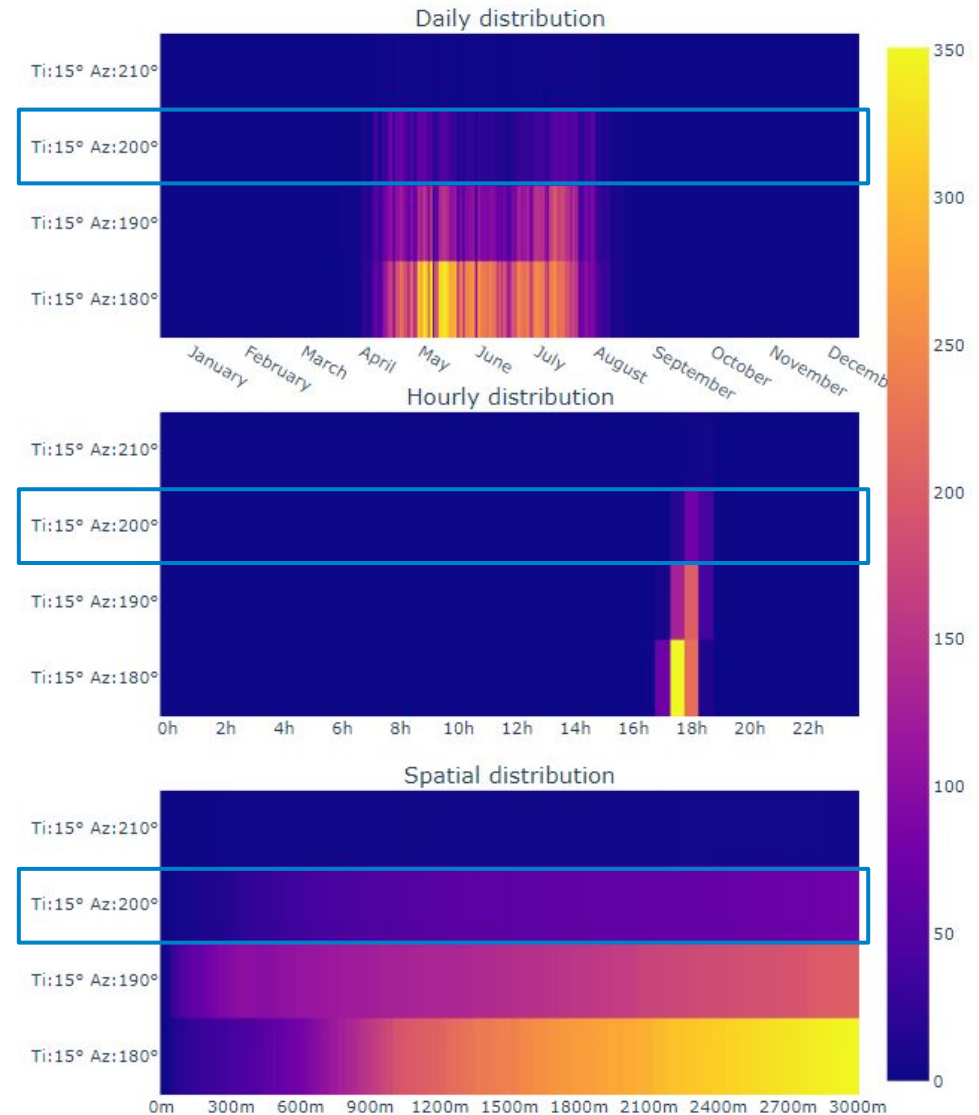
# Sensibilité à l'orientation

Analyse de 320 configurations :

- 2 sous-zones
- 5 azimuts
- 4 inclinaisons
- 2 orientations pilote (atterrissage, décollage)
- 4 trajectoires (2 pistes, 2 QFU)

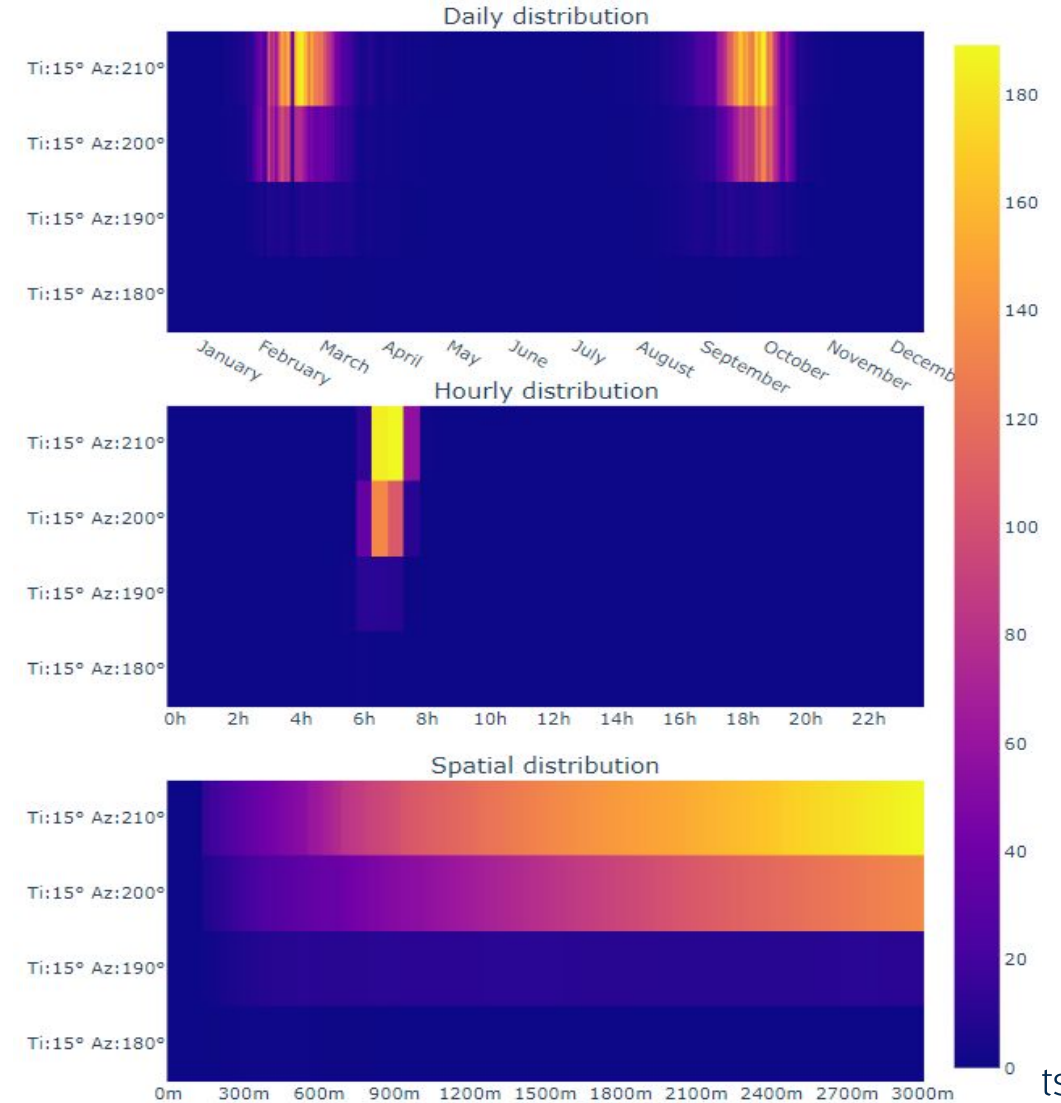
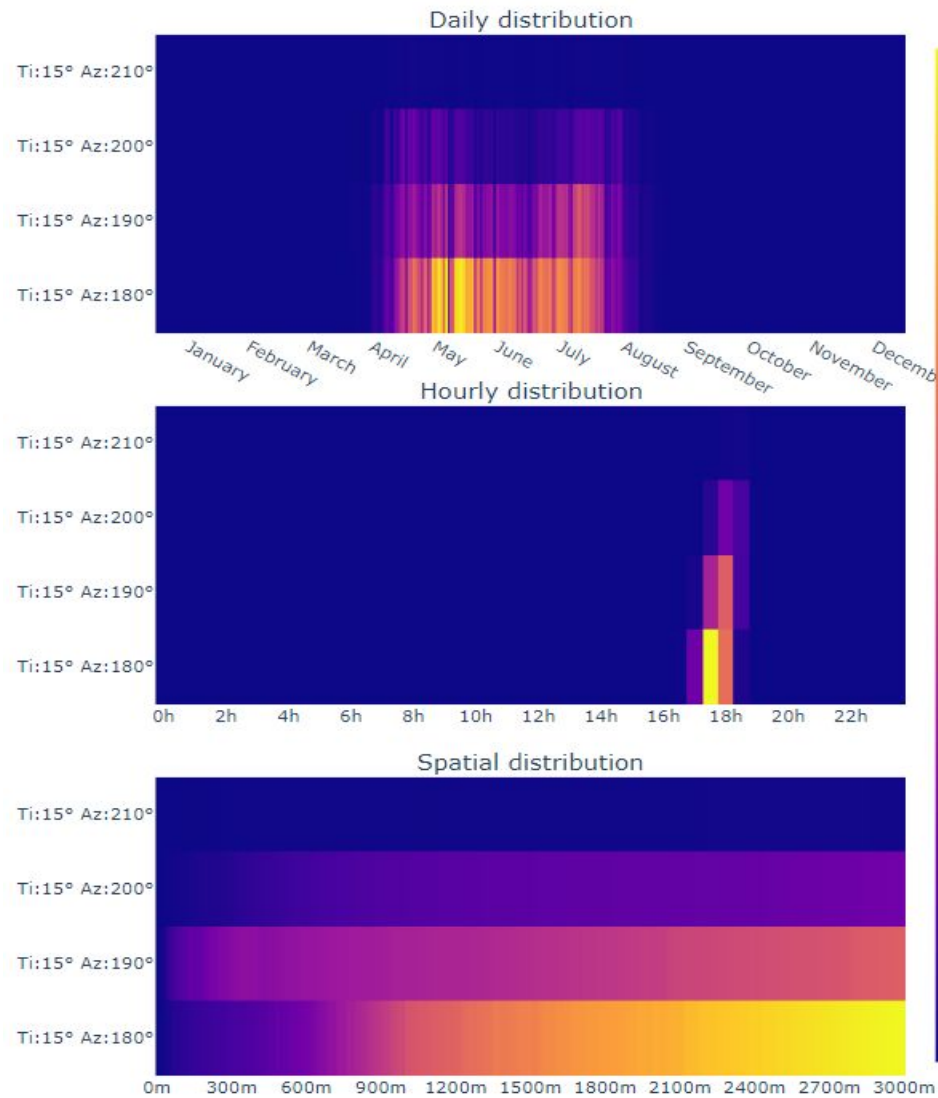
Préférence pour un **azimut de 193°**, parallèle à la piste RWY 11-29.

Faible effet de l'inclinaison sur la réduction de luminance de voile.  
=> On conserve l'**inclinaison d'origine de 15°**.



# Phase 3 : Analyse de sensibilité et moyens de mitigation

## Sensibilité à l'orientation



# Phase 3 : Analyse de sensibilité et moyens de mitigation

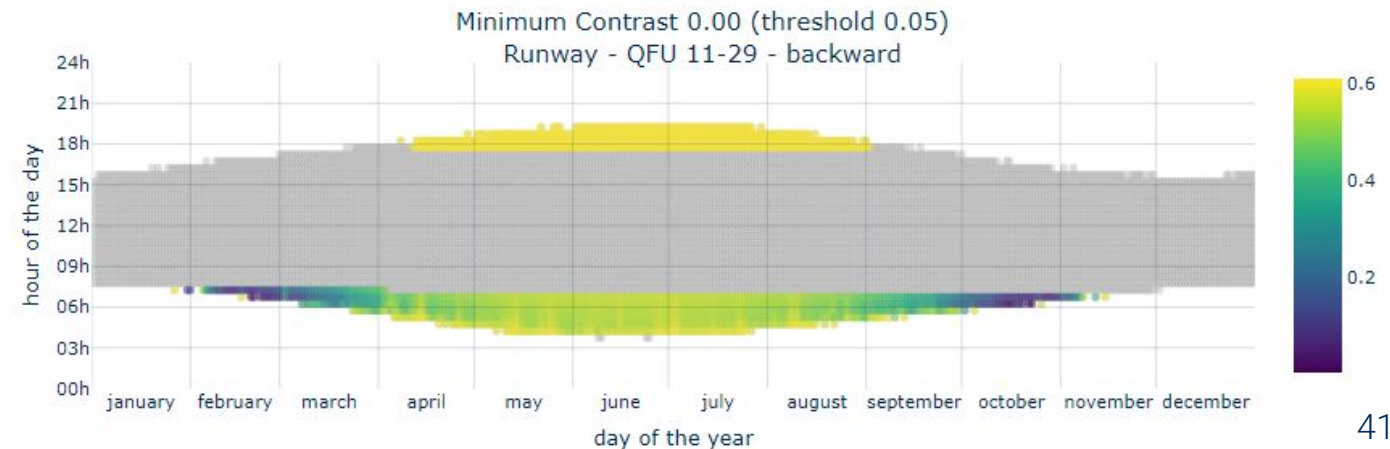
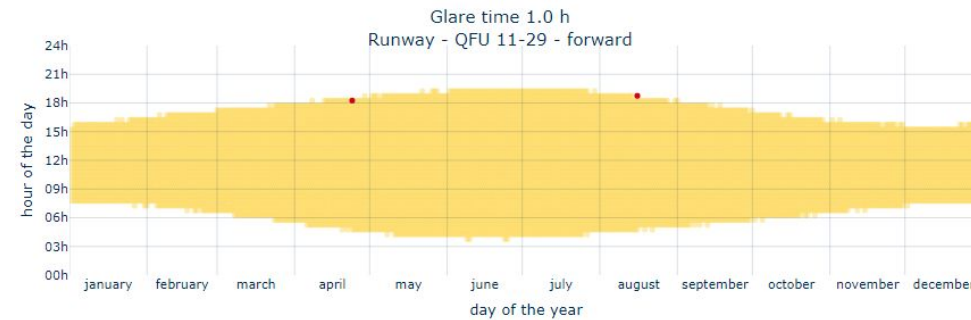
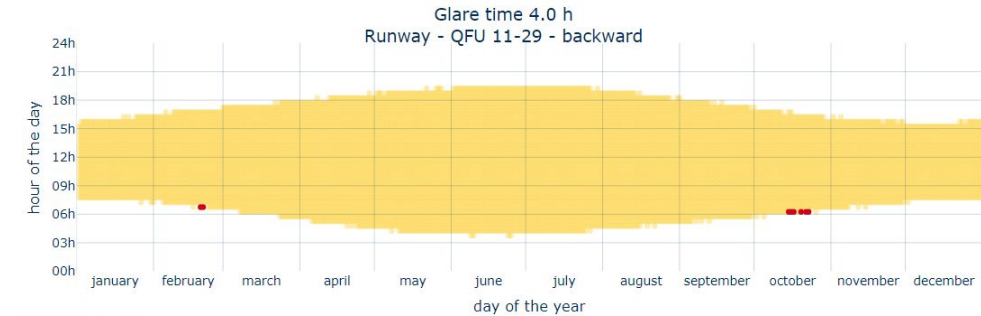
## Cartographie de la configuration retenue

Configuration avec barrière, modules Talesun, azimuth 193°, inclinaison 15°

### Impacte sur les pistes

Contraste supérieur à 5%, absence de risque d'éblouissement incapacitant.

Centrale plus lumineuse en février et octobre, avec un maximum de luminosité tôt le matin, depuis la piste 11-29 (est-ouest).



# Phase 3 : Analyse de sensibilité et moyens de mitigation

## Cartographie de la configuration retenue

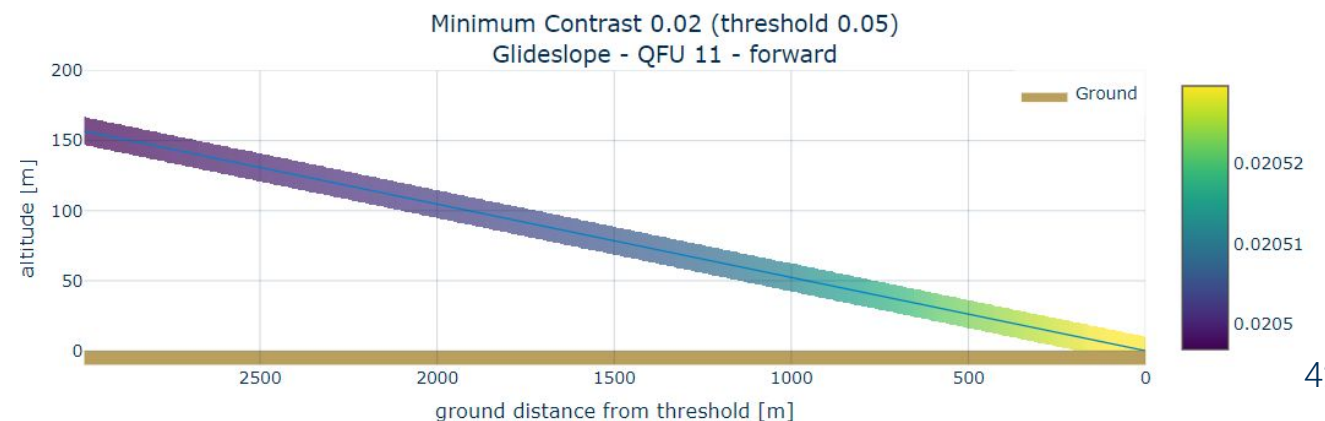
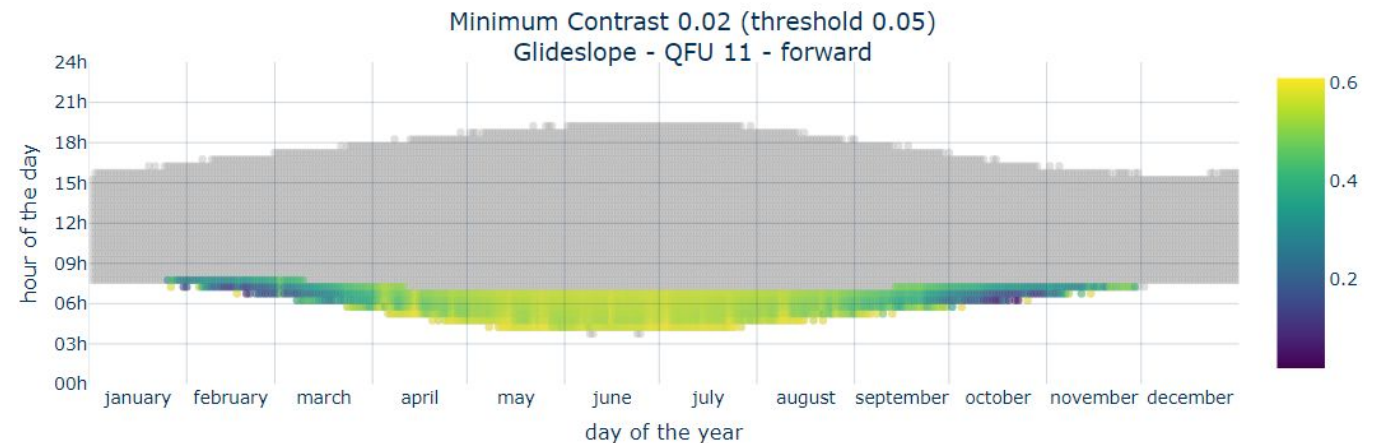
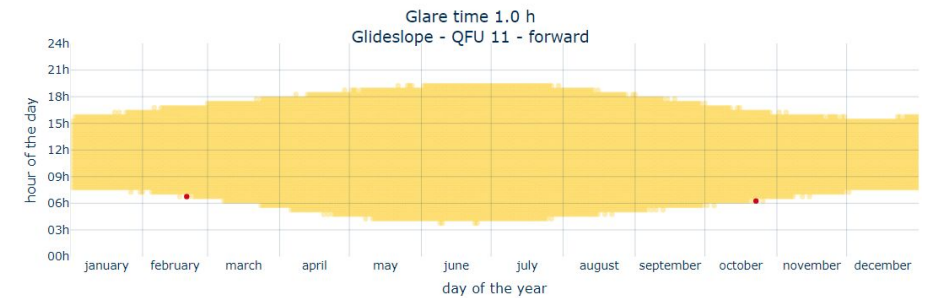
Configuration avec barrière, modules Talesun, azimuth 193°, inclinaison 15°

### Impacte sur les QFU

Contraste supérieur à 5%, absence de risque d'éblouissement incapacitant.

Centrale plus lumineuse en février et octobre, avec un maximum de luminosité tôt le matin, en atterrissant par le QFU 107 (depuis l'ouest).

Zone d'observation la plus lumineuse à **toute la trajectoire**.



# Conclusion

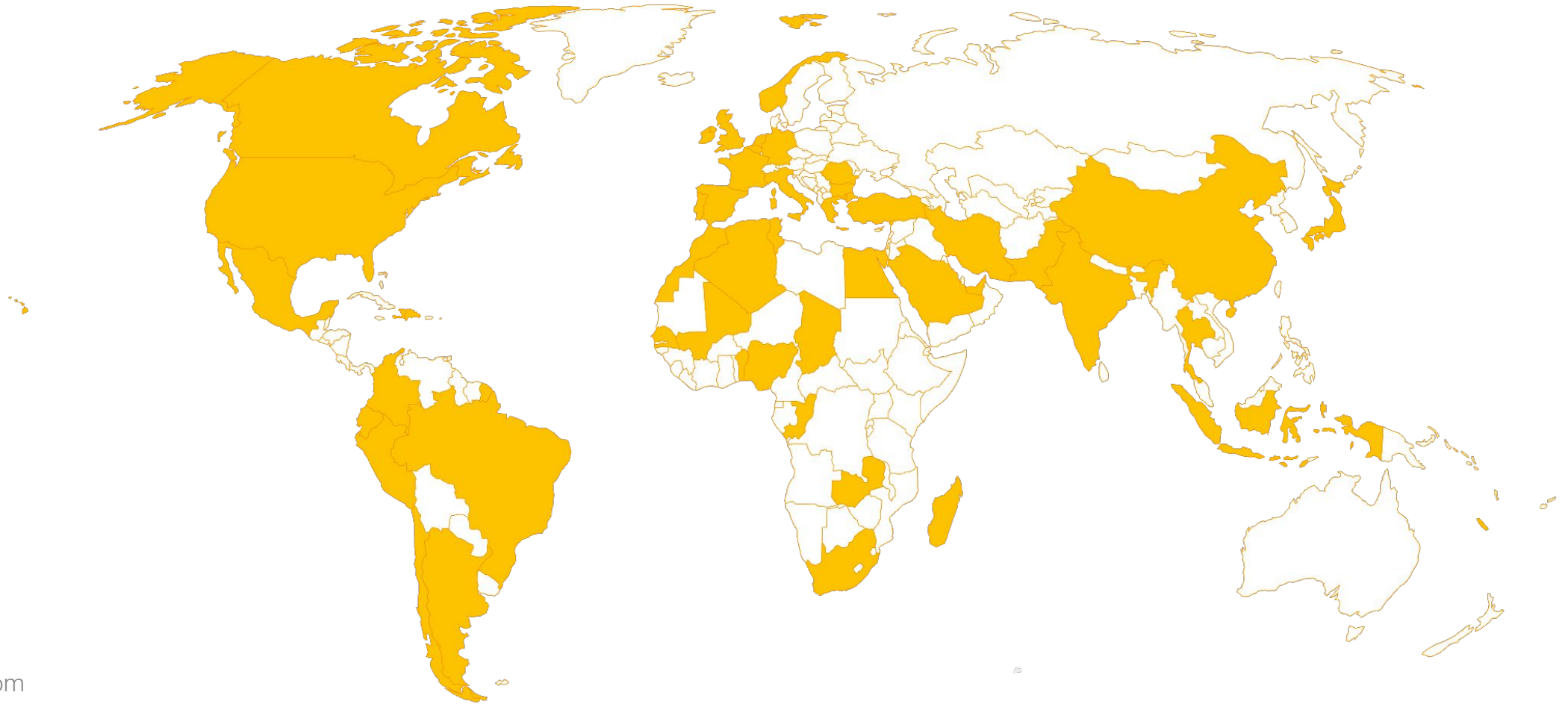
La centrale PV contient un risque d'éblouissement sur les QFU et pistes de l'aérodrome, sans concomitances de risque avec les centrales avoisinantes.

La combinaison des moyens de mitigation suivants permet d'**éliminer le risque d'éblouissement incapacitant** :

- **barrière opaque** d'une hauteur de 3 m\* autour de la centrale
- utilisation de modules avec **verre anti-reflection** structuré
- modification de l'orientation à 15° d'inclinaison et **193° d'azimut**.

L'alignement des modules à la piste permet potentiellement d'optimiser le taux de couverture des modules et d'augmenter la puissance.

\* à ajuster selon la topographie réelle du site.



kiloWattsol SAS  
14 rue Rhin et Danube  
F-69009 Lyon

[contact@kilowattsol.com](mailto:contact@kilowattsol.com)  
[www.kilowattsol.com](http://www.kilowattsol.com)



## Your Technical Sparring Partner

