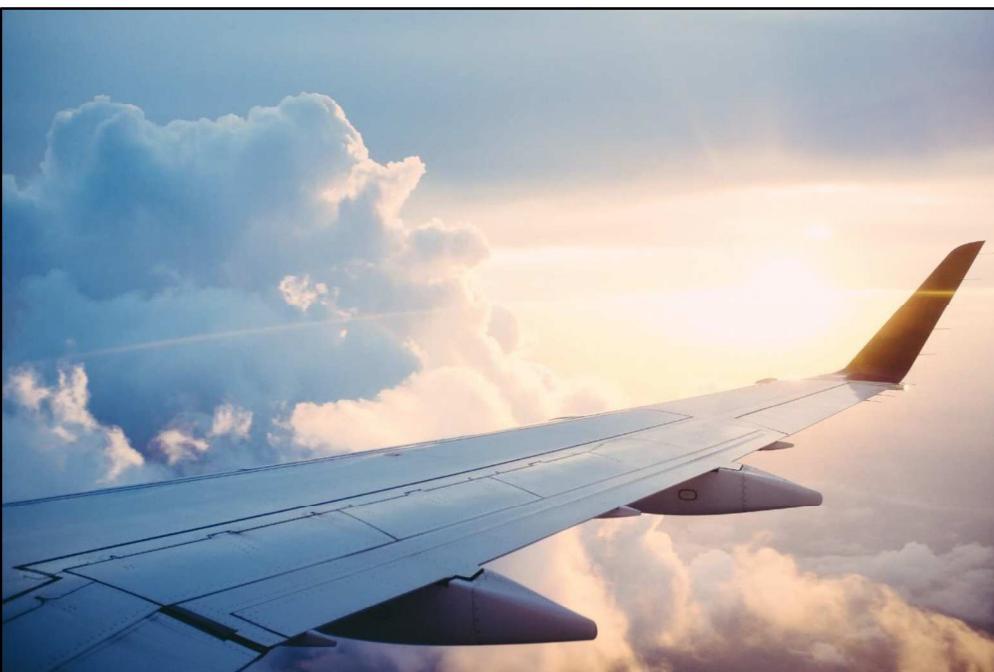


Annexe 7 : Etude de réverbération initiale (Variante n°3)



55, allée Pierre Ziller
06 560 Sophia Antipolis

Etude de Réverbération Projet Photovoltaïque de Strasbourg Entzheim



1. SOMMAIRE

1. SOMMAIRE	2
2. PRESENTATION GENERALE	3
2.1. PRESENTATION DU DOCUMENT	3
2.2. PRESENTATION DES INTERVENANTS	3
3. RESUME	4
4. PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDERÉES	6
4.1. PROJET	6
4.2. MODULES PHOTOVOLTAIQUES	9
4.3. AERODROME	10
4.4. COURSE DU SOLEIL	13
4.5. TERRAIN	14
5. ANALYSE	15
5.1. ZONES DE PROTECTION	15
SYNTHESE DES CAS A ETUDIER	20
5.2. RAPPELS SUR LES DIRECTIVES DE LA DGAC	21
5.3. ANALYSE 3D	22
SYNTHESE DE L'ANALYSE 3D	24
5.4. CARACTERISATION DES IMPACTS	25
APPROCHE QFU 05	26
ROULAGE QFU 05	29
ROULAGE QFU 23	32
5.5. CONCLUSION	35
6. ANNEXES	36



19 février 2021 – version 2

2. PRESENTATION GENERALE

2.1. PRESENTATION DU DOCUMENT

Ce document présente l'étude de réverbération du projet photovoltaïque de la société EDF RENOUVELABLES à Entzheim (Bas-Rhin), à proximité de l'aérodrome Strasbourg Entzheim (code OACI : LFST). L'objectif de cette étude est d'identifier les régions de l'espace concernées par la réflexion spéculaire des rayons du Soleil sur les modules photovoltaïques et de caractériser les impacts en réponse aux spécifications de la DGAC jointes en annexe.

Ce document est composé de deux parties :

- Une première partie présentant le projet ainsi que toutes les entrées considérées ;
- Une deuxième partie présentant les résultats obtenus.

2.2. PRESENTATION DES INTERVENANTS

Donneur d'ordre



Cœur Défense – Tour A
100, esplanade du Général de Gaulle
92 932 Paris La Défense Cedex

Contact :

M. Mathieu CHARBONNEAU – mathieu.charbonneau@edf-re.fr

Cabinet d'Ingénierie



55, allée Pierre Ziller
06 560 Sophia Antipolis

Contact :

M. Christophe VERNAY – christophe.vernay@solaïs.fr

3. RESUME

Le projet photovoltaïque (PV) de la société EDF ENOUVELABLES consiste à réaliser une centrale au sol fixe (sans solution de suivi du soleil), à Entzheim (Bas-Rhin), à proximité de l'aérodrome Strasbourg Entzheim (code OACI : LFST), comme indiqué sur la figure suivante.



Le tableau suivant détaille les caractéristiques du générateur photovoltaïque :

Intitulé	Azimut	Inclinaison	Hauteur min	Hauteur max	Emprise au sol
Centrale au sol fixe	180° (Sud)	10°	+1,0 m	+2,7 m	~ 24,8 ha

La carte de l'aérodrome (code OACI : LFST) annexée à ce document laisse apparaître une piste bitumée (QFU 05/23), une tour de contrôle (TWR) ainsi qu'une hélistation (FATO).

L'analyse montre que :

- L'approche des avions depuis l'Est (QFU 23), l'ensemble des approches des hélicoptères (FATO 05 et 23) ainsi que la tour de contrôle ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis ;
- L'approche et le roulage depuis l'Ouest (QFU 05) sont impactés le soir. Toutefois, **le risque d'éblouissement est nul car les rayons réfléchis arriveront dans le dos des pilotes** ;
- Le roulage depuis l'Est (QFU 23) est impacté le soir ; **toutefois, ces impacts ne sont pas gênants au regard de la spécification de la DGAC** pour les raisons suivantes :
 - Le générateur photovoltaïque est situé en dehors des zones B et C ;
 - L'angle entre la trajectoire et les rayons réfléchis est supérieur à 30°.

Le tableau suivant synthétise les résultats lesquels montrent que, pour la configuration retenue (plein Sud, inclinaison de 15°), **le générateur photovoltaïque répond aux exigences de la DGAC**, et ce quel que soit le type de modules photovoltaïques utilisés (avec ou sans propriété anti-éblouissement).

QFU 05		QFU 23	
Approche	Roulage	Roulage	Approche
Rayons réfléchis dans le dos	Aucun impact gênant	Aucun impact	

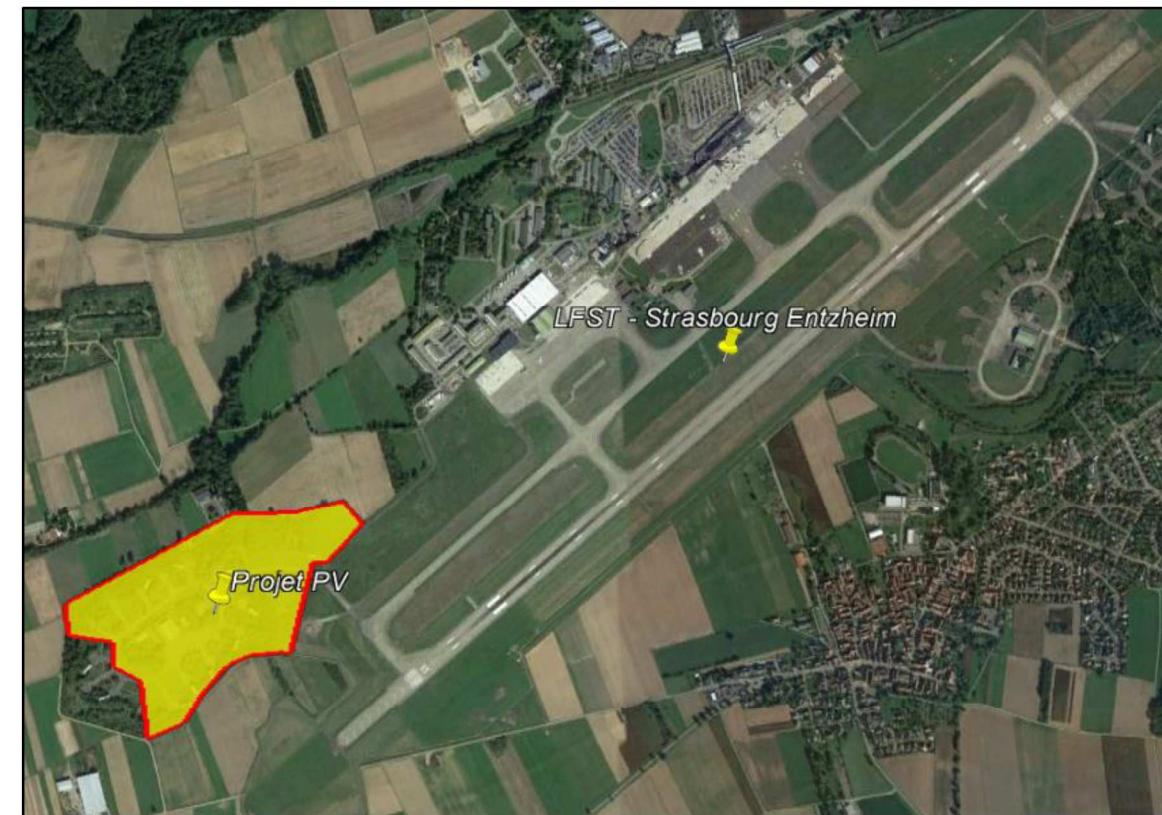
FATO 05	FATO 23
Aucun impact	

Tour de contrôle (TWR)
Aucun impact

4. PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDERÉES

4.1. PROJET

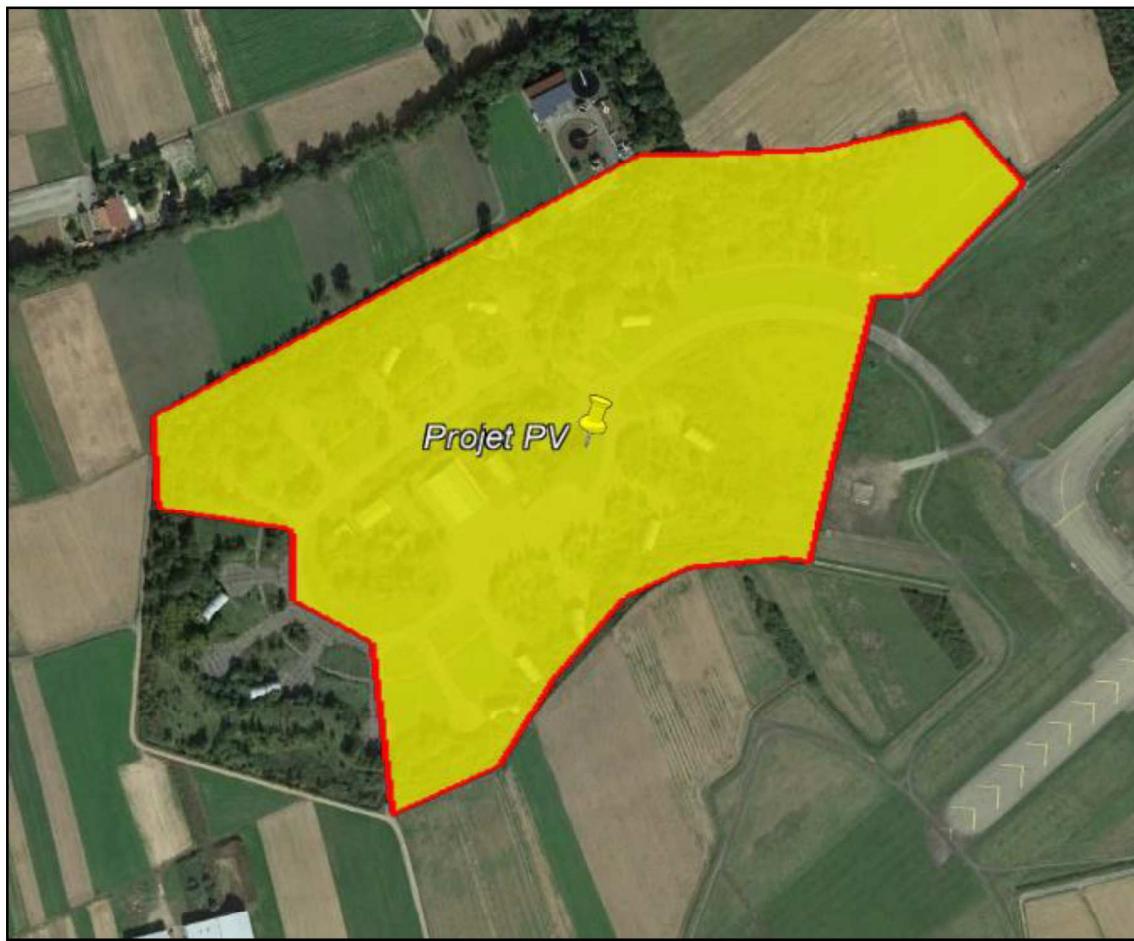
Le projet photovoltaïque (PV) de la société EDF ENOUVELABLES consiste à réaliser une centrale au sol fixe (sans solution de suivi du soleil), à Entzheim (Bas-Rhin), à proximité de l'aérodrome Strasbourg Entzheim (code OACI : LFST), comme indiqué sur la figure suivante.



Le tableau suivant détaille les caractéristiques du générateur photovoltaïque :

Intitulé	Azimut	Inclinaison	Hauteur min	Hauteur max	Emprise au sol
Centrale au sol fixe	180° (Sud)	10°	+1,0 m	+2,7 m	~ 24,8 ha

La figure et le tableau suivants présentent la modélisation du générateur à partir d'un unique polygone, ainsi que les coordonnées géographiques des sommets.



48.532704	7.611868	153
48.534146	7.612410	153
48.534150	7.612949	153
48.535092	7.614314	153
48.535661	7.613547	153
48.535382	7.611756	153
48.535347	7.610370	153
48.535339	7.609411	157
48.533130	7.603210	155
48.532349	7.603275	156
48.532172	7.604972	155
48.531574	7.605004	154

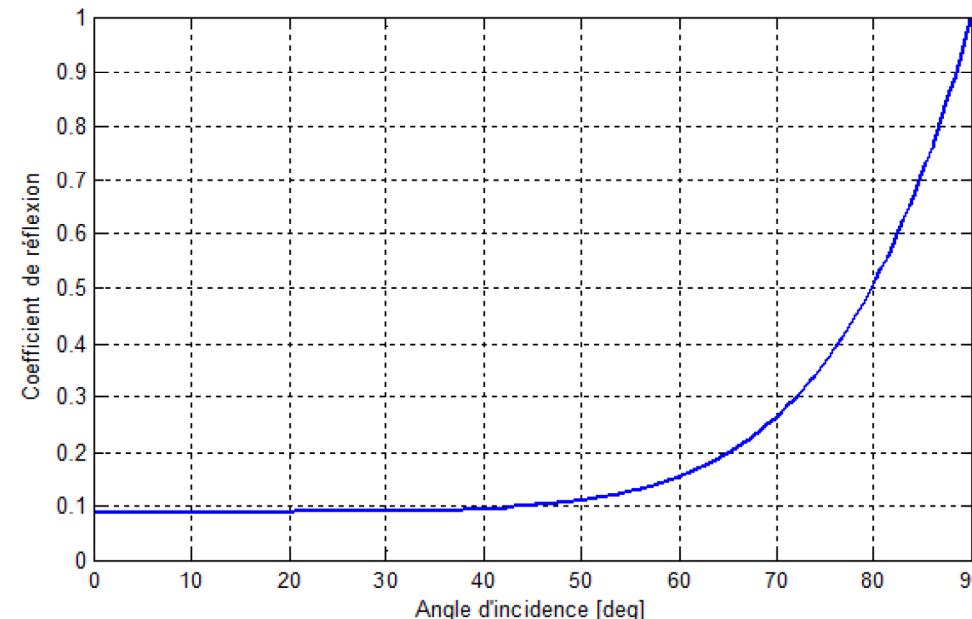
Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
48.531220	7.606004	154
48.529770	7.606267	154
48.530175	7.607619	154
48.530914	7.608313	155
48.531605	7.609224	155
48.531851	7.610030	154
48.531927	7.611241	153
48.531902	7.611578	153

4.2. MODULES PHOTOVOLTAIQUES

Dans le cadre de ce projet, il n'est pas prévu d'utiliser de modules PV avec des propriétés de réverbération telles que la luminance du rayon réfléchi soit systématiquement inférieure à 10 000 ou 20 000 cd/m² (seuils définis dans la note technique de la DGAC). Il convient donc d'effectuer une analyse fine des potentiels cas d'éblouissement.

Les modules concernés utilisent une couche en verre susceptible de provoquer des cas d'éblouissement suivant l'angle d'incidence.

En l'absence d'un profil spécifique fourni par le client, un profil standard de coefficient de réflexion a été retenu pour cette étude ; il est représenté à la figure suivante.



4.3. AERODROME

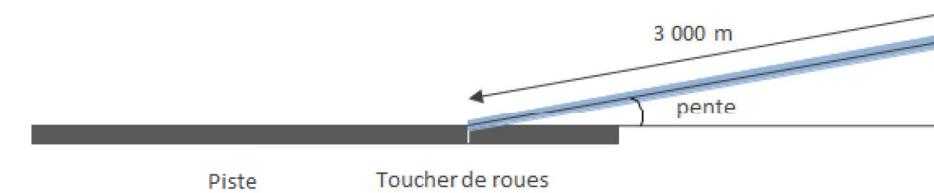
La note technique de la DGAC spécifie que le porteur de projet doit démontrer l'absence d'impact gênant pour :

- Les contrôleurs aériens présents dans la tour de contrôle (TWR) ;
- Les pilotes d'aéronefs en phase d'approche et de roulage de chaque piste ;
- Les pilotes d'hélicoptères en phase d'approche des hélistations (FATO).

La carte de l'aérodrome (code OACI : LFST) annexée à ce document laisse apparaître une piste bitumée (QFU 05/23), une tour de contrôle (TWR) ainsi qu'une hélistation (FATO).

Intitulé	Direction magnétique (QFU)	Angle d'approche	Distance disponible à l'atterrissement (LDA)	Point nominal de toucher de roues
Piste bitumée 05/23	047°	3,5°	2 400 m	THR05 + 400 m
	227°	3,0°		THR23 + 400 m

Les approches étudiées sont caractérisées géométriquement sur le schéma suivant :



Comme indiqué dans la carte aéronautique en annexe de ce document, la pente étudiée est prise égale à 3,5° pour l'approche en QFU 05.

Comme indiqué dans la carte aéronautique en annexe de ce document, la pente étudiée est prise égale à 3° pour l'approche en QFU 23.

Les caractéristiques des procédures d'approche des hélicoptères sont les suivantes :

Procédure	Dimension	Longueur d'approche	Pentes étudiées	Azimut d'approche
FATO 05/23	Dégagée	24 m * 110 m	1 000 m	2°, 5°, 8° 047° 227°



Les coordonnées GPS des points remarquables sont résumées ci-après :

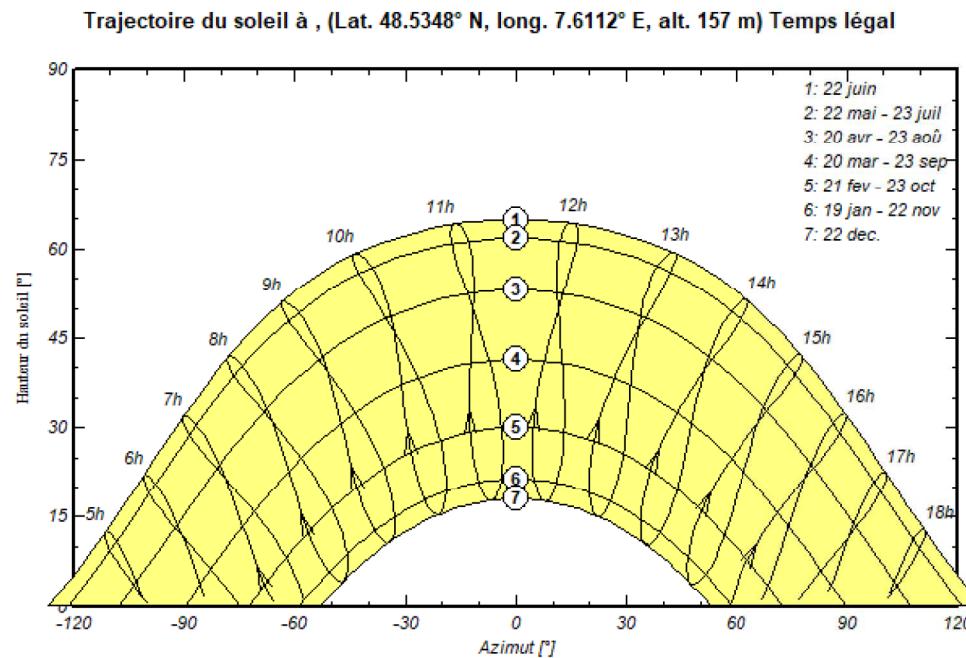
	Nature	Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
TWR	Tour de contrôle	48.543966	7.627707	151 *
THR 05	Seuil associé au QFU 05	48.531194	7.616031	152
TOUCH 05	Toucher de roues du QFU 05	48.533569	7.620103	152
THR 23	Seuil associé au QFU 23	48.545453	7.640477	149
TOUCH 23	Toucher de roues du QFU 23	48.543078	7.636405	149
FATO	Centre de la FATO	48.546546	7.636237	150

* A cette altitude du sol ont été rajoutés 25 mètres afin de rendre compte de la hauteur de la tour de contrôle.

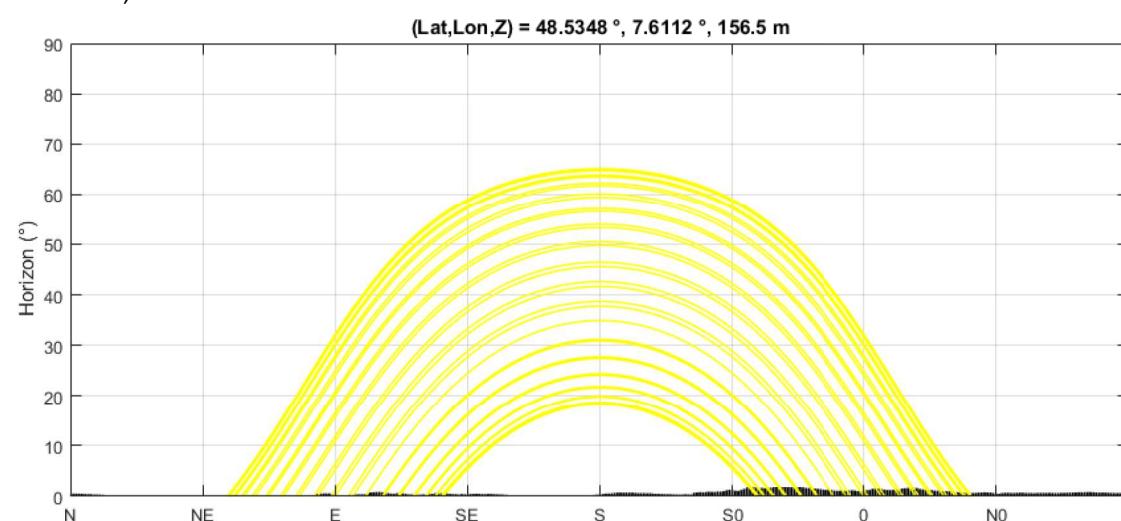
4.4. COURSE DU SOLEIL

La figure suivante présente pour le site étudié la course du soleil tout au long de l'année, le solstice d'été (22 juin) étant la courbe supérieure et le solstice d'hiver (22 décembre) la courbe inférieure :

- L'axe des abscisses représente l'azimut du soleil, 0° signifiant le Sud et +90° l'Ouest ;
- L'axe des ordonnées représente l'élevation du soleil en degré ;
- L'heure indiquée correspond à l'heure solaire vraie, i.e. midi au zénith.

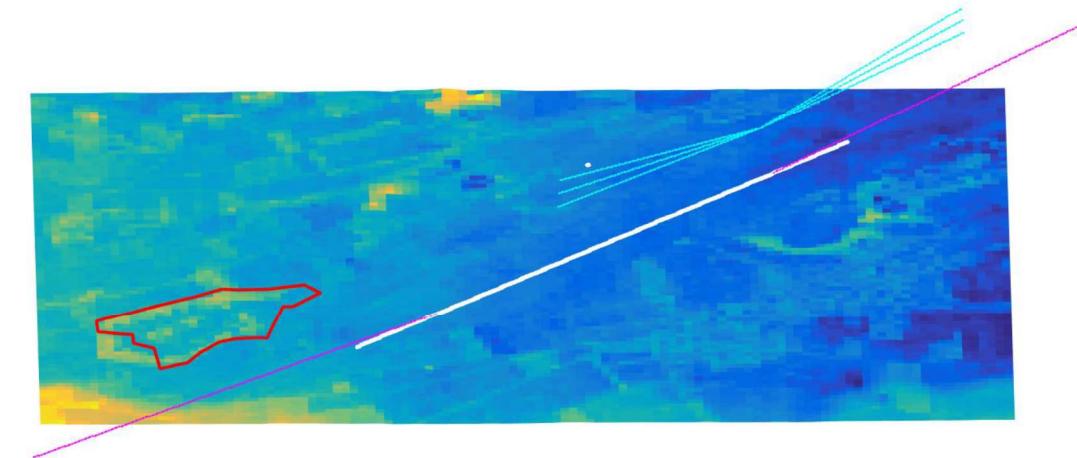
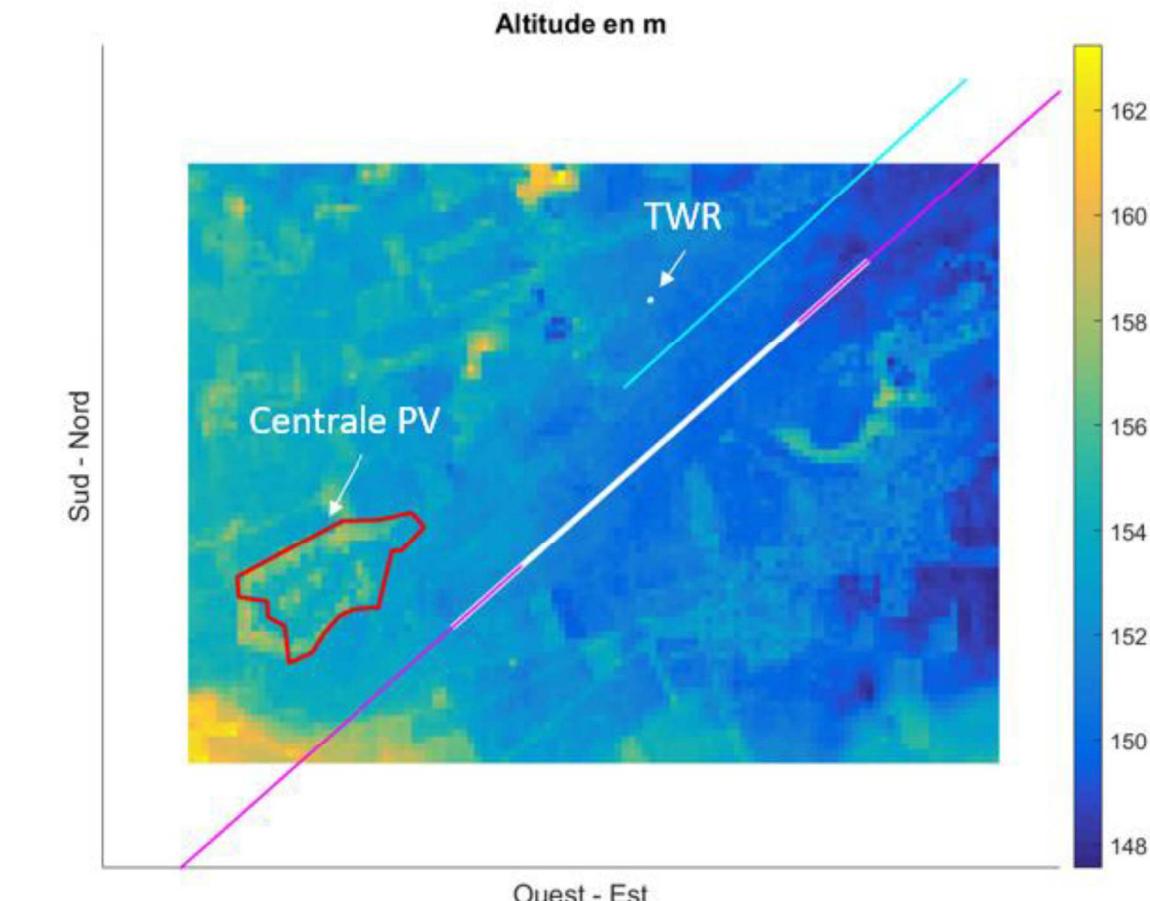


Le relief lointain observé à l'emplacement de l'installation photovoltaïque doit être pris en compte dans l'étude de réverbération car il peut cacher les rayons directs du soleil et donc réduire les impacts identifiés. La figure suivante représente la course du Soleil ainsi que le relief lointain considéré, en noir.



4.5. TERRAIN

Un modèle numérique de terrain avec une maille de 30 m a été utilisé pour cette étude. Le générateur est représenté en rouge, les approches des avions en magenta, celles des hélicoptères en cyan, la piste et la tour de contrôle en blanc. Le dégradé de couleur correspond à l'altitude du terrain en mètres.



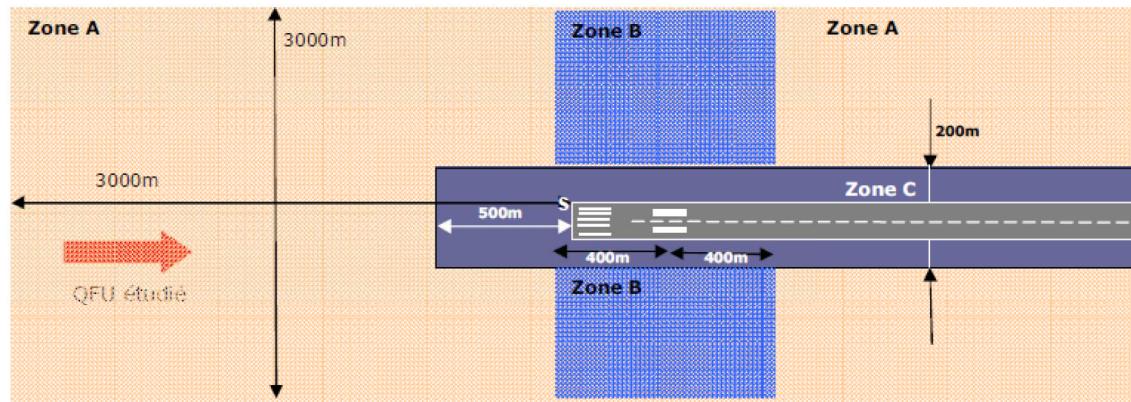
5. ANALYSE

Cette section présente les résultats des simulations effectuées à partir des hypothèses présentées précédemment. Toutefois, ces résultats doivent être considérés à l'aune des différentes incertitudes propres à la problématique de la réverbération PV : trajectoires des aéronefs, topographie de l'implantation, relief lointain, etc.

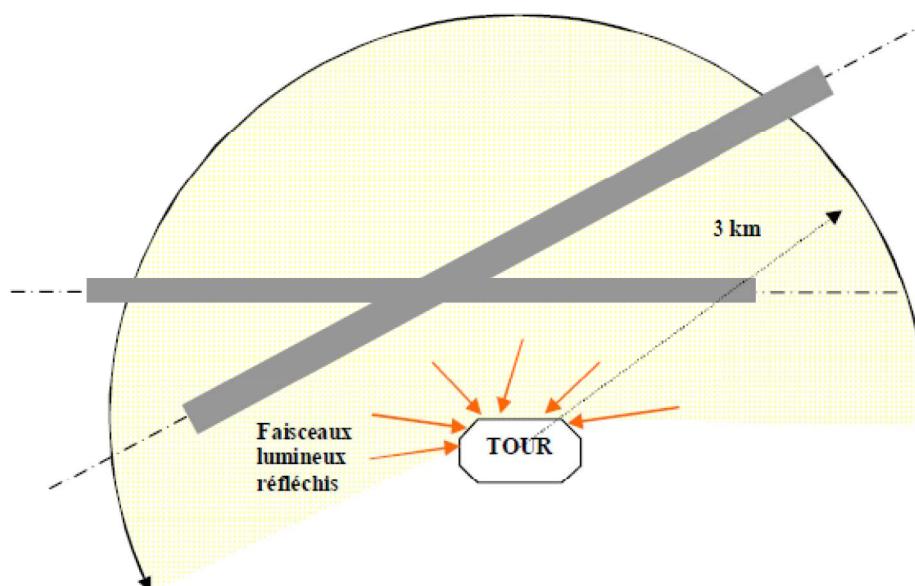
5.1. ZONES DE PROTECTION

Les prérogatives de la DGAC définissent des zones de protection de la façon suivante :

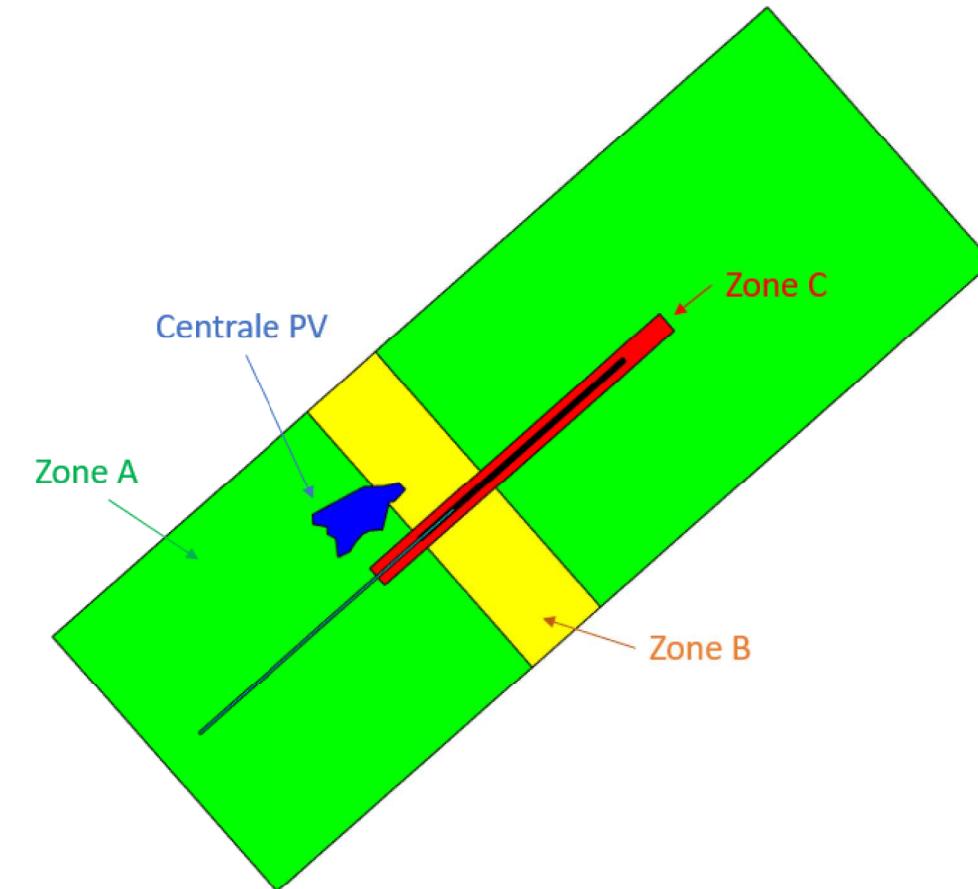
- Pour chaque sens d'atterrissement, trois zones distinctes A, B, et C, différenciant les impacts potentiels selon l'implantation des modules photovoltaïques ;



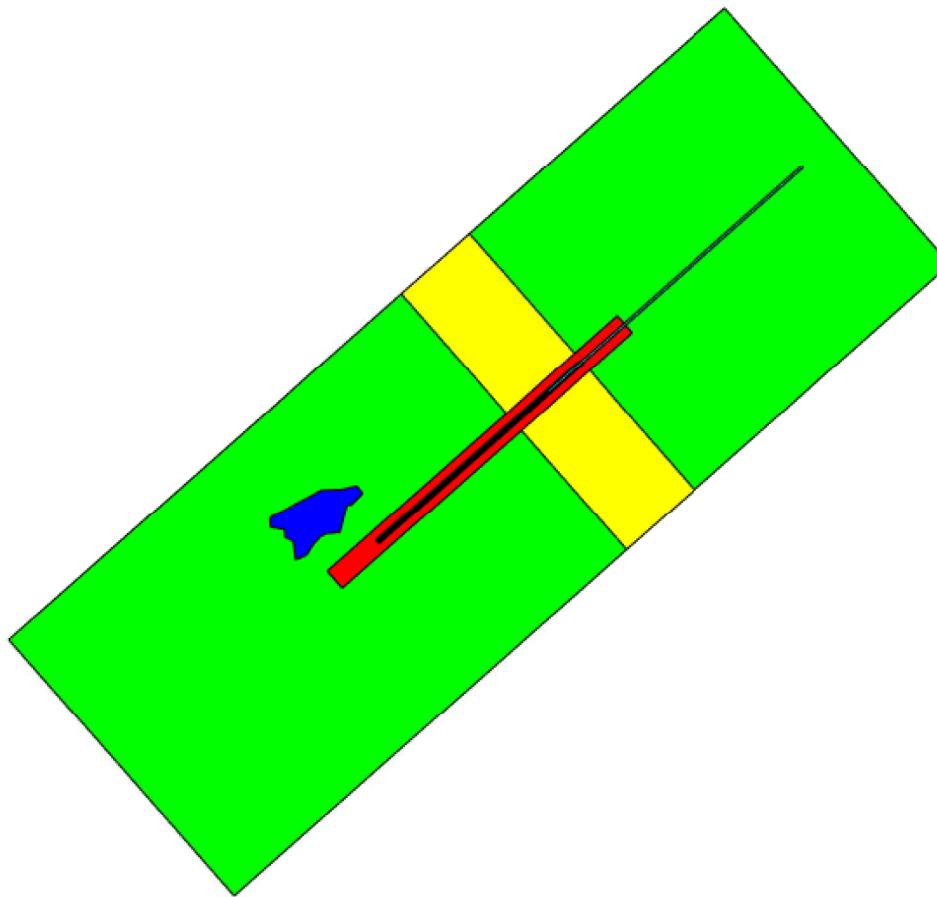
- Pour la tour de contrôle, une zone de protection définie comme l'union des demi-disques de rayon 3 km centrés sur la tour et incluant les pistes.



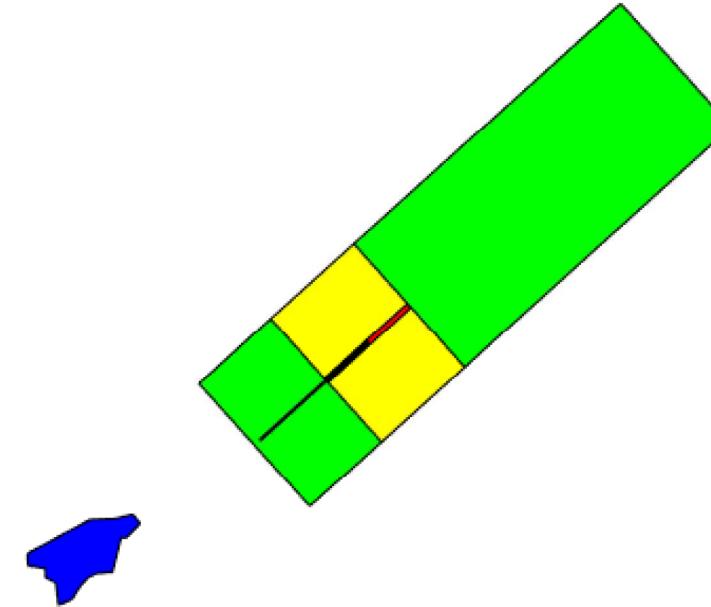
- Par rapport au QFU 05 : la centrale photovoltaïque est localisée en zone de protection A et B
→ l'analyse est requise pour l'approche et le roulage associés.



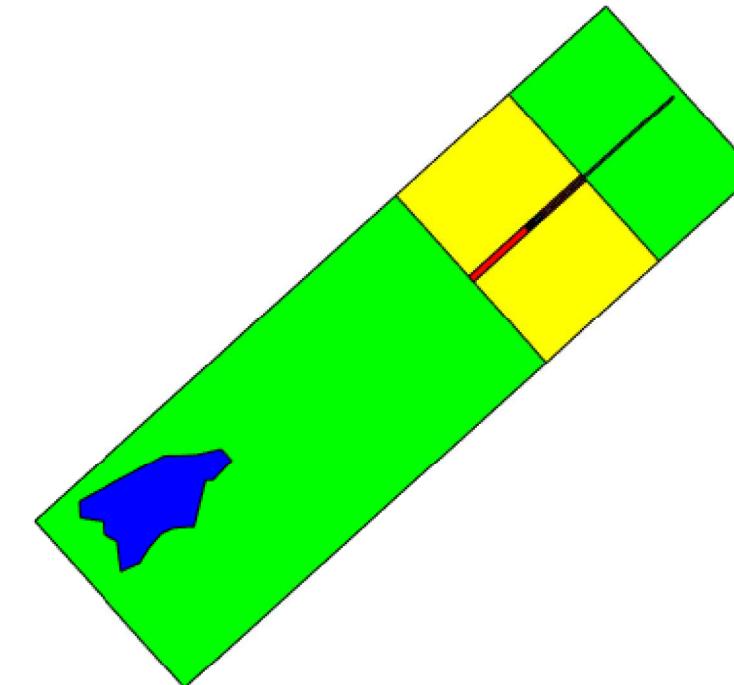
- Par rapport au QFU 23 : la centrale photovoltaïque est localisée en zone de protection A → l'analyse est requise pour l'approche et le roulage associés.



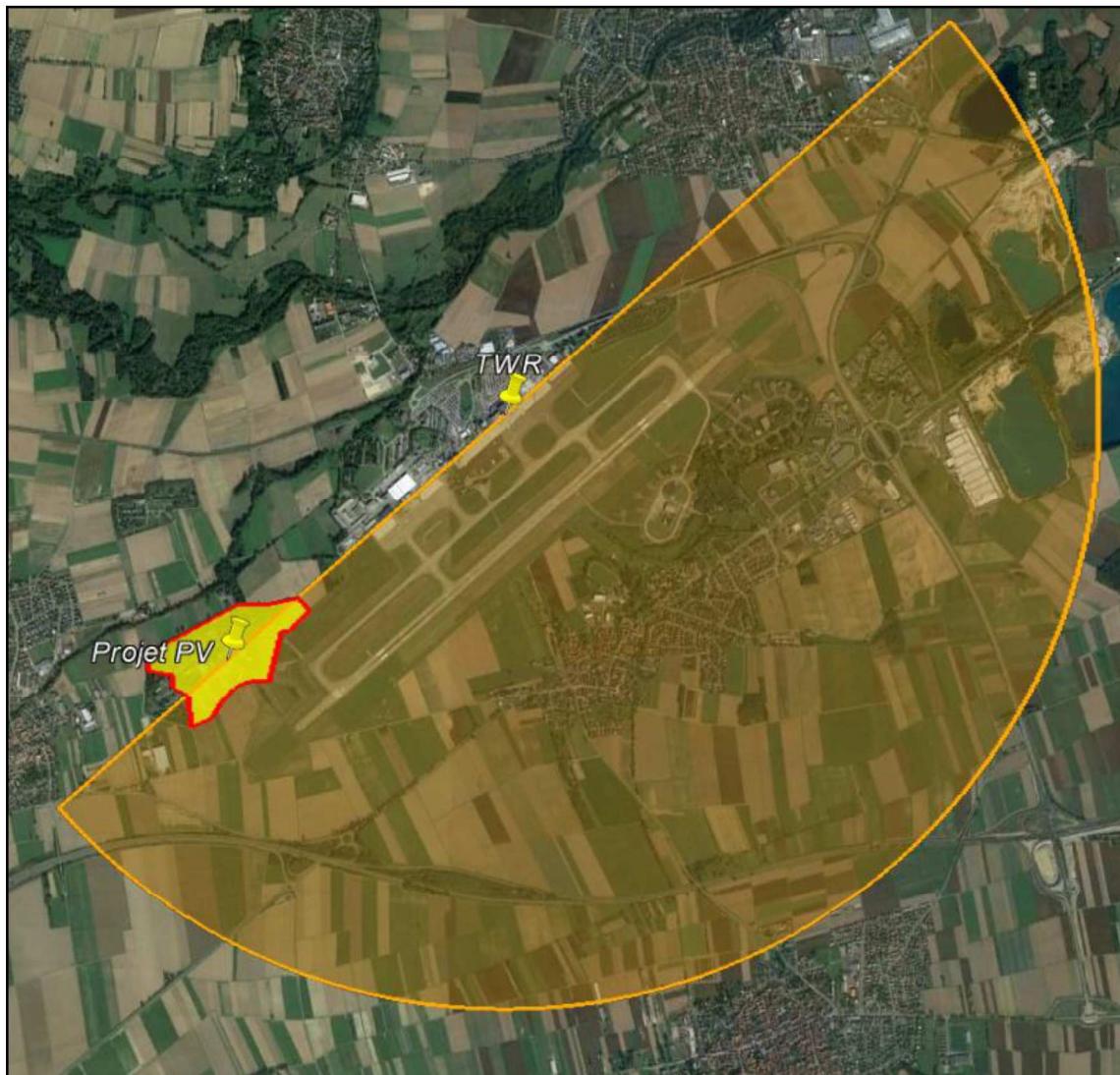
- Par rapport à FATO 05 : la centrale photovoltaïque est localisée en dehors des zones de protection → l'analyse n'est pas requise pour les approches associées.



- Par rapport au FATO 23 : la centrale photovoltaïque est localisée en zone de protection A → l'analyse est requise pour l'approche et le roulage associés.



- La centrale photovoltaïque est localisée dans la zone de protection de la tour de contrôle
→ l'analyse est requise vis-à-vis des contrôleurs aériens.



SYNTHESE DES CAS A ETUDIER

Etant donné la localisation de la centrale photovoltaïque, les cas suivants doivent être étudiés.

Zone de protection	QFU 05		QFU 23	
	Approche	Roulage	Roulage	Approche
Hors Zone				
Zone A	Zone de protection A et B → Analyse requise		Zone de protection A → Analyse requise	
Zone C				

Zone de protection	FATO 05	FATO 23
Hors Zone	Hors zone de protection → Analyse NON requise	
Zone A		Zone de protection A → Analyse requise
Zone B		
Zone C		

Zone de protection	Tour de contrôle (TWR)
Hors Zone	
Zone TWR	Zone de protection TWR → Analyse requise

5.2. RAPPELS SUR LES DIRECTIVES DE LA DGAC

Lorsqu'une implantation photovoltaïque incluse dans la zone A d'un seuil de piste présente des cas d'impacts, ceux-ci ne sont considérés comme gênants pour le pilote que s'ils répondent simultanément aux quatre conditions suivantes :

- L'angle de vision entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste est compris entre -30° et +30° ;
- La luminance du rayon lumineux considéré est supérieure à 20 000 cd/m² ;
- La distance entre le pilote et le point de réflexion est inférieure à 3 000 m ;
- La surface de l'implantation photovoltaïque est supérieure à 500 m².

Lorsqu'une implantation photovoltaïque incluse dans la zone B d'un seuil de piste présente des cas d'impacts, ceux-ci ne sont considérés comme gênants pour le pilote que s'ils répondent simultanément aux quatre conditions suivantes :

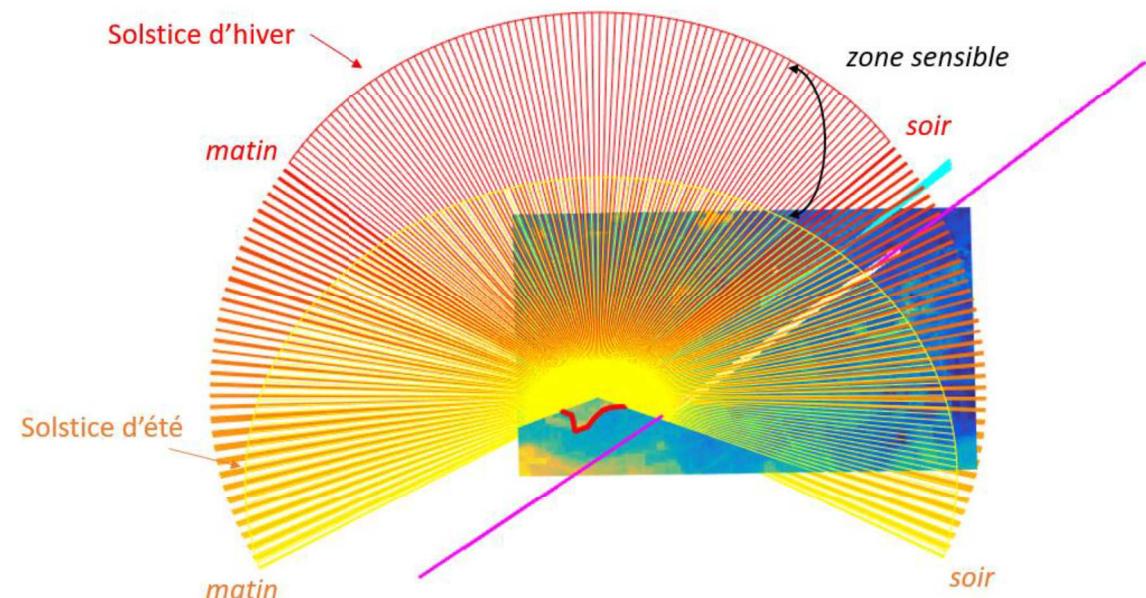
- L'angle de vision entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste est compris entre -90° et +90° ;
- La luminance du rayon lumineux considéré est supérieure à 10 000 cd/m² ;
- La surface de l'implantation photovoltaïque est supérieure à 50 m² ;
- Le pilote se trouve lui aussi dans la zone B ; dans le cas contraire, l'implantation est alors considérée incluse dans la zone A.

Lorsqu'une implantation photovoltaïque incluse dans la zone C d'un seuil de piste présente des cas d'impacts, ceux-ci sont considérés comme gênants dans tous les cas.

5.3. ANALYSE 3D

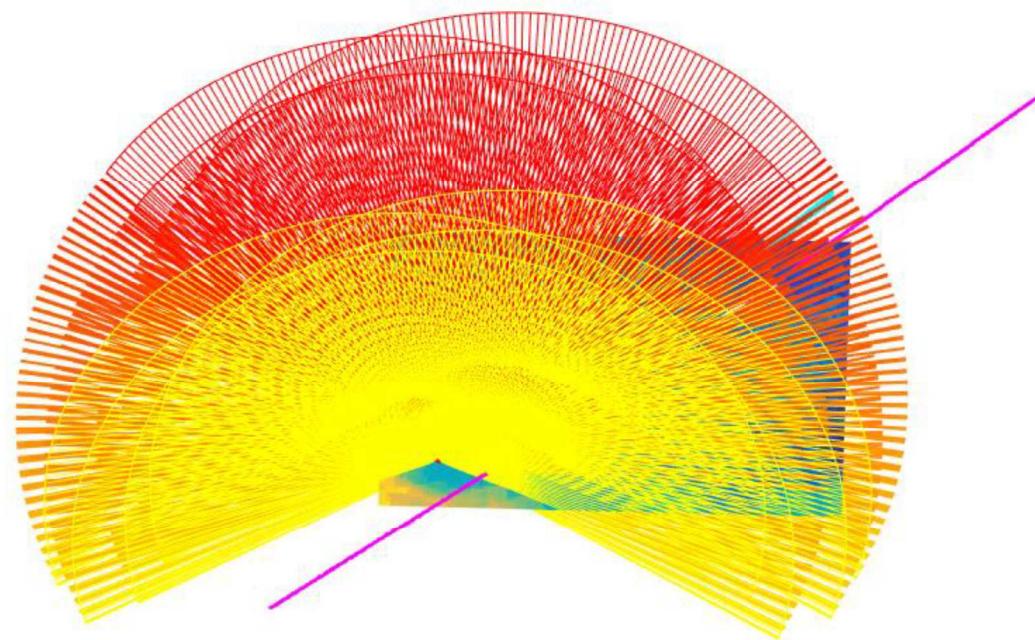
Une première recherche des cas critiques est effectuée à l'aide d'une visualisation 3D. Les cas sont déterminés de manière purement géométrique et prennent uniquement en considération le croisement de la trajectoire et des rayons réfléchis ; reliefs proche et lointain ne sont ainsi pas considérés à ce stade de l'analyse.

Pour une configuration de modules donnée (orientation et inclinaison) et une localisation de modules donnée, la localisation des rayons réfléchis est présentée à travers l'enveloppe des rayons réfléchis délimitée par les réflexions survenant tout au long du solstice d'été (22 juin) et du solstice d'hiver (22 décembre). Toute personne située dans la zone sensible comprise entre ces enveloppes sera soumise à des cas d'éblouissement en un instant de l'année, comme le montre l'exemple ci-dessous pour un point de réflexion au centre de la zone.

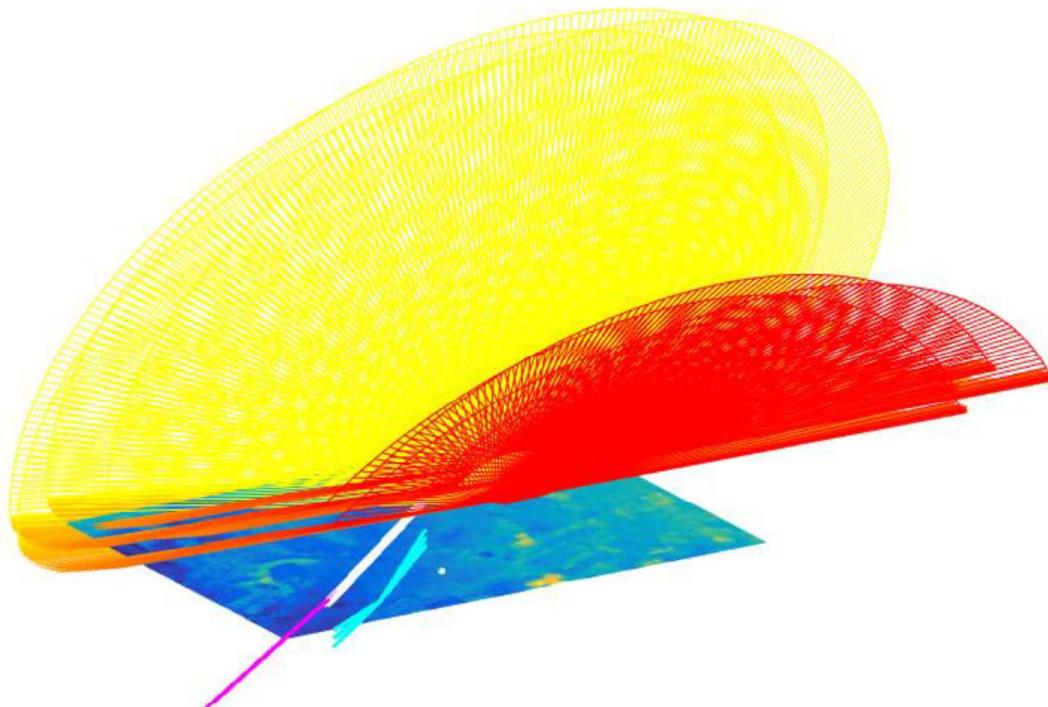


Les visuels suivants présentent le générateur en rouge, la piste en blanc, les approches en magenta, et les enveloppes des rayons réfléchis pour le solstice d'été (orange) et le solstice d'hiver (rouge), et ce pour les points de réflexion localisés aux sommets de la zone étudiée.

Vue du Sud



Vue du Nord-Est



SYNTHESE DE L'ANALYSE 3D

L'analyse 3D effectuée pour un nombre représentatif de points de réflexion montre que :

- L'approche des avions depuis l'Est (QFU 23), l'ensemble des approches des hélicoptères (FATO 05 et 23) ainsi que la tour de contrôle ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis ;
- L'approche depuis l'Ouest (QFU 05) et les roulages sont impactés ; il convient de confirmer ces impacts (la topographie ainsi que l'horizon lointain ne sont pas pris en compte dans cette analyse 3D) et, le cas échéant, de les caractériser finement au regard des critères de la DGAC.

QFU 05		QFU 23	
Approche	Roulage	Roulage	Approche
Impacts à confirmer / caractériser		Aucun impact	

FATO 05	FATO 23
Aucun impact	

Tour de contrôle (TWR)
Aucun impact

5.4. CARACTÉRISATION DES IMPACTS

Cette section présente les résultats des simulations effectuées à partir des entrées présentées précédemment ainsi que de l'hypothèse d'un ciel parfaitement clair, i.e. d'une couverture nuageuse nulle. Sont pris en compte dans cette analyse le modèle numérique de terrain ainsi que l'horizon lointain, tous deux présentés précédemment.

Pour chaque simulation, quatre visuels permettent de caractériser les rayons réfléchis pouvant générer de l'éblouissement :

- Localisation des trajectoires impactées par des rayons réfléchis ;
- Localisation des zones du générateur photovoltaïque générant ces rayons réfléchis ;
- Datation dans l'année des impacts identifiés ;
- Localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des automobilistes.

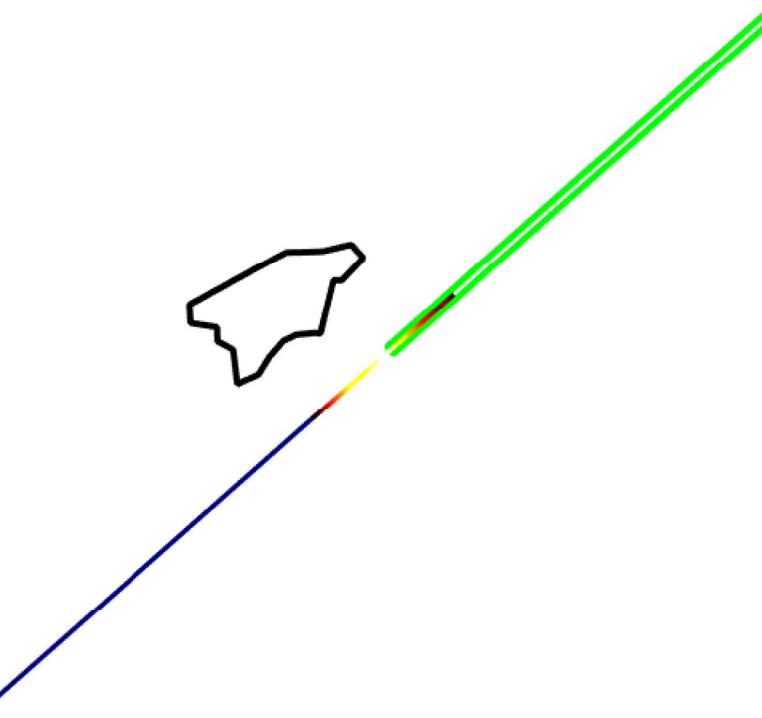
Un même code couleur est utilisé pour chaque visuel : plus la couleur est claire, plus l'occurrence des impacts est élevée, l'occurrence étant définie comme le nombre d'impacts identifiés par la simulation. Une occurrence nulle (i.e. absence d'impact) est indiquée en bleu.



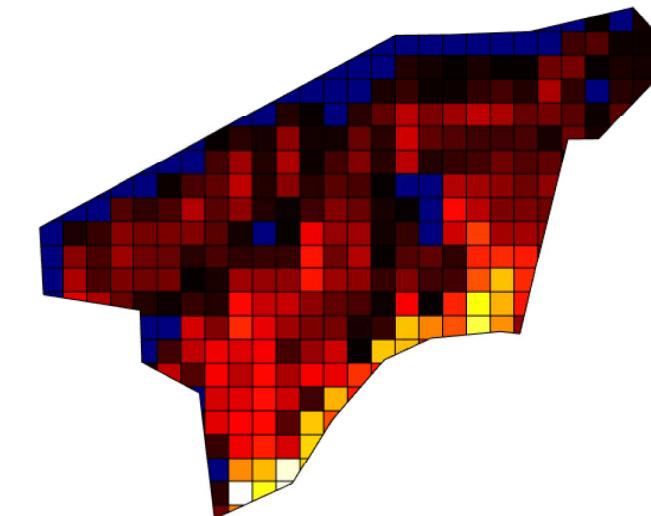
Absence d'impact (bleu)	Occurrence la plus faible (sombre)
	Occurrence la plus forte (clair)

APPROCHE QFU 05

La figure suivante identifie les éléments de la trajectoire qui seront impactés, i.e. *les derniers 890 m de la trajectoire*.



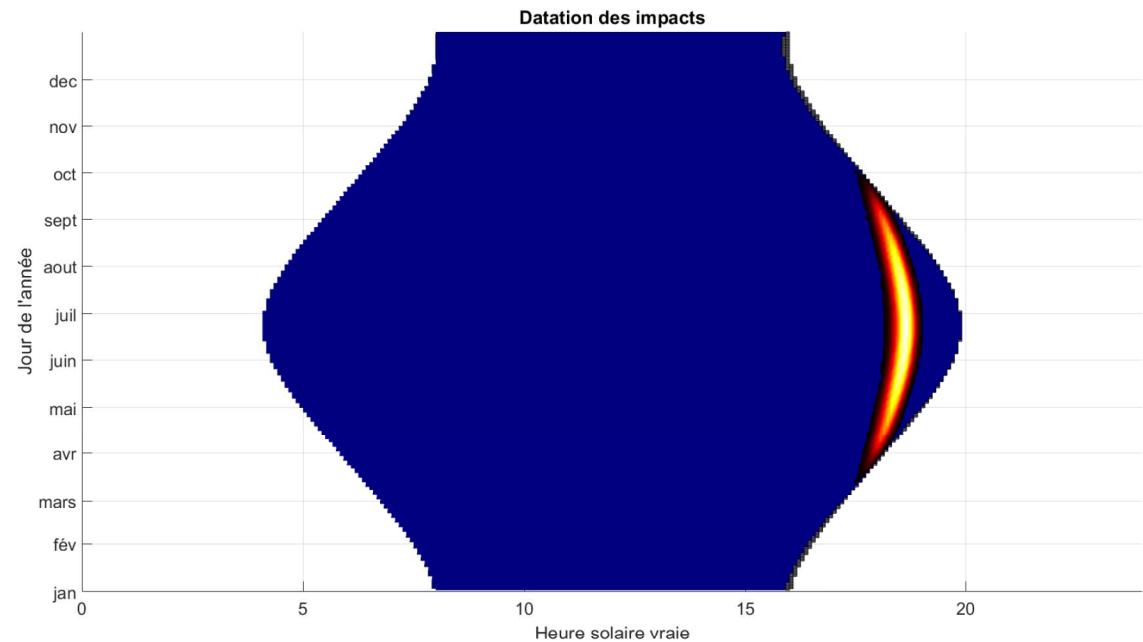
La figure suivante identifie les zones du générateur photovoltaïque qui vont générer des impacts, soit 87 % de l'emprise au sol.



La figure suivante présente tout au long de l'année la datation des impacts identifiés :

- En abscisse, l'heure solaire vraie (soleil au zénith à midi) ;
- En ordonnée, le jour de l'année ;
- Eventuellement le relief lointain en gris ;
- Plus la couleur est claire, plus le risque d'éblouissement est élevé. Un risque nul est indiqué en bleu.

Les bords de la zone bleue correspondent aux lever et coucher du soleil, la forme rebondie traduisant le fait que la durée du jour est plus longue en été qu'en hiver.



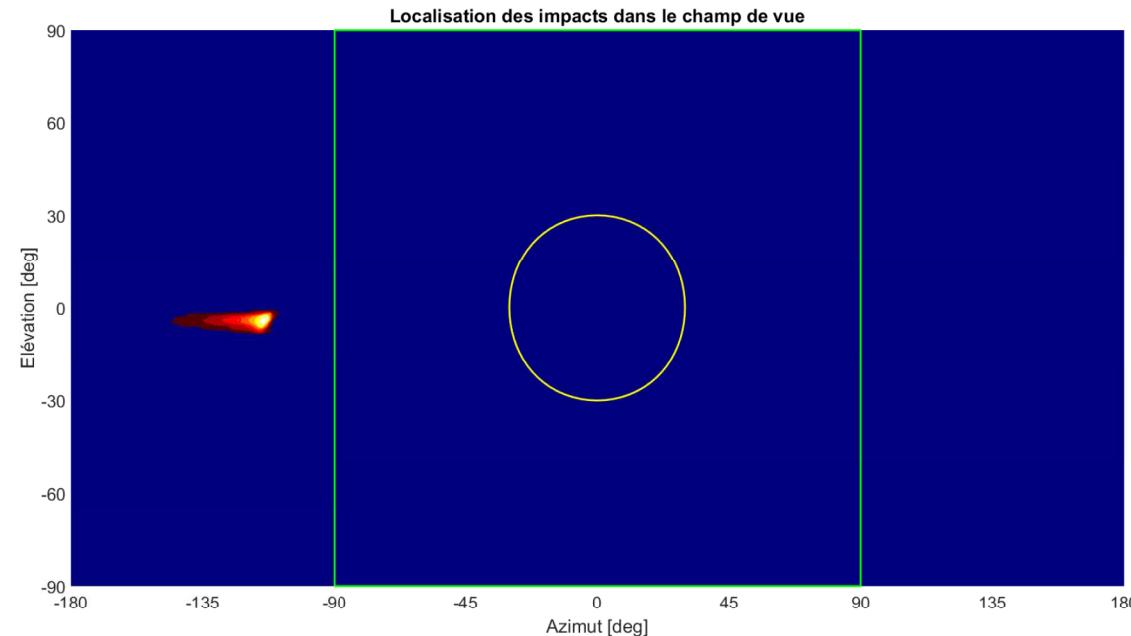
L'analyse montre que les impacts surviennent le soir, entre début mars et fin septembre.

La figure suivante présente la localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des pilotes :

- Le centre de la figure correspond au regard dans l'axe de la trajectoire ;
- L'axe des abscisses correspond à l'angle de la vision latérale (vers la gauche ou vers la droite par rapport à la trajectoire) ;
- L'axe des ordonnées correspond à l'angle d'élévation du regard (vers le haut ou vers le bas).

Le cercle jaune correspond au seuil de 30° défini par la DGAC au titre de la zone A. Tout rayon réfléchi survenant en dehors de ce cercle jaune sera perçu en vision périphérique de la personne.

Le rectangle vert correspond au seuil de 90° défini par la DGAC au titre de la zone B. Tout rayon réfléchi survenant en dehors de ce rectangle vert sera reçu dans le dos de la personne.

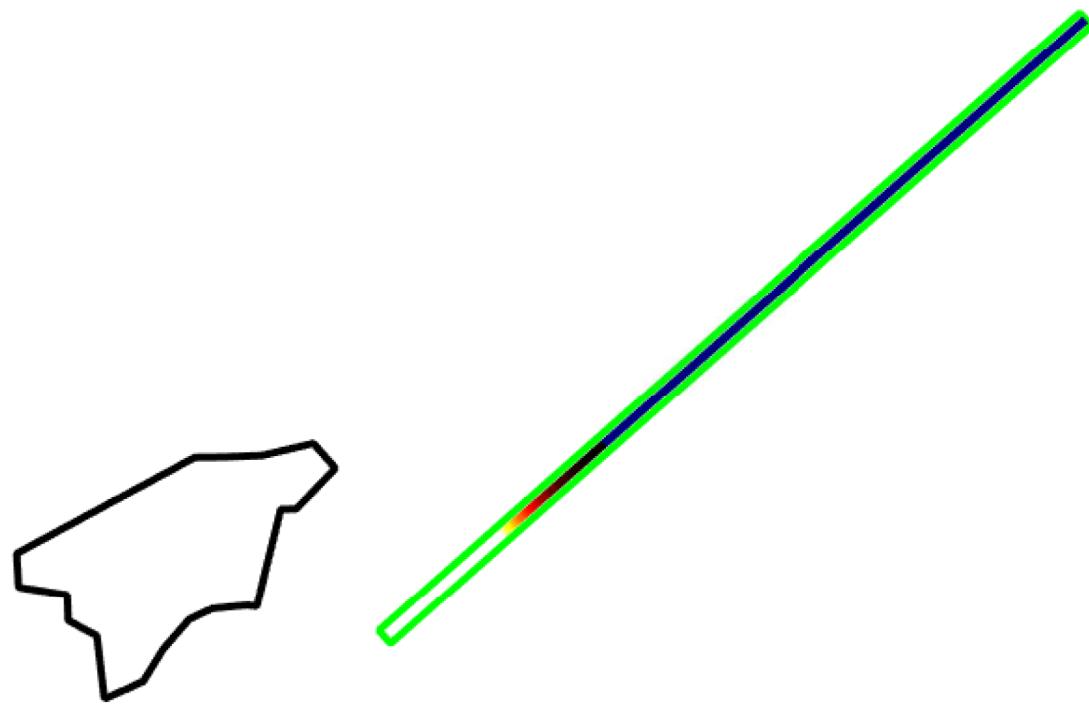


L'analyse montre que les rayons réfléchis arriveront dans le dos des pilotes (> 90°) si bien que le risque d'éblouissement est nul.

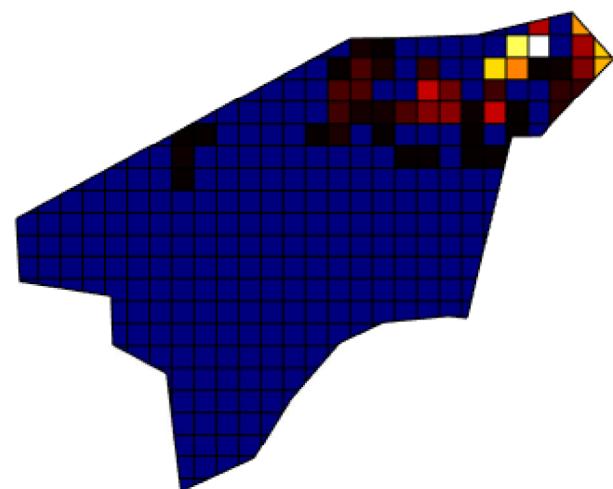
SYNTHESE DU CAS ETUDE	
Elément critique	Approche QFU 05
Zone de Protection	Zones A et B
Conclusion	Rayons réfléchis dans le dos
Période	Entre début mars et fin septembre
Heure solaire vraie	[17h30 – 19h00]
Durée journalière	< 55 minutes
Luminance	> 8,3*10 ⁷ cd/m ²
Elévation solaire	[1,2 – 15,8°]
Angle trajectoire / rayons	> 90°
Distance au toucher de roues	[0 – 890 m]

ROULAGE QFU 05

La figure suivante identifie les éléments de la trajectoire qui seront impactés, i.e. les premiers 350 m de la trajectoire.



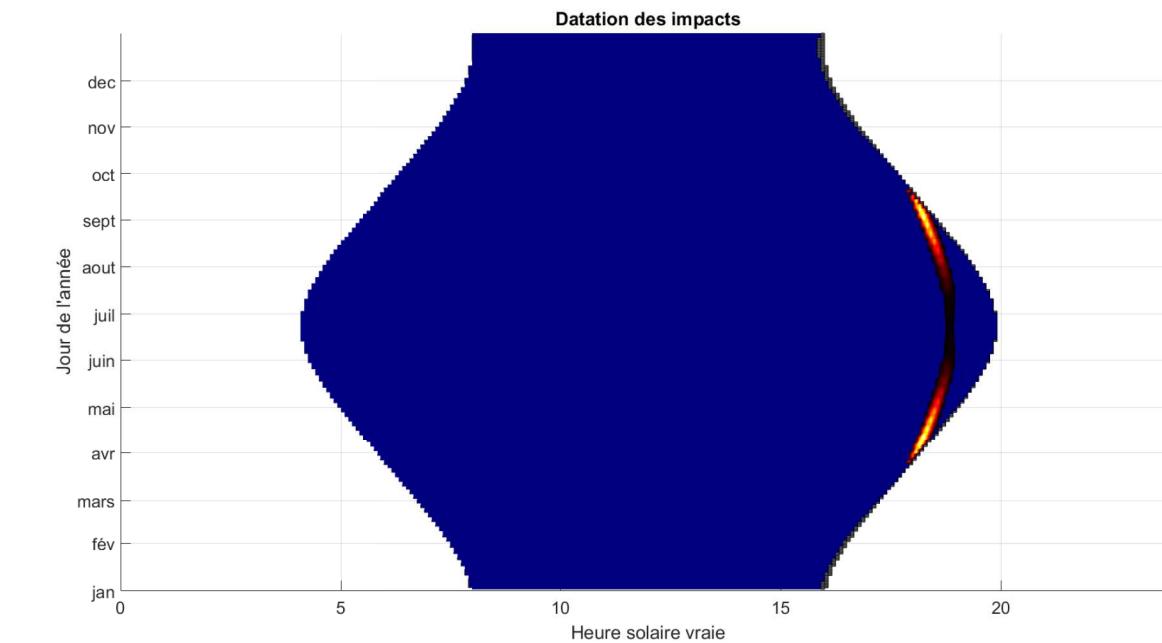
La figure suivante identifie les zones du générateur photovoltaïque qui vont générer des impacts, soit 16 % de l'emprise au sol.



La figure suivante présente tout au long de l'année la datation des impacts identifiés :

- En abscisse, l'heure solaire vraie (soleil au zénith à midi) ;
- En ordonnée, le jour de l'année ;
- Eventuellement le relief lointain en gris ;
- Plus la couleur est claire, plus le risque d'éblouissement est élevé. Un risque nul est indiqué en bleu.

Les bords de la zone bleue correspondent aux lever et coucher du soleil, la forme rebondie traduisant le fait que la durée du jour est plus longue en été qu'en hiver.



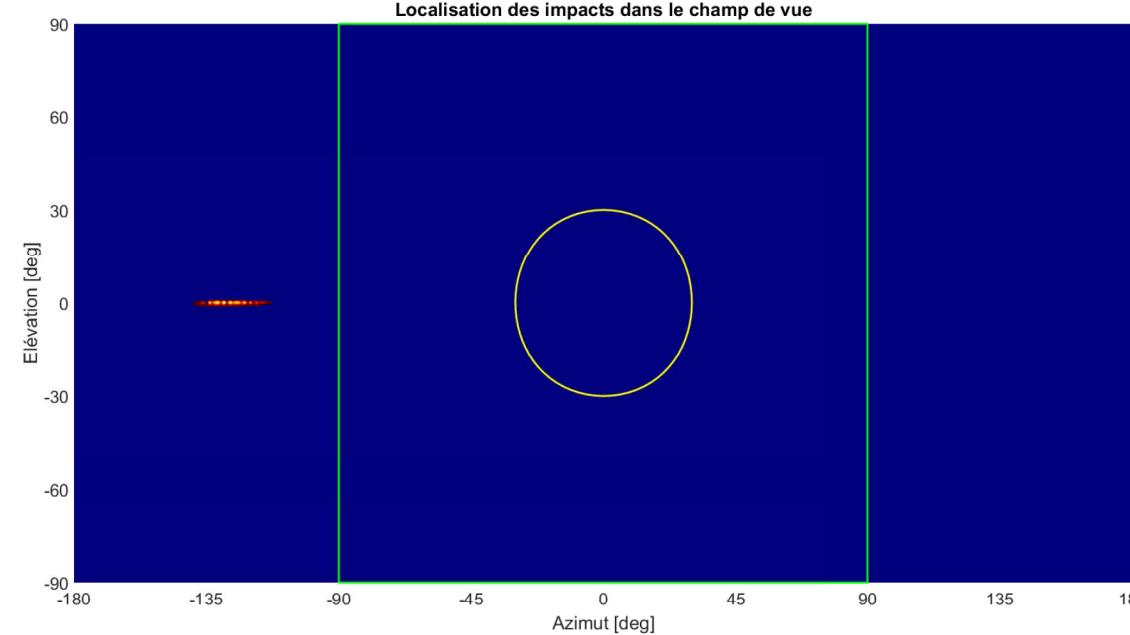
L'analyse montre que les impacts surviennent le soir, entre fin mars et mi-septembre.

La figure suivante présente la localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des pilotes :

- Le centre de la figure correspond au regard dans l'axe de la trajectoire ;
- L'axe des abscisses correspond à l'angle de la vision latérale (vers la gauche ou vers la droite par rapport à la trajectoire) ;
- L'axe des ordonnées correspond à l'angle d'élévation du regard (vers le haut ou vers le bas).

Le cercle jaune correspond au seuil de 30° défini par la DGAC au titre de la zone A. Tout rayon réfléchi survenant en dehors de ce cercle jaune sera perçu en vision périphérique de la personne.

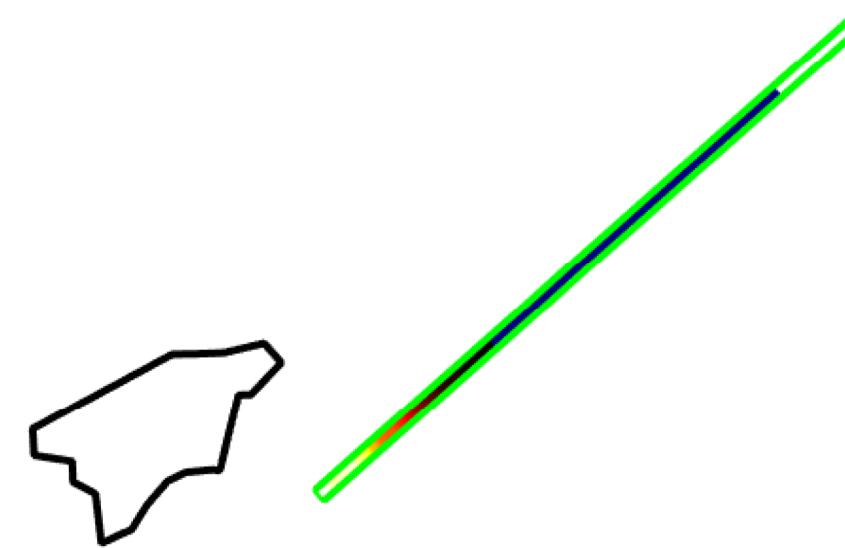
Le rectangle vert correspond au seuil de 90° défini par la DGAC au titre de la zone B. Tout rayon réfléchi survenant en dehors de ce rectangle vert sera reçu dans le dos de la personne.



L'analyse montre que les rayons réfléchis arriveront dans le dos des pilotes ($> 90^\circ$) si bien que le risque d'éblouissement est nul.

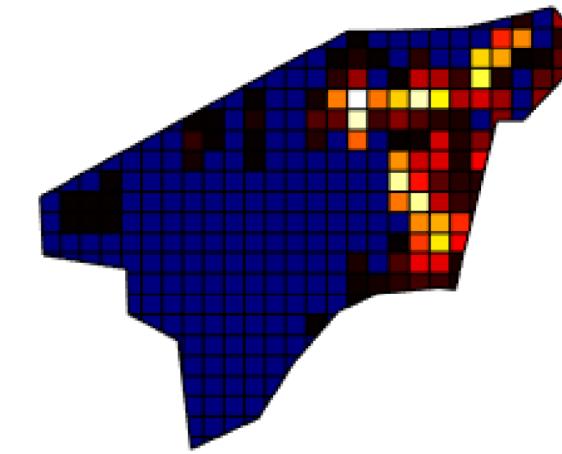
ROULAGE QFU 23

La figure suivante identifie les éléments de la trajectoire qui seront impactés, i.e. 1 250 m après le toucher de roues.



SYNTHESE DU CAS ETUDE	
Elément critique	Roulage QFU 05
Zone de Protection	Zones A et B
Conclusion	Rayons réfléchis dans le dos
Période	Entre fin mars et mi-septembre
Heure solaire vraie	[17h50 – 18h55]
Durée journalière	< 20 minutes
Luminance	$> 1,0 \cdot 10^8 \text{ cd/m}^2$
Élevation solaire	[1,4 – 10,3°]
Angle trajectoire / rayons	$> 90^\circ$
Distance au toucher de roues	[0 – 350 m]

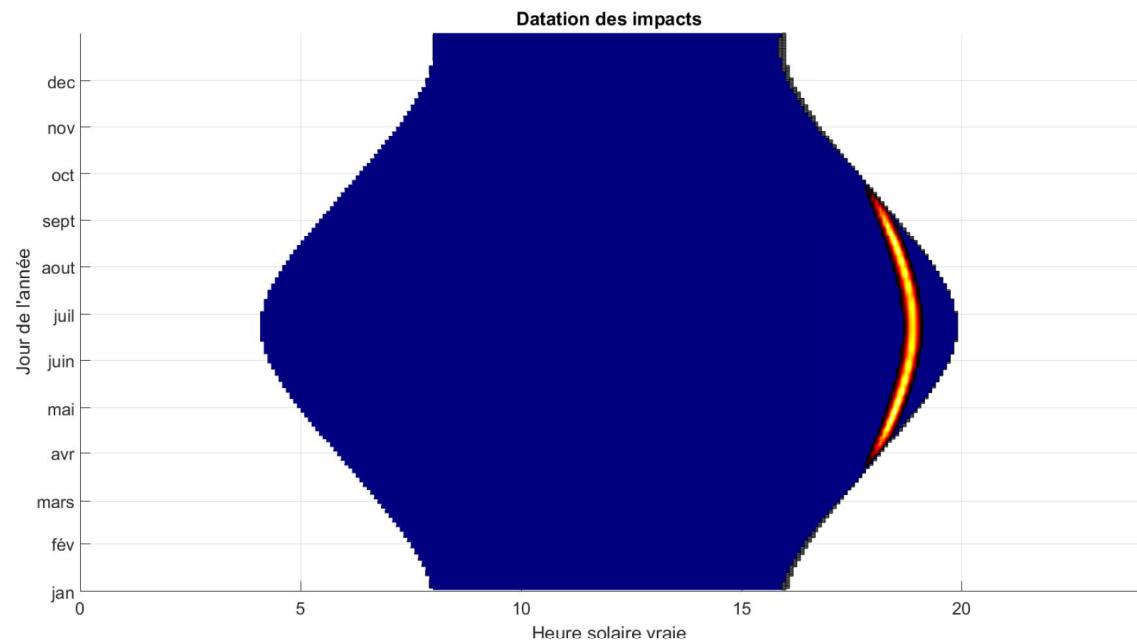
La figure suivante identifie les zones du générateur photovoltaïque qui vont générer des impacts, soit 36 % de l'emprise au sol.



La figure suivante présente tout au long de l'année la datation des impacts identifiés :

- En abscisse, l'heure solaire vraie (soleil au zénith à midi) ;
- En ordonnée, le jour de l'année ;
- Eventuellement le relief lointain en gris ;
- Plus la couleur est claire, plus le risque d'éblouissement est élevé. Un risque nul est indiqué en bleu.

Les bords de la zone bleue correspondent aux lever et coucher du soleil, la forme rebondie traduisant le fait que la durée du jour est plus longue en été qu'en hiver.



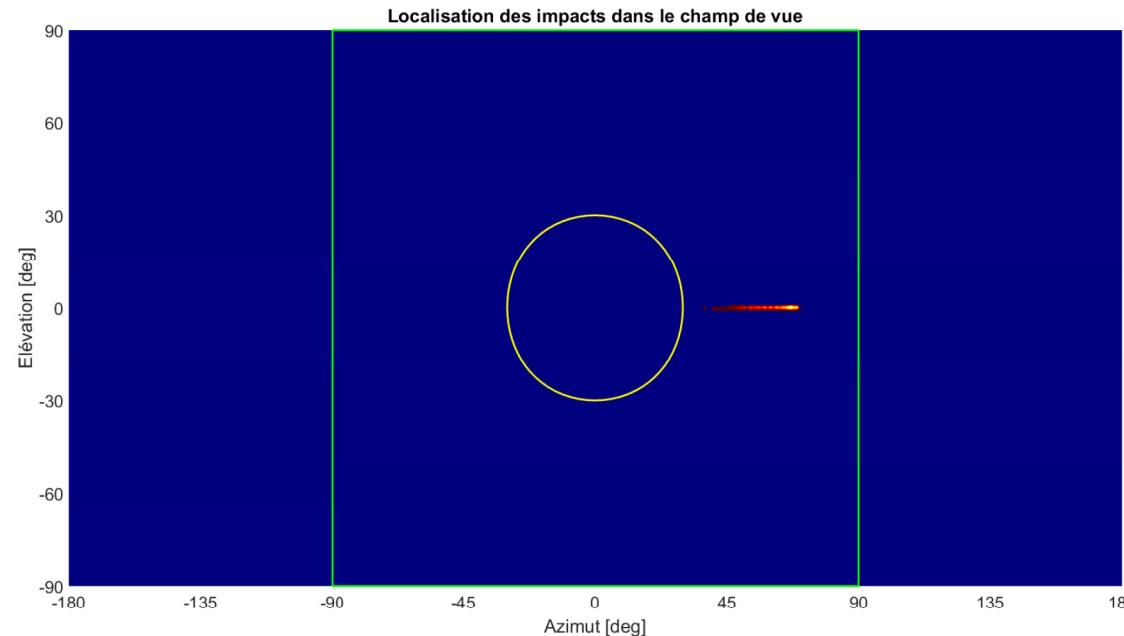
L'analyse montre que les impacts surviennent le soir, entre fin mars et fin septembre.

La figure suivante présente la localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des pilotes :

- Le centre de la figure correspond au regard dans l'axe de la trajectoire ;
- L'axe des abscisses correspond à l'angle de la vision latérale (vers la gauche ou vers la droite par rapport à la trajectoire) ;
- L'axe des ordonnées correspond à l'angle d'élévation du regard (vers le haut ou vers le bas).

Le cercle jaune correspond au seuil de 30° défini par la DGAC au titre de la zone A. Tout rayon réfléchi survenant en dehors de ce cercle jaune sera perçu en vision périphérique de la personne.

Le rectangle vert correspond au seuil de 90° défini par la DGAC au titre de la zone B. Tout rayon réfléchi survenant en dehors de ce rectangle vert sera reçu dans le dos de la personne.



L'analyse montre que les rayons réfléchis arriveront sur la droite des pilotes, dans leur vision périphérique (> 37°).

Le seuil de 30° (cercle jaune) défini par la DGAC au titre du générateur localisé en dehors des zones de protection B et C est respecté si bien que les impacts sont acceptables au regard de la spécification de la DGAC.

SYNTHESE DU CAS ETUDE	
Elément critique	Roulage QFU 23
Zone de Protection	En dehors des zones B et C
Conclusion	Aucun impact gênant
Période	Entre fin mars et fin septembre
Heure solaire vraie	[17h50 – 19h10]
Durée journalière	< 30 minutes
Luminance	> 9,3*10 ⁷ cd/m ²
Elévation solaire	[1,3 – 10,8°]
Angle trajectoire / rayons	[37 – 70°]
Distance au toucher de roues	> 1 250 m

5.5. CONCLUSION

L'analyse montre que :

- L'approche des avions depuis l'Est (QFU 23), l'ensemble des approches des hélicoptères (FATO 05 et 23) ainsi que la tour de contrôle ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis ;
- L'approche et le roulage depuis l'Ouest (QFU 05) sont impactés le soir. Toutefois, **le risque d'éblouissement est nul car les rayons réfléchis arriveront dans le dos des pilotes** ;
- Le roulage depuis l'Est (QFU 23) est impacté le soir ; toutefois, **ces impacts ne sont pas gênants au regard de la spécification de la DGAC** pour les raisons suivantes :
 - Le générateur photovoltaïque est situé en dehors des zones B et C ;
 - L'angle entre la trajectoire et les rayons réfléchis est supérieur à 30°.

Le tableau suivant synthétise les résultats lesquels montrent que, pour la configuration retenue (plein Sud, inclinaison de 10°), le générateur photovoltaïque répond aux exigences de la DGAC, et ce quel que soit le type de modules photovoltaïques utilisés (avec ou sans propriété anti-éblouissement).

QFU 05		QFU 23	
Approche	Roulage	Roulage	Approche
Rayons réfléchis dans le dos	Aucun impact gênant	Aucun impact	

FATO 05	FATO 23
Aucun impact	

Tour de contrôle (TWR)
Aucun impact

6. ANNEXES

Carte aéronautique de l'aérodrome

Note technique DGAC

APPROCHE A VUE

Visual approach

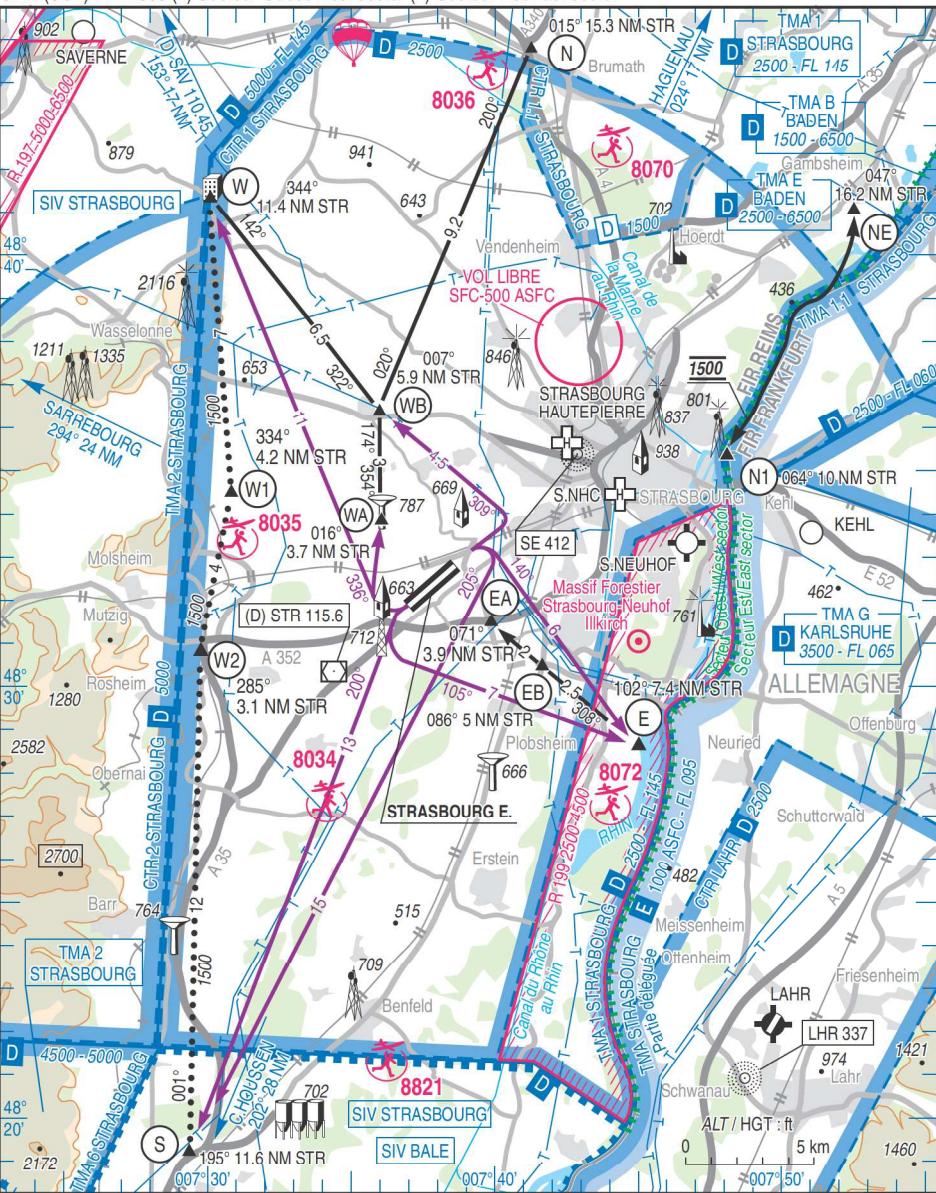
Ouvert à la CAP
Public air traffic
21 MAY 20

STRASBOURG ENTZHEIM
AD 2 LFST APP 01

ALT AD : 505 (19 hPa)
LAT : 48 32 31 N
LONG : 007 38 04 E

LFST
VAR : 2°E (15)

FIS : STRASBOURG Information 120.700 (1) - 119.580 (2) **VDP**
ATIS : 126.930 ou 03 88 59 94 16
APP : STRASBOURG Approche/Approach 120.700 (1) - 119.580 (2) - 133.100 (s)
TWR : 119.250 **ILS/DME RWY 23 STZ 109.55**
GND (SOL) : 121.805 (1) Secteur Ouest/West sector (2) Secteur Est/East sector **ILS/DME RWY 05 ENT 108.55**



SERVICE
DE L'INFORMATION
AÉRONAUTIQUE

AMDT 07/20 CHG : itinéraire VFR N1/NE, ALT tronçon W/W1

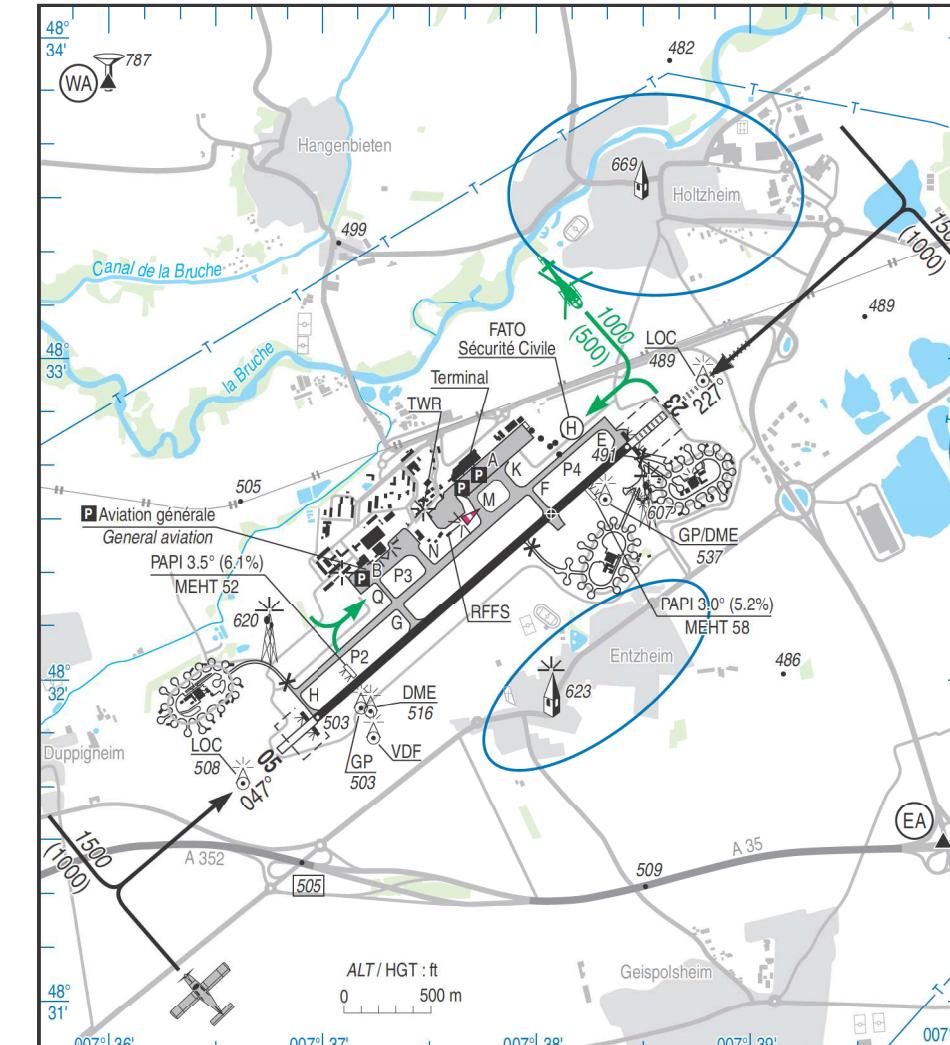
© SIA

STRASBOURG ENTZHEIM
AD 2 LFST ATT 01

ATERRISSAGE A VUE

Visual landing

12 OCT 1



RWY	QFU	Dimensions Dimension	Nature Surface	Résistance Strength	TODA	ASDA	LDA
05 23	047 227	2400 x 45	Revêtue Paved	64 F/C/W/T	2695 2600	2670 2673	2400 2400

Aides lumineuses :
HI Ligne APCH RWY 2
HI/BI RWY 05/23

Lighting aids :
LIH APCH Line RWY 23
LIH/I II RWY 05/23

SERVICE
DE L'INFORMATION
AERONAUTIQUE

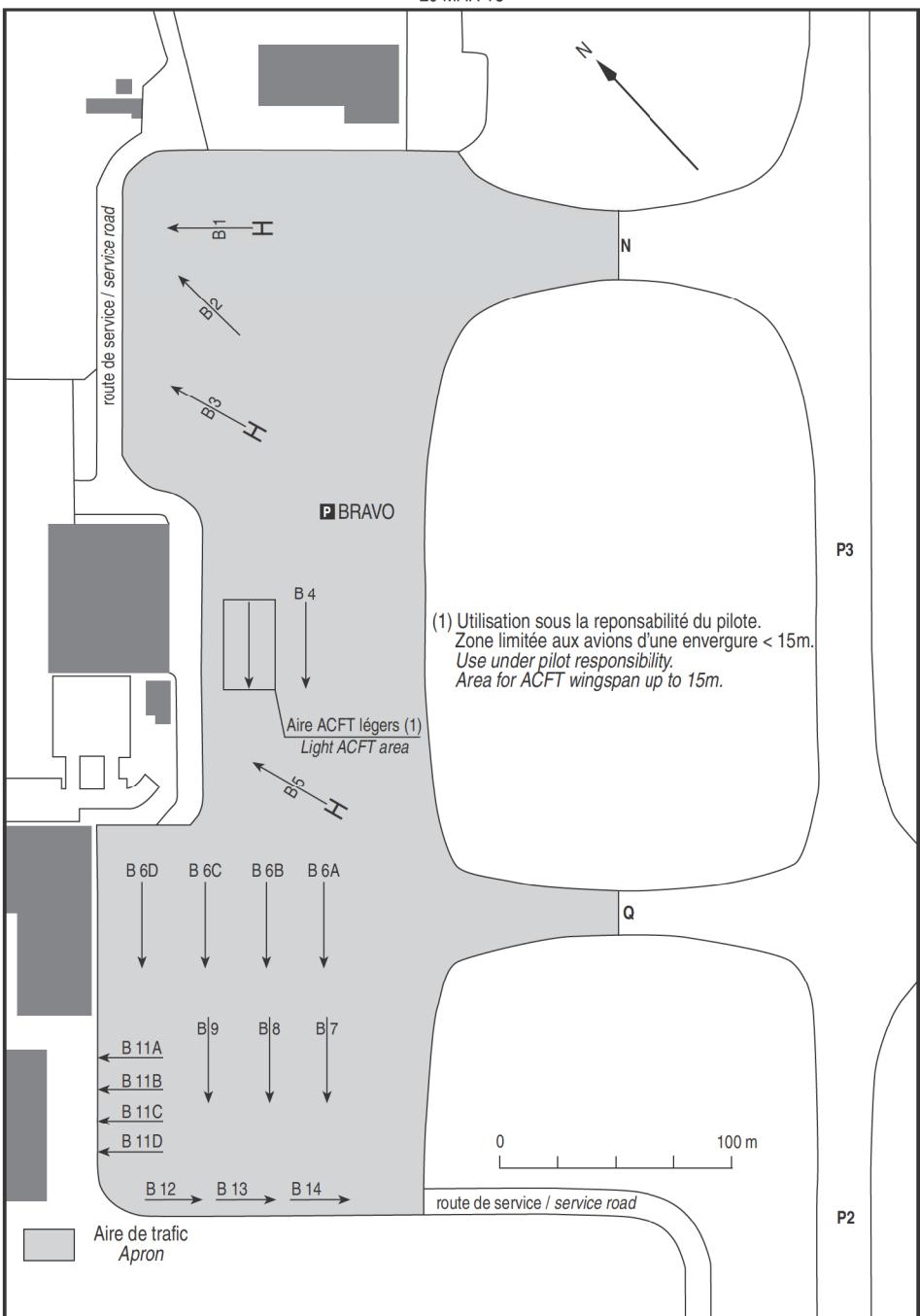
AMDT 12/17 CHG : Positionnement DMF RWY 05

© SIA

AIRES DE STATIONNEMENT
Parking areas

STRASBOURG ENTZHEIM
AD 2 LFST APDC 01

29 MAR 18



AIP FRANCE

AD 2 LFST TXT 01
21 MAY 2020

STRASBOURG ENTZHEIM

Consignes particulières / Special instructions

Conditions d'utilisation de l'AD

FATO à usage exclusif de la Sécurité Civile et suivant instructions de Strasbourg TWR.

Interdit aux planeurs, motoplaneurs, aérostats et ULM.

ACFT du chapitre 2 de l'annexe 16 OACI :
interdit H24.

Autres aéronefs :

TKOF interdits entre 2230 et 0500.

LDG interdits entre 2300 et 0500.

(ETE : - 1 HR).

En cas de retard d'un vol commercial passager programmé, dont la marge cumulée est inférieure à 10 EPNdB, au-delà des horaires précitées, la compagnie aérienne ou son représentant transmet sa demande à l'exploitant de l'AD (superviseur de service de la SASE joignable au 03 88 64 69 85) qui traite sa demande.

AD operating conditions

FATO exclusively used by the Civil Security and according to Strasbourg TWR clearances.

AD prohibited to gliders, motor-gliders, aerostats and ULM.

ACFT in chapter 2 of the ICAO annex 16 : prohibited H24.

Other ACFT:

TKOF prohibited from 2230 to 0500.

LDG prohibited from 2300 to 0500.

(SUM : - 1 HR).

For scheduled passenger commercial flights, which cumulative margin is lower than 10 EPNdB, delayed beyond aforementioned time restrictions, the airline or its local representative submits its request to the AD operator (SASE supervisor on duty, phone number : +33 3 88 64 69 85) that will process the request.

Dangers à la navigation aérienne

Présence d'un obstacle de type clôture balisée d'une hauteur de 2,5 m dans la bande de piste à 120 m du seuil 05 entre les RDL 180° et 210° et entre les RDL 250° et 280°.

Procédures et consignes particulières

Procédure "réduction des séparations sur piste" applicable sur la piste 05/23 aux seuls aéronefs monomoteurs à hélice en vol VFR dans les conditions fixées par la réglementation nationale.

Air navigation hazards

Presence of a market fence with a height of 2.5 m in the RWY strip at 120 m from THR 05 between RDL 180° and 210° and between RDL 250° and 280°.

Procedures and special instructions

"Reduced runway separation minima" procedure applied RWY 05/23 for single-engine propellers only, flying on VFR under the conditions set by the national regulation.

STRASBOURG ENTZHEIM

-Points de compte rendu <i>-Reporting points</i>		
Points	Coordonnées <i>Coordinates</i>	Noms <i>Names</i>
N	48°44'54"N - 007°41'03"E	Echangeur autoroutier Brumath Nord A4/A340 <i>Road intersection Brumath North A4/A340</i>
N1	48°34'25"N - 007°48'06"E	Pont de l'Europe entre STRASBOURG et KEHL <i>Europe's bridge between STRASBOURG and KEHL.</i>
NE	48°41'02"N - 007°52'32"E	Sud du village de / South of village GAMBESHEIM
E	48°28'37"N - 007°45'07"E	Base nautique / Nautical base PLOBSHEIM
EA	48°31'30"N - 007°39'55"E	Echangeur routier / Road intersection A35/D400
EB	48°30'30"N - 007°41'48"E	Echangeur routier / Road intersection RN83/RN353
S	48°19'16"N - 007°29'18"E	Echangeur routier / Road intersection A35/RN83
W	48°41'23"N - 007°29'56"E	Bâtiment industriel caractéristique <i>Typical industrial building</i>
WA	48°33'51"N - 007°36'00"E	Château d'eau / Water tower KOLBSHEIM
WB	48°36'10"N - 007°35'45"E	Village ITTENHEIM sur RN4 <i>ITTENHEIM town on RN4</i>
W1	48°34'10"N - 007°31'41"E	Village ERGERSHEIM D30/D45 <i>ERGERSHEIM town intersection D30/D45</i>
W2	48°31'12"N - 007°29'52"E	Echangeur routier / Road intersection A352 /D500 <i>DORLISHEIM</i>

Arrivées VFR :

La clairance de pénétration dans la CTR est demandée à STRASBOURG TWR 2 min avant d'y entrer.

Sauf clairance contraire, les ACFT suivront les itinéraires suivants :

- Provenance de l'EST ou du SUD : E - EB - EA
- Provenance de l'OUEST : W - WB - WA
- Provenance du NORD : N - WB - WA

Départs VFR :

Sauf clairance contraire, les aéronefs suivront les itinéraires publiés.

Transit VFR :

Sauf clairance contraire, les VFR en transit entre N1 et NE doivent voler à une altitude de 1500ft.

Vols d'entraînement :

Les vols d'entraînement des ACFT en IFR ainsi que des ACFT en VFR d'un poids supérieur à 6 tonnes sont interdits (ETE : 1 HR) :

- tous les jours entre 2100 et 0700
- SAM après 1500
- DIM et JF (y compris en droit local).

En dehors de ces restrictions tous les vols d'entraînement sont soumis à l'autorisation préalable du chef de quart TWR TEL : 03 88 59 63 13.

VFR arrivals:

CTR entry clearance is requested to STRASBOURG TWR 2 min before entering.

Except opposite clearance, ACFT must follow these routes :

- Arrivals from EAST or SOUTH : E - EB - EA
- Arrivals from WEST : W - WB - WA
- Arrivals from NORTH : N - WB - WA

VFR departures:

Except opposite clearance, ACFT must follow the published routes.

VFR transit:

Unless otherwise stated, VFR on transit between N1 and NE must fly at an altitude of 1500ft AMSL.

Training flights:

IFR training flights and VFR training flights whose weight exceeds 6 tons are prohibited (SÜM : 1 HR) :

- everyday from 2100 to 0700
- SAT after 1500
- SUN and HOL (including local public HOL).

Outside these restrictions, all training flights are subject to PPR from the TWR manager 03 88 59 63 13.

STRASBOURG ENTZHEIM

VFR Spécial Les ARR et DEP se font uniquement par W et E. EB et WB seront les points de clairance limite pour les arrivées de VFR Spécial. En présence de trafic IFR : ACFT : VIS : 3000 m MNM. Plafond : 700 ft. HEL : VIS : 3000 m MNM. Plafond : 600 ft.	Special VFR ARR and DEP only by W and E. EB and WB will be Special VFR clearance limit points. With IFR traffic: ACFT : VIS : 3000 m MNM. Ceiling: 700 ft. HEL : VIS : 3000 m MNM. Ceiling : 600 ft.
VFR de nuit Départs : - Via W : monter à 2000 ft AMSL dans le circuit de piste, puis rejoindre W en montée vers 3200 ft AMSL MNM. Atteindre 4300 ft AMSL à SAVERNE. - Via S : monter à 2000 ft AMSL dans le circuit de piste. Atteindre S à 4700 ft AMSL.	Night VFR Departures: - Via W : climb at 2000 ft AMSL in the AD pattern, then join W climbing up to 3200 ft AMSL MNM. Reach 4300 ft AMSL at SAVERNE. - Via S : climb at 2000 ft AMSL in the AD pattern. Reach S at 4700 ft AMSL.
Arrivées : - Par l'QUEST : contacter STRASBOURG APP avant SAVERNE. Rejoindre W à 3200 ft AMSL MNM, rejoindre WB puis WA en descente vers 2000 ft AMSL. - Par le SUD : contacter STRASBOURG APP à S à 4700 ft AMSL MNM, rejoindre EB puis EA en descente vers 2000 ft AMSL.	Arrivals: - From WEST: contact STRASBOURG APP before SAVERNE. Join W at 3200 ft AMSL MNM, join WB then WA descending to 2000 ft AMSL. - From SOUTH: contact STRASBOURG APP at S at 4700 ft AMSL MNM, join EB then EA descending to 2000 ft AMSL.
Consignes particulières de radiocommunication Avant pénétration dans la CTR 2 Strasbourg, contacter : - Strasbourg Tour 119.250 MHZ pour une altitude inférieure à 2500ft. - Strasbourg Approche 120.7 MHZ pour une altitude supérieure ou égale à 2500ft. Panne de radiocommunication : VFR de nuit	Special radiocommunication instructions Before penetrating into Strasbourg CTR 2 contact: Strasbourg TWR 119.250 MHZ for an altitude below 2500ft AMSL. Strasbourg APP 120.7 MHZ for an altitude above or equal to 2500ft AMSL. Radiocommunication failure: Night VFR
Arrivées par W : descendre à 3200 ft AMSL à W, rejoindre WB puis WA en descente vers 2000 ft AMSL, effectuer des 360° à WA feux allumés et se conformer aux signaux optiques de la TWR Arrivées par S : descendre à 4700 ft AMSL à S, rejoindre EB puis EA en descente vers 2000 ft AMSL, effectuer des 360° à EA feux allumés et se conformer aux signaux optiques de la TWR.	- Arrivals by W: descend to 3200 ft AMSL at W, join WB then WA descending to 2000 ft AMSL, perform 360° turns at WA lights on and comply with TWR's optical signals. - Arrivals by S: descend to 4700 ft AMSL at S, join EB then EA descending to 2000 ft AMSL, perform 360° turns at EA lights on and comply with TWR's optical signals.
VFR de jour Essayer de contacter la TWR par téléphone au 03 88 59 63 13 et appliquer la réglementation nationale.	Day VFR Try to contact TWR by phone 03 88 59 63 13 and apply the national rules.
Equipement AD Equipement de surveillance des trafics : aérodrome équipé d'un radar primaire et secondaire.	AD equipment Traffic surveillance equipment: AD equipped with primary and secondary surveillance radar.
Activités diverses Vol libre et AEM à Mundolsheim jusqu'à 500 ft ASFC.	Special activities Free flight and AEM at Mundolsheim up to 500 ft ASFC.



MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE, DU DÉVELOPPEMENT DURABLE,
DES TRANSPORTS ET DU LOGEMENT

AD 2 LFST TXT 04
10 SEP 2020

AIP FRANCE

STRASBOURG ENTZHEIM

Informations diverses / Miscellaneous

Horaires sauf indication contraire / Timetables unless otherwise specified
UTC HIV ; HOR ETE : -1HR / UTC WIN ; SUM SKED : -1HR

- 1- **Situation / Location :** 10 km WSW Strasbourg (67 - Bas Rhin).
- 2- **ATS :** H24.
Aérodrome de STRASBOURG ENTZHEIM, 67960 Entzheim - FAX : 03 88 59 91 20.
E-mail : strasbourg.atm-procedures@aviation-civile.gouv.fr
- 3- **VFR de nuit / Night VFR :** Agrée / Approved.
- 4- **Exploitant d'aérodrome / AD operator :** Société de l'aéroport STRASBOURG-ENTZHEIM
Aéroport International Strasbourg
67960 ENTZHEIM
standard (switchboard) TEL : 03 88 64 67 67.
- 5- **CAA :** DSAC Nord-Est.
- 6- **BRIA :** LE BOURGET (voir / see GEN).
- 7- **Préparation du vol / Flight preparation :** RSFTA / AFTN.
Acheminement FPL VFR / Addressing VFR FPL : voir / see GEN 12.
- 8- **MET :** VFR: voir / see GEN VAC ; IFR: voir / see AIP GEN 3.5 ; Station: NIL.
- 9- **Douanes, Police / Customs, Police :** 0500-2200 et avec PN de 24 HR pour HOR nuit.
0500-2200 and with PN 24 HR for night SKED.

- 10- **AVT :** Carburants / Fuel : 100LL-JET A1.
Lubrifiants / Lubricants : NIL.
TEL : 03 88 64 67 78.
SHELL AVIATION :
DIM-VEN / SUN-FRI : 0430-2130 - SAM / SAT : 0430-2030.
En dehors de ces HOR, sur déclenchement de l'astreinte (Forfait 300 € selon cas), AVT assuré aux seuls vols commerciaux programmés ou retardés, ainsi qu'aux vols d'Etat et aux EVASAN.
(Astreinte TEL : 03 88 64 69 33).
*Outside these SKED, after setting off on duty personnel (300 € lump sum), refuelling provided only for scheduled and delayed commercial flights, Government owned ACFT and medical assistance.
(Phone Standby TEL : 03 88 64 69 33)*
Paiements acceptés / Accepted payments :
Espèces / Cash : MAX 3000 €.
Cartes de Crédit / Credit Cards : Carte Bleue, Visa, Mastercard.
Cartes de Crédit Aviation / Aviation Credit Cards : Shell carnet, Avocard, Aerofuel overseas, Air routing, Colt, Netjets, Uvar, World fuel services AEG, Rockwell Collins .
- 11- **RFFS :** Du 1er NOV au 31 MAR :
- 0500-2255 : niveau 7 ,
- 2255-0500 : niveau 5.
Du 1er AVR au 31 OCT :
- 0400-2155 : niveau 7.
- Modulation possible sur demande dans un délai de 48 H en jour ouvré : niveau 8.
*From 1st NOV to 31st MAR:
- 0500-2255 : level 7,
- 2255-0500 : level 5.
From 1st APR to 31st OCT:
- 0400-2155 : level 7.
- Extension possible O/R P/N 48 HR working day:
level 8.*

- 12- **Péril animalier / Wildlife strike hazard :** Permanent.
- 13- **Hangars pour aéronefs de passage / Transient aircraft hangars :** NIL.
- 14- **Réparations / Repairs :** NIL.
- 15- **ACB :** CASE (Cercle Aéronautique de Strasbourg-Entzheim) TEL : 03 90 29 74 59.
- 16- **Transports :** Train, taxis, location de voitures sans chauffeur / Train, taxis, self-drive car rental.
- 17- **Hotels, restaurants :** Hôtels à proximité / in the vicinity. Restaurants sur / on AD.
- 18- **Divers / Miscellaneous :** Assistance / Handling:
STRASBOURG HANDLING TEL : 03 88 64 73 93 / 06 34 56 45 76.
FAX : 03 88 64 67 92.
SITA : SXBOPXH.
E-mail : sxb.executive@aviapartner.acro

Direction générale de l'aviation civile

Direction de la sécurité de l'Aviation civile

Direction aéroports et navigation aérienne

NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE

Dispositions relatives aux avis de la DGAC sur les projets d'installations de panneaux photovoltaïques à proximité des aérodromes

Resources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et logis

Présent
pour
l'avenir

 DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE DSAC	NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITÉ DES AÉRODROMES	Rév : 4	Page : 2 / 19 27/07/2011
---	---	---------	-----------------------------

 DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE DSAC	NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITÉ DES AÉRODROMES	Rév : 4	Page : 3 / 19 27/07/2011
---	---	---------	-----------------------------

LISTE DES MODIFICATIONS

Le tableau suivant identifie les modifications apportées dans la présente note d'information technique concernant les dispositions relatives aux avis de la DGAC sur les projets d'installations de panneaux photovoltaïques à proximité des aérodromes : **EDITION N° 4** en date du 27 juillet 2011.

N° Ed	Date	Raison de la modification	Pages modifiées
1	30/07/10	Création document	Toutes
2	31/08/10	Insertion des dispositions relatives aux hélistations et précisions apportées aux zones A, B et C, Modalités d'acceptation des panneaux à faible luminance, modification des seuils, Prise en compte de la gêne des personnels AFIS	Toutes
3 & 4	30/06/11	Coordonnées des Directions interrégionales de l'aviation civile Précisions réglementaires Dispositions supplémentaires relatives aux zones des aérodromes et des hélistations	3, 6, 9 à 14

APPROBATION DU DOCUMENT

Le tableau suivant identifie les autorités qui ont successivement vérifié et approuvé la présente édition de la note d'information technique concernant les dispositions relatives aux avis de la DGAC sur les projets d'installations de panneaux photovoltaïques à proximité des aérodromes.

AUTORITE	NOM	DATE ET SIGNATURE
Rédaction L'adjointe au chef du pôle Aéroports en collaboration avec Pierre Théry du STAC	Brigitte Verdier	Le 27 juillet 2011 
Vérification Le chef du Pôle Aéroports	Patrick Disset	Le 27 juillet 2011 
Approbation Le Directeur Aéroports et Navigation Aérienne	Alain Printemps	Le 27 juillet 2011 

Note : Toute version papier de la note d'information technique est susceptible d'être périmée.

Afin de s'assurer que ce document est bien la dernière version à jour de la note d'information technique, il est possible de consulter cette note d'information technique sur le site Internet du Ministère de l'Énergie, du Développement durable, des Transports et du Logement <http://www.developpement-durable.gouv.fr>, rubrique transports et sécurité routière – secteur aérien – Professionnels de l'aviation.

1 Considérations générales

1.1 INTRODUCTION

Certaines réflexions du soleil sur des installations photovoltaïques situées à proximité des aérodromes sont susceptibles de gêner les pilotes dans des phases de vol proches du sol ou d'entraver le bon fonctionnement de la tour de contrôle. Les zones d'implantation de panneaux photovoltaïques situées à moins de 3 km de tout point d'une piste d'aérodrome (y compris les hélistations) ou d'une tour de contrôle sont particulièrement sensibles à cet égard. Ainsi, il est important que les services de la direction générale de l'Aviation civile (DGAC) soient consultés préalablement à toute installation de cette nature afin de suivre et d'évaluer tout particulièrement cet impact.

Cette note d'information technique présente ainsi les nouvelles dispositions retenues lorsque l'avis des autorités compétentes de l'aviation civile est sollicité sur des projets d'installation de panneaux photovoltaïques à proximité d'un aérodrome, soit par le porteur du projet soit par un service instructeur des installations soumises à déclaration ou à permis de construire.

Dans ces dispositions, sont désignés par :

- ☒ « autorité compétente de l'aviation civile » : l'entité chargée de la surveillance et de la régulation des services de l'aviation civile territorialement compétents : DSAC/CE, DSAC/O, DSAC/N, DSAC/NE, DSAC/S, DSAC/SE, DSAC/SO, DSAC/AG, DSAC/OI, DAC/NC, SAC/SPM, SEAC/PF, SEAC/WF.

Les coordonnées et zones de compétence de ces autorités figurent au § 4.

- ☒ « porteur du projet » : le porteur du projet d'installation de panneaux photovoltaïques (ou l'organisme) qui demande l'avis à l'autorité compétente de l'aviation civile.

Par ailleurs, la direction générale de l'énergie et du climat (DGEC) a publié un guide relatif à l'étude d'impact des projets photovoltaïques (édition 2011) qui est accessible à l'adresse suivante : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Photovoltaïque-un-guide-pour.html>

 DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE DSAC	NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AÉRODROMES	Rév : 4	Page : 4 / 19 27/07/2011
---	---	---------	-----------------------------

 DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE DSAC	NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITE DES AÉRODROMES	Rév : 4	Page : 5 / 19 27/07/2011
---	---	---------	-----------------------------

1.2 RAPPEL DES PRINCIPES REGLEMENTAIRES

Les panneaux photovoltaïques ou autres systèmes similaires doivent respecter les servitudes aéronautiques et les servitudes radioélectriques établies pour la protection contre les obstacles et perturbations électromagnétiques des stations de radiocommunication et de radionavigation installées pour les besoins de la navigation aérienne [décrets et arrêtés des servitudes aéronautiques et servitudes radioélectriques établis localement].

Les panneaux photovoltaïques ou autres systèmes similaires doivent également respecter les surfaces de dégagements aéronautiques correspondant au mode actuel de l'exploitation de la piste [Arrêté relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes, Arrêté relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe].

Ils ne peuvent pas être installés dans les aires opérationnelles situées à proximité des pistes et des voies de circulation d'aérodromes telles que : bande de piste, aire de sécurité d'extrémité de piste, bande de voie de circulation, prolongement d'arrêt, prolongement dégagé, aires en amont du seuil ou après l'extrémité des pistes avec approche de précision [Arrêté relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes, Arrêté relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe].

En effet, il est considéré que ces équipements ne sont pas des « objets, installations ou matériels utilisés pour les besoins de la navigation aérienne », et que leurs fonctions n'imposent pas une implantation dans des zones opérationnelles pour les besoins des opérations aériennes.

En outre, leur installation ne doit pas gêner :

- ☒ le bon fonctionnement des aides à la navigation aérienne ;
- ☒ les services rendus par le prestataire de la navigation aérienne ;
- ☒ l'exploitation de l'aire de mouvement par l'exploitant d'aérodrome ;
- ☒ les pilotes lors de la circulation des aéronefs au sol.

[Code de l'aviation civile, code des Transports, arrêté RCA, Arrêté relatif aux conditions d'homologation et aux procédures d'exploitation des aérodromes, Arrêté relatif aux caractéristiques techniques de certains aérodromes terrestres utilisés par les aéronefs à voilure fixe, Arrêté relatif aux normes techniques applicables au service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes de Mayotte, des îles Wallis et Futuna, de Polynésie française et de Nouvelle-Calédonie, Décret n° 2007-relatif aux normes techniques applicables au service de sauvetage et de lutte contre l'incendie des aéronefs sur les aérodromes de Mayotte, des îles Wallis et Futuna, de Polynésie française et de Nouvelle-Calédonie ainsi qu'à la prévention du péril animalier sur les aérodromes, Arrêté relatif à la prévention du péril animalier sur les aérodromes, Arrêté relatif aux inspections de l'aire de mouvement d'un aérodrome, ...].

2 Dispositions préconisées pour l'avis relatif à l'implantation de panneaux photovoltaïques à proximité d'un aérodrome

2.1 PREAMBULE

Les dispositions suivantes sont définies pour les autorités compétentes de l'aviation civile (cf. § 4), lorsque leur avis est sollicité sur les dossiers de demande d'installation de panneaux photovoltaïques.

Les installations pouvant être étendues sur une grande surface, il est possible qu'une gêne des pilotes ou des contrôleurs (ou personnels AFIS) soit constatée après installation. L'avis de l'autorité compétente de l'aviation civile peut être subordonné au fait qu'en cas de gêne avérée après installation, des modifications des dispositifs installés pourront être demandées.

2.2 PROJETS SITUÉS A PLUS DE 3 KM DE L'AÉRODROME

Comme indiqué au §1, il est estimé que seuls les projets d'implantation de panneaux photovoltaïques situés à moins de 3 km de tout point d'une piste d'aérodrome et d'une tour de contrôle devraient faire l'objet d'une analyse préalable spécifique.

Ainsi l'autorité compétente de l'aviation civile donne un avis favorable à tout projet situé à plus de 3 km de tout point d'une piste d'aérodrome ou d'une tour de contrôle dans la mesure où ils respectent les servitudes et la réglementation qui leur sont applicables (cf. §1.2).

2.3 PROJETS SITUÉS A MOINS DE 3 KM DE L'AÉRODROME (hors hélistation)

2.3.1 Principes de l'analyse

L'autorité compétente de l'aviation civile analyse la demande sur la base d'un dossier présenté par le porteur du projet qui comporte notamment :

- ☒ les caractéristiques de l'installation : position, altitude, orientation, inclinaison, surface.
- ☒ suivant l'emplacement et la surface de l'installation, une démonstration d'absence de gêne visuelle pour le pilote ou pour le contrôleur aérien (ou personnel AFIS).

 DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE DSAC	NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITÉ DES AÉRODROMES	Rév : 4	Page : 6 / 19 27/07/2011
---	---	---------	-----------------------------

En effet, la détermination de la criticité de la gêne visuelle est fonction de l'angle fait entre cette source lumineuse et l'axe du regard, la distance, la surface lumineuse et sa luminance¹.

L'autorité peut alors être amenée à demander au porteur du projet de vérifier :

- ☒ si un rayon du soleil peut être réfléchi par les panneaux photovoltaïques dans l'œil du pilote ou du contrôleur (ou personnel AFIS). Les trajectoires devant être prises en compte pour le risque d'éblouissement des pilotes sont les trajectoires nominales, spécifiques à l'aérodrome, de l'aéronef à l'approche et en phase de décélération pour chaque sens d'utilisation de la piste (QFU), éventuellement sur la base d'informations délivrées par l'autorité compétente de l'aviation civile.
- ☒ et, dans le cas où un tel risque de réflexion est avéré, si la valeur de luminance de ces rayons est inférieure aux seuils fixés. Il est souligné que ces valeurs, déterminées par le porteur du projet, dépendent spécifiquement de l'implantation du projet et de la course du soleil au cours de la journée et de l'année sur l'aérodrome.

L'analyse se déroule ensuite en plusieurs étapes :

- ☒ étape 1 : vérification réglementaire ;
- ☒ étape 2 : vérification de l'absence de gêne visuelle.

2.3.2 Étape 1 : Vérification réglementaire

A partir des caractéristiques de l'installation fournies, l'autorité compétente de l'aviation civile vérifie si celle-ci est située dans une zone où l'implantation est interdite.

Elle donne un avis défavorable à tout projet d'installation de panneaux photovoltaïques :

- ☒ ne respectant pas les servitudes aéronautiques ou radioélectriques ;
- ☒ dépassant les surfaces de dégagements aéronautiques ;
- ☒ situés dans :
 - la bande d'une piste, y compris dans la partie dégagée de la bande de piste,
 - les aires de sécurité d'extrémité de piste (jusqu'à 300 m de chaque extrémité de la piste),
 - les prolongements dégagés,
 - les prolongements d'arrêt,
 - pour les pistes avec approches de précision : les aires situées en amont du seuil de 300 m de long et de 90 ou 120 m de large,
 - les bandes de voies de circulation ;
- ☒ dont l'emplacement peut perturber le bon fonctionnement des aides à la navigation aérienne ou dégrader les indications fournies au pilote ou au contrôleur (ou personnel AFIS);

¹ La luminance est une des grandeurs photométriques qui caractérisent la perception visuelle des sources lumineuses. La luminance est l'intensité lumineuse d'une source lumineuse dans une direction donnée, divisée par l'aire apparente de cette source dans cette même direction. L'unité de luminance lumineuse est le candela par mètre carré, symbole cd/m².

 DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE DSAC	NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITÉ DES AÉRODROMES	Rév : 4	Page : 7 / 19 27/07/2011
---	---	---------	-----------------------------

Exemple : non-respect des aires critiques ou sensibles des aides radioélectriques, des aires de protection des aides météorologiques et visuelles, dégradation des indications fournies (paramètres météo ou radioélectriques erronés, aides visuelles masquées, réflexions parasites, perturbations électriques...)

- ☒ pouvant gêner les services d'exploitation de l'aérodrome, notamment en augmentant les délais d'intervention du SSLIA dans les zones qui doivent rester parfaitement accessibles ou en empêchant la maintenance des aides pour les besoins de la navigation aérienne ;
- ☒ pour les pistes avec approche de précision de catégorie II/III, dans l'aire d'emploi du radio-altimètre (aire de 120 m de large sur 3 000 m en amont du seuil de piste).

Si l'avis n'est pas défavorable, l'analyse est poursuivie suivant les dispositions de l'étape 2.

2.3.3 Étape 2 : vérification de l'absence de gêne visuelle

2.3.3.1 Éléments sur l'éblouissement

Une forte luminosité peut faire baisser les performances de la vision par une réduction de la perception du contraste. Ce type d'éblouissement, différent de l'aveuglement, peut poser des difficultés pour les pilotes ou les contrôleurs (ou personnels AFIS) à percevoir leur environnement (perte de repères visuels de piste pour les pilotes, non repérage d'un aéronef pour les contrôleurs par exemple). Il est fonction de la position (distance et position angulaire) de la source lumineuse par rapport à l'œil, de sa surface apparente et de sa luminance. Ainsi, la source lumineuse la plus puissante, présente dans le champ visuel, n'est pas forcément la plus pénalisante.

La présente note traite également, pendant la phase particulièrement critique du toucher des roues, des dangers induits par un effet de surprise causé par l'apparition dans le camp visuel d'une source lumineuse. Cet « effet de surprise » est d'autant plus marqué que l'éblouissement est latéral par rapport à l'axe du regard car le cerveau perçoit le changement d'état (l'éblouissement) sans identifier immédiatement la cause.

2.3.3.2 Paramètres de l'analyse

Pour les installations qui ne font pas l'objet d'avis défavorable suite à la vérification réglementaire, il est nécessaire de s'assurer de l'absence de gêne visuelle pour le pilote ou le contrôleur (ou personnel AFIS).

L'autorité compétente de l'aviation civile peut donc être amenée à demander au porteur du projet des éléments de démonstration d'absence de gêne visuelle (étude géométrique et/ou photométrique).

L'analyse des caractéristiques du projet par l'autorité compétente de l'aviation civile tient compte des paramètres suivants :

- ☒ Elle porte sur chaque ensemble de panneaux solaires homogènes ayant des caractéristiques de position et hauteur proches, et d'inclinaison et d'orientation identiques (par exemple, l'analyse d'un toit à deux pentes sera réalisée pour chacune des pentes indépendamment) ;
- ☒ Dans le cas d'une présence d'autres installations similaires (même azimut et même inclinaison) dans l'environnement proche, la surface à considérer est celle de l'ensemble des projets ou installations.

2.3.3.3 Cas ne nécessitant pas de démonstration d'absence de gêne visuelle

Un avis favorable sans demande de démonstration est donné par l'autorité compétente de l'aviation civile à tout projet remplitant l'une au moins des conditions suivantes :

- ☒ de surface inférieure à 500 m² (excepté si ce projet n'est pas isolé d'autres projets ou d'installations existantes qui conduiraient à considérer une surface supérieure) et situé en dehors des zones B et C de la figure 2 ;
- ☒ de surface inférieure à 50 m² et situé dans la zone B (hors zone C) ;
- ☒ s'il est situé à l'extérieur de l'**ensemble** des zones représentées dans les figures 1 et 2 (pour la tour de contrôle et pour les pilotes).

2.3.3.4 Cas nécessitant une démonstration d'absence de gêne visuelle

En dehors des cas déjà traités au § 2.3.3.3, un avis favorable ne peut être donné par l'autorité compétente de l'aviation civile pour un projet situé dans une ou plusieurs zones figurant sur les figures 1 et 2, que si ce projet remplit les **deux** conditions suivantes :

- ☒ absence de gêne visuelle des contrôleurs (ou personnels AFIS) ;
- ☒ et absence de gêne visuelle des pilotes.

Dans le cas d'une gêne visuelle potentielle, un avis défavorable sera donné par l'autorité compétente de l'aviation civile.



La démonstration d'éclairement gênant vers le pilote ou les contrôleurs demandée dans ce paragraphe, pour être probante, doit considérer toutes les positions prises par le Soleil au-dessus de l'horizon à tout instant du jour et de l'année. La prise en compte de l'éventuel masquage créé par un relief naturel est acceptable, sous réserve de la pérennité de ce relief (par exemple, le masquage par une montagne peut être pris en compte mais le masquage par un groupe d'arbres ne devrait pas être pris en compte).

2.3.3.4.1 Analyse de l'absence de gêne visuelle des contrôleurs (ou personnels AFIS)

L'autorité compétente de l'aviation civile donne un avis défavorable à tout projet d'installation de systèmes photovoltaïques dont le dossier ne démontre pas l'absence de gêne des contrôleurs (ou personnels AFIS).

Il y a absence de gêne visuelle des contrôleurs (ou personnels AFIS) pour tout projet d'installation remplitant l'une au moins des conditions suivantes :

- ☒ le projet est situé à l'extérieur de la zone de protection de la tour de contrôle définie en Figure 1 ;
- ☒ ou le projet est situé dans cette zone et le porteur de projet a démontré qu'aucun faisceau lumineux n'éclaire la tour de contrôle en toute circonstance ;
- ☒ ou le projet est situé dans cette zone et le porteur de projet a démontré que les faisceaux lumineux qui éclairent la tour de contrôle en provenance de cette installation produisent une luminance inférieure à un seuil d'acceptabilité fixé à 20 000 cd/m².

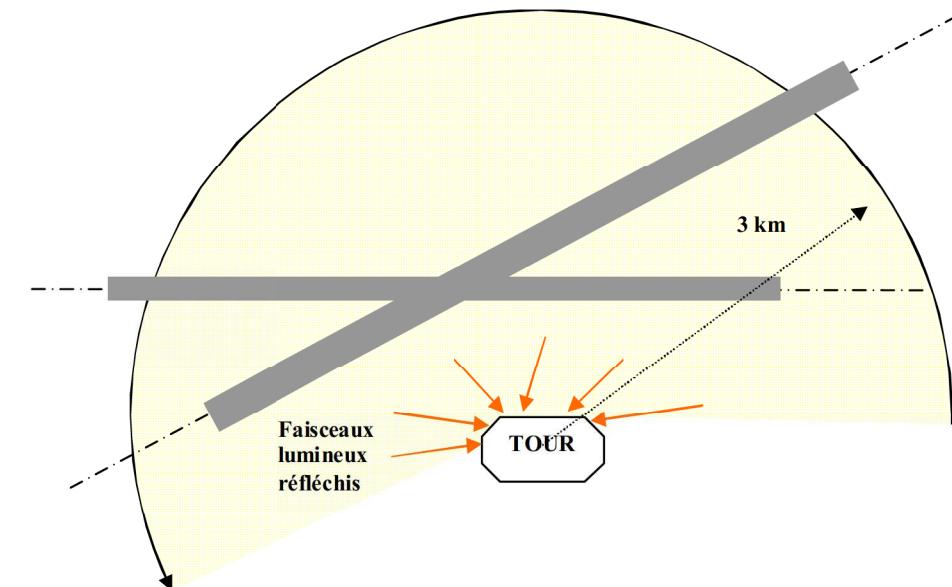


Figure 1 : zone de protection de la tour de contrôle

Comme indiqué au § 2.3.3.3, il est considéré que tout projet situé dans la zone de protection de la tour de contrôle d'une surface inférieure à 500 m² ne présente aucune gêne visuelle envers le contrôleur.

2.3.3.4.2 Analyse de l'absence de gêne visuelle des pilotes

L'autorité compétente de l'aviation civile donne un avis défavorable à tout projet d'installation de systèmes photovoltaïques dont le dossier ne démontre pas l'absence de gêne visuelle des pilotes.

a) Définition des zones A, B et C

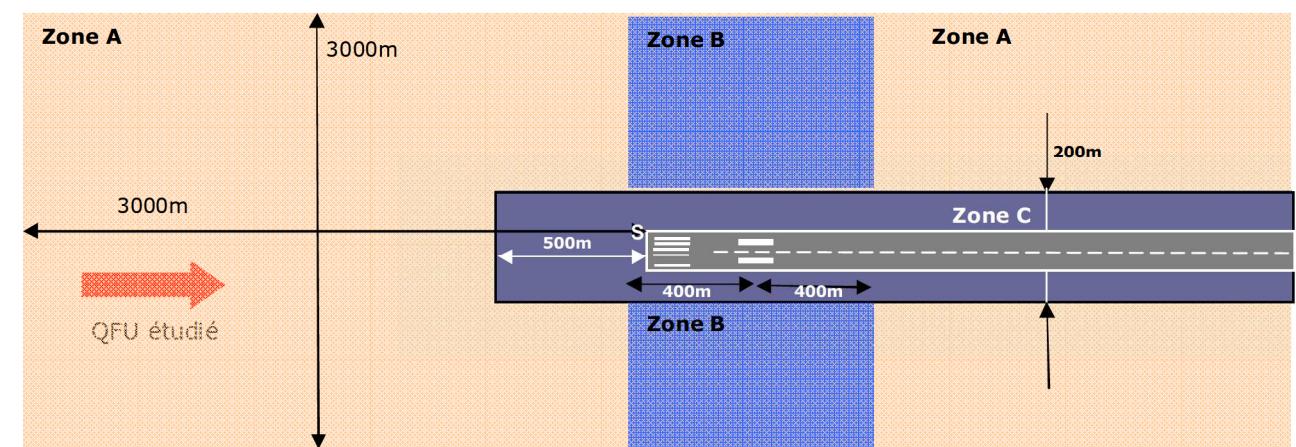


Figure 2 : Représentation des zones A, B et C
(nota : sur ce schéma ne figurent pas les aires interdites par la réglementation - cf § 2 et 3.3.2)

L'analyse conduit à considérer trois zones distinctes relatives à l'implantation du projet, dénommées A, B et C et identifiées **par sens d'atterrissement** (QFU) telles que schématisées sur la figure 2 :

☒ Zone A :

La zone A est destinée à protéger les pilotes contre la réduction préjudiciable de la perception du contraste. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : 3000 m avant le seuil d'atterrissement S + longueur de piste disponible à l'atterrissement + 3000 m après l'extrémité de la piste ;
- largeur : 1500 m de part et d'autre de l'axe de piste.

Nota : comme mentionné au § 3.3.3.3, un projet implanté à l'extérieur de la zone A, même s'il est situé à moins de 3 km des pistes, ne nécessite pas de démonstration d'absence de gêne visuelle des pilotes.

☒ Zone B :

La zone B est destinée à protéger les pilotes pendant la phase critique de toucher des roues contre un effet de surprise. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : zone ci-dessous définie à partir du point de toucher des roues (400 m de part et d'autre du point de toucher des roues), lui-même défini par rapport au seuil d'atterrissement S ;

Longueur disponible à l'atterrissement (LDA)	Point nominal de toucher des roues	Zone B correspondante
< 800 m	S + 150 m	entre S - 250 m et S + 550 m
800 m ≤ LDA < 1200 m	S + 250 m	entre S - 150 m et S + 650 m
1200m ≤ LDA < 2400m	S + 300 m	entre S - 100 m et S + 700 m
≥ 2400m	S + 400 m	entre S et S + 800 m

- largeur : 1500 m de part et d'autre de l'axe de piste.

☒ Zone C :

La zone C est destinée à protéger les pilotes contre la présence de source lumineuses dans le champ d'acuité visuelle ; elle intègre, en outre, certaines contraintes réglementaires. Ses dimensions sont les suivantes :

- longueur : 500 m avant le seuil d'atterrissement + longueur de piste disponible à l'atterrissement + 500 m après l'extrémité de la piste ;
- largeur : 100 m de part et d'autre de l'axe de piste ou la largeur de la bande de piste si elle est plus contraignante.

Il est souligné que ces zones A, B et C sont toutes trois rectangulaires et se recoupent sans être mutuellement exclusives ; ainsi, un projet peut être implanté dans plusieurs zones à la fois :

- un projet implanté en zone B est nécessairement en zone A et éventuellement en zone C ;
- un projet implanté en zone C est nécessairement en zone A et éventuellement en zone B.



Un projet implanté dans des zones qui se superposent est redevable des contraintes de vérification (définies ci-après) attachées à l'ensemble des zones correspondantes.

b) **Vérification d'absence de gêne visuelle du pilote**

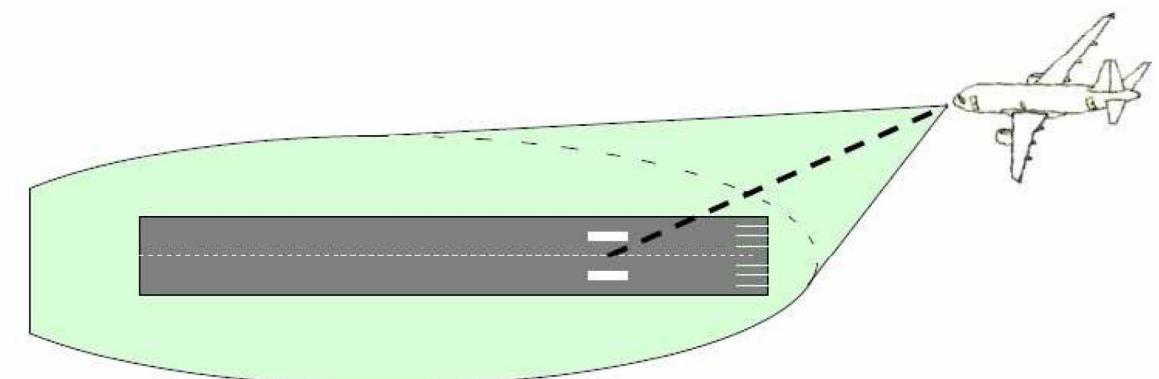
 Rappel : ces installations ne doivent pas être implantées près de la piste, ni en amont ou après celle-ci, ni près des voies de circulation au regard des dispositions rappelées au § 2. De ce fait, l'implantation est interdite sur une partie de ces trois zones au titre du § 2.3.2.

☒ Zone A :

Pour tout projet situé dans cette zone, il y absence de gêne visuelle au titre de la zone A, pour un pilote, lui-même présent dans la zone A (aéronef aligné sur l'axe d'approche publié de la piste ou sur la piste au roulage), si l'une au moins des conditions suivantes est remplie :

- comme indiqué au § 2.3.3.3, la surface est inférieure à 500 m² ;
- le porteur de projet a démontré qu'aucun faisceau lumineux n'éclaire le pilote en toute circonstance en le gênant visuellement.

Dans le cas d'un faisceau lumineux éclairant le pilote, il y a gêne visuelle au titre de la zone A pour toute réflexion en direction du pilote produisant une luminance supérieure à un seuil d'acceptabilité fixé à 20 000 cd/m², sous un angle de vision (entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste) compris entre -30° et +30° et à une distance inférieure à 3 000 m entre le pilote et les panneaux.



 DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE DSAC	NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITÉ DES AÉRODROMES	Rév : 4	Page : 12 / 19 27/07/2011
---	---	---------	------------------------------

☒ Zone B :

Pour tout projet situé dans cette zone, il y absence de gêne visuelle au titre de la zone B si au moins une des conditions suivantes est remplie :

- le porteur de projet a démontré qu'aucun faisceau lumineux n'éclaire le pilote en le gênant visuellement, lorsque l'aéronef se trouve lui-même dans la zone B, sur son axe d'approche publié ;
- comme indiqué au § 2.3.3.3, la surface est inférieure à 50 m².

Dans le cas d'un faisceau lumineux éclairant le pilote, il y a gêne visuelle au titre de la zone B pour toute réflexion en direction du pilote produisant une luminance supérieure à un seuil d'acceptabilité fixé à 10 000 cd/m², sous un angle de vision (entre le rayon réfléchi et l'axe du regard vers la piste) compris entre -90° et +90, lorsque l'aéronef est lui-même à l'intérieur de la zone B.

☒ Zone C :

La zone C est une zone sensible au niveau de l'éblouissement et aucun rayon gênant ou éblouissant qui réfléchit en direction du pilote ne peut être autorisé.

Si le panneau « anti éblouissement » (voir paragraphe 2.3.3.4.3) est réputé par démonstration ne pas envoyer de faisceau réfléchi gênant dans l'œil du pilote, il pourra être installé, mais seulement dans les parties de la zone C où la réglementation l'autorise.

De fait, il apparaît que les possibilités d'installation de panneaux photovoltaïques dans cette zone sont particulièrement restreintes du fait de la réglementation (cf. 2.3.2).

2.3.3.4.3 Modalités d'acceptabilité des panneaux « anti-éblouissement »

Comme mentionné au § 2.3.3.4.1 et au § 2.3.3.4.2 b), l'absence de gêne visuelle peut être établie si la réflexion produit une luminance inférieure ou égale à un seuil d'acceptabilité fixé : 10 000 cd/m² pour les zones B et C et 20 000 cd/m² pour la zone A.

Par souci de simplification, il est considéré que la réflexion en direction du pilote produira une luminance inférieure ou égale au seuil d'acceptabilité si le bénéficiaire du permis de construire (ou de la déclaration préalable) a joint à son dossier les deux éléments suivants :

- ☒ un document de spécifications techniques du constructeur des panneaux mentionnant explicitement la valeur maximale de luminance des panneaux photovoltaïques retenus, exprimée dans l'unité cd/m², qui y apparaît inférieure ou égale au seuil d'acceptabilité ;
- ☒ un document écrit et formel, signé et engageant sa responsabilité à mettre en œuvre, sur l'ensemble du projet ou sur l'ensemble des panneaux susceptibles d'éclairer les pilotes et/ou les contrôleurs aériens (ou personnels AFIS), ce type de panneaux photovoltaïques ou un type équivalent dont la luminance sera inférieure ou égale au seuil d'acceptabilité.

 DIRECTION GENERALE DE L'AVIATION CIVILE DSAC	NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE : DISPOSITIONS RELATIVES AUX AVIS DE LA DGAC SUR LES PROJETS D'INSTALLATIONS DE PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES A PROXIMITÉ DES AÉRODROMES	Rév : 4	Page : 13 / 19 27/07/2011
---	---	---------	------------------------------

2.4 PROJETS SITUÉS À MOINS DE 3 KM D'UNE FATO

Pour tout projet situé à moins de 3 km de tout point d'une aire d'approche finale et de décollage (FATO), les mêmes spécifications que celles décrites au § 2.3 sont à prendre en compte de façon adaptée au cas des hélistations ou d'autres infrastructures aéronautiques utilisées exclusivement par les hélicoptères.

Ainsi, il convient d'adapter la vérification réglementaire (cf. § 2.3.2) à la réglementation applicable à ces infrastructures². De plus, la vérification d'absence de gêne visuelle reprend les spécifications définies au § 2.3.3, avec des zones A, B et C.

Pour tenir compte des spécificités des infrastructures aéronautiques utilisées exclusivement par les hélicoptères, ces zones ont été adaptées aux procédures d'approche des aéronefs. Ces procédures sont de deux types :

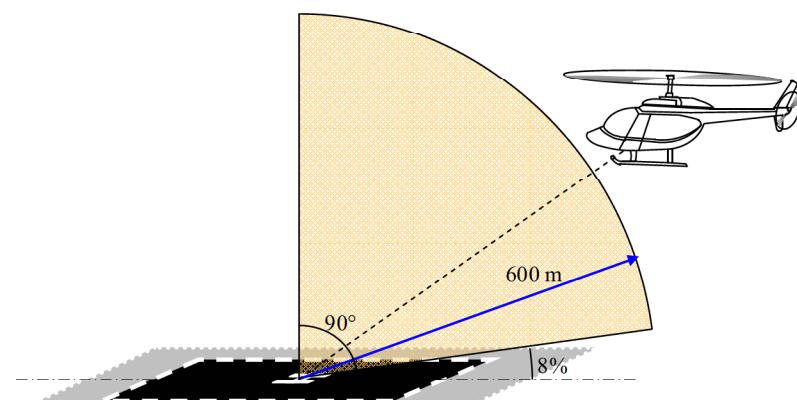
- ☒ Les procédures ponctuelles;
- ☒ Les procédures dégagées.

Ces deux types de procédures impliquent des approches différentes (pentes notamment) et donc des protections qui ne peuvent être similaires.

Les trajectoires d'approche à prendre en compte sont celles publiées sur les cartes aéronautiques de l'infrastructure en tenant compte des exigences d'exploitation et du manuel de vol de l'hélicoptère. Sauf en cas de trouée unique (par exemple en raison d'obstacles), les FATO sont le plus souvent dotées de deux trouées à 180° l'une de l'autre, les hélicoptères utilisant alors celle qui permet d'atterrir et de décoller face au vent.

2.4.1 Les FATO avec procédures ponctuelles uniquement

En cas d'absence d'indication de pente, les trajectoires à considérer sont celles où l'hélicoptère est aligné sur l'axe d'approche avec une pente comprise entre 8% (environ 4,57°) et 90°.



(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)

² en particulier l'arrêté du 29 septembre 2009 relatif aux caractéristiques techniques de sécurité applicables à la conception, à l'aménagement, à l'exploitation et à l'entretien des infrastructures aéronautiques terrestres utilisées exclusivement par des hélicoptères à un seul axe rotor principal.

Les zones de protection sont alors définies pour la direction d'approche figurant sur le schéma, selon les caractéristiques suivantes :

☒ Zone A :

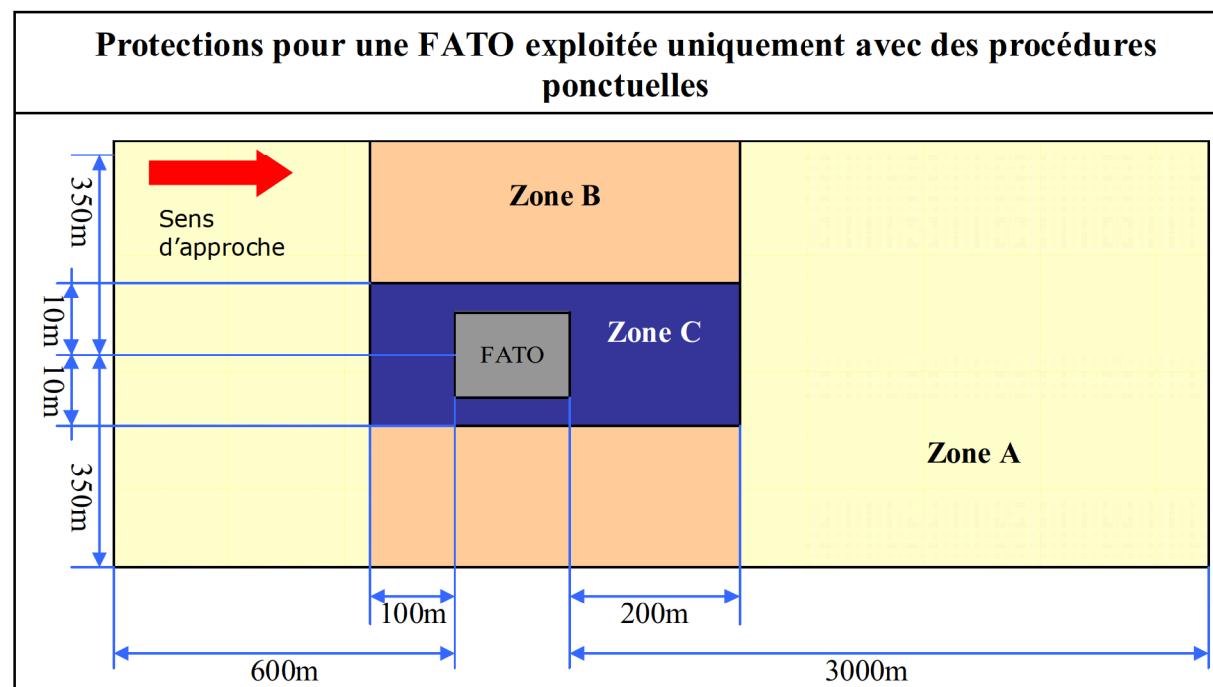
- longueur : 600 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 3 000 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 350 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone B :

- longueur : 100 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 200m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 350 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone C :

- longueur : 100 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 200 m après l'extrémité de FATO ;
- largeur : 10 m de part et d'autre de l'axe d'approche.
- l'emprise au sol de la zone C ne peut pas être inférieure à celle de l'aire de sécurité associée à la FATO ; la zone C est alors à élargir aux portions de l'aire de sécurité qui s'étendent au-delà de la zone C définie par les deux premières puces.

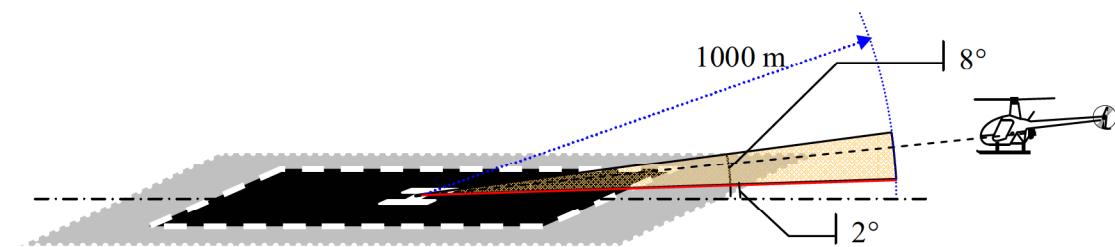


(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)

Ces zones de protection sont à établir pour chaque direction d'approche dont la FATO est dotée.

2.4.2 Les FATO avec procédures dégagées

Les trajectoires d'approche à prendre en compte sont celles publiées sur les cartes aéronautiques de l'infrastructure. En cas d'absence d'indication de pente, les trajectoires à considérer sont celles pour lesquelles l'hélicoptère est aligné sur l'axe d'approche avec une pente comprise entre 2° et 8°.



(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)

Les zones de protection sont alors définies pour la direction d'approche figurant sur le schéma, selon les caractéristiques suivantes :

☒ Zone A :

- longueur : 1 000 m en mont de la FATO + longueur de la FATO + 3 000 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

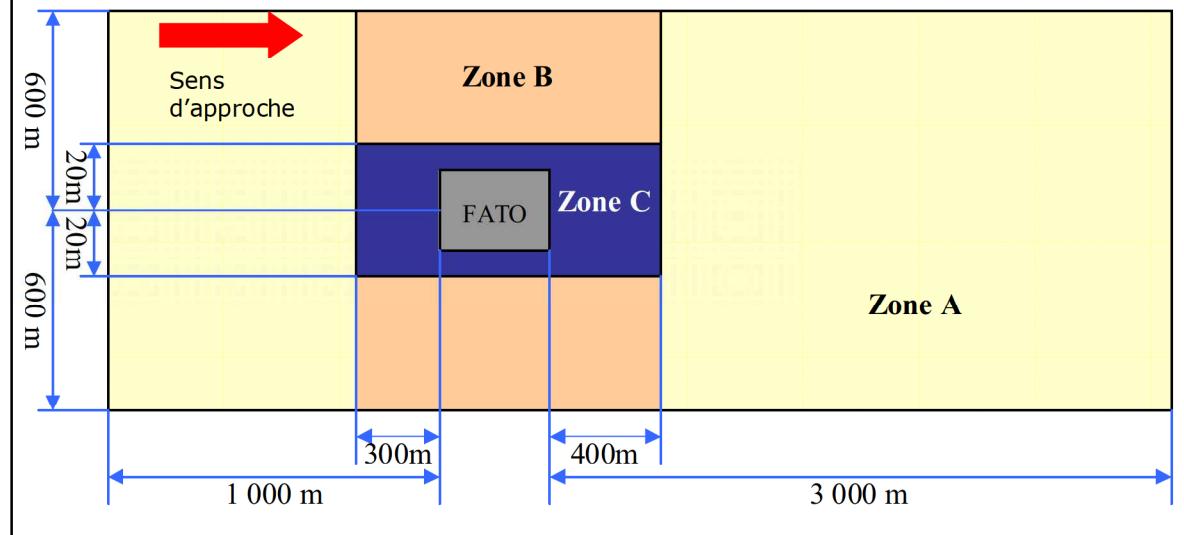
☒ Zone B :

- longueur : 300 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone C :

- longueur : 300 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 20 m de part et d'autre de l'axe d'approche.
- l'emprise au sol de la zone C ne peut pas être inférieure à celle de l'aire de sécurité associée à la FATO ; la zone C est alors à élargir aux portions de l'aire de sécurité qui s'étendent au-delà de la zone C définie par les deux premières puces.

Protections pour une FATO exploitée avec des procédures dégagées



(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes).

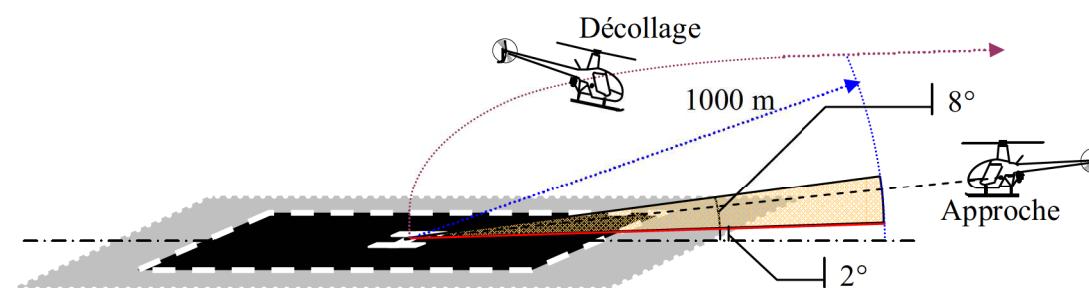
Ces zones de protection sont à établir pour chaque direction d'approche dont la FATO est dotée.

2.4.3 Cas particulier des infrastructures dotées de trouée unique

Les dispositions définies dans les paragraphes précédents permettent de protéger tant l'approche que le décollage, sauf dans le cas des infrastructures exploitées exclusivement par des hélicoptères, dotées de trouée unique et exploitées en procédure dégagée.

En effet, dans le cas d'infrastructures exploitées en procédure ponctuelle, les protections assurées pour l'approche couvrent également la manœuvre de décollage et les dispositions du paragraphe § 2.4.1 sont pleinement applicables.

Dans le cas des infrastructures exploitées en procédure dégagée, les besoins de repères visuels au décollage sont plus contraignants et nécessitent une adaptation.



(le schéma n'est pas à l'échelle et la FATO peut avoir des caractéristiques différentes)

Dans ce cas, on considère la trouée existante, ainsi qu'une trouée virtuelle qui serait diamétriquement opposée : cela revient donc à avoir des zones A, B et C symétriques par rapport à la FATO, ayant les caractéristiques suivantes :

☒ Zone A :

- longueur : 3 000 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 3 000 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone B :

- longueur : 400 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 600 m de part et d'autre de l'axe d'approche.

☒ Zone C :

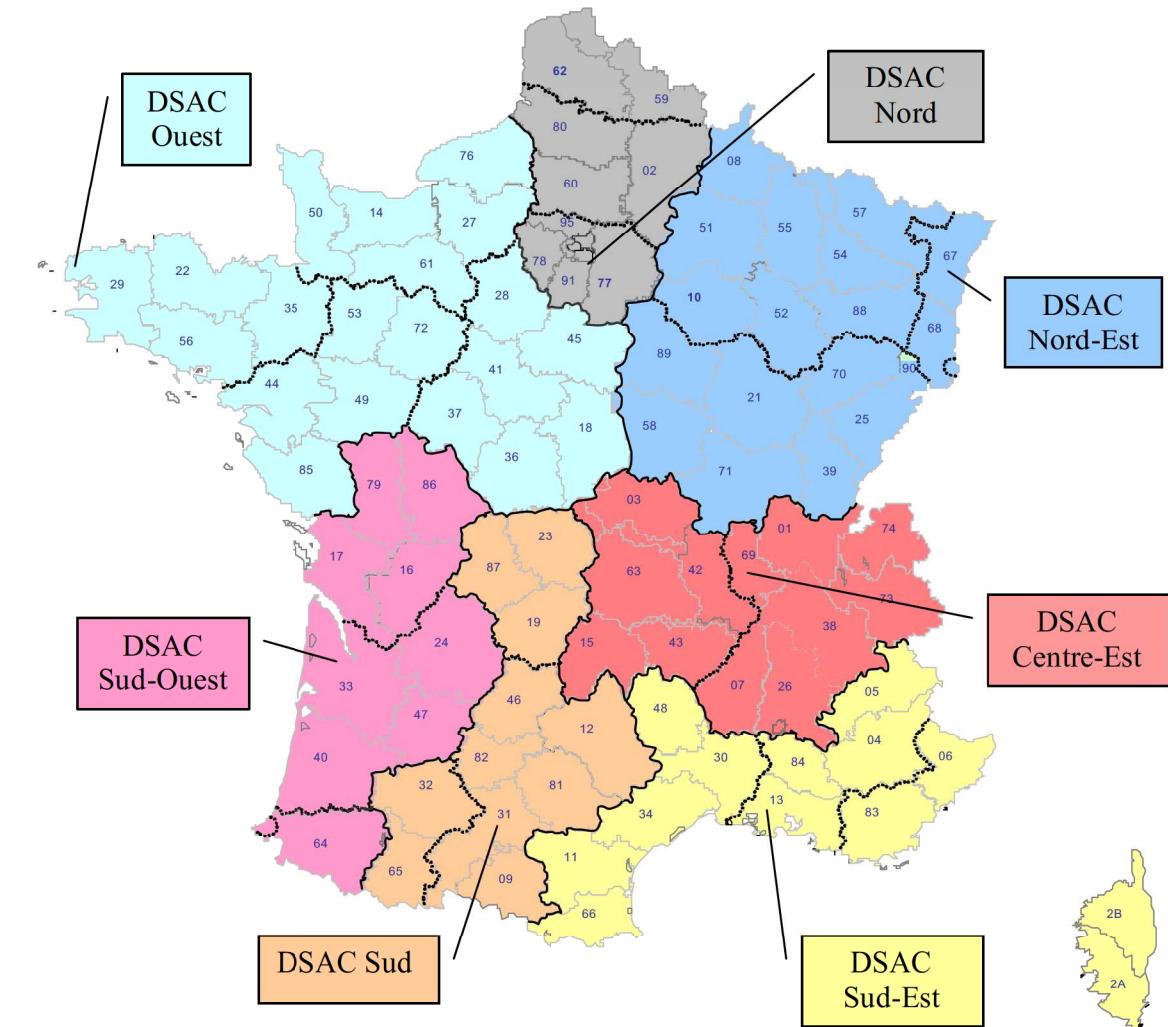
- longueur : 400 m en amont de la FATO + longueur de la FATO + 400 m après l'extrémité de la FATO ;
- largeur : 20 m de part et d'autre de l'axe d'approche.
- l'emprise au sol de la zone C ne peut pas être inférieure à celle de l'aire de sécurité associée à la FATO ; la zone C est alors à élargir aux portions de l'aire de sécurité qui s'étendent au-delà de la zone C définie par les deux premières puces.

3 Les autorités territorialement compétentes

Les autorités de l'aviation civile territorialement compétentes sont les suivantes :

DSAC / Centre est	Aéroport de Lyon Saint Exupéry BP 601 69125 LYON SAINT EXUPERY AEROPORT
DSAC / Nord	9 rue de Champagne 91200 ATHIS MONS
DSAC / Nord Est	Aérodrome de Strasbourg Entzheim 67836 TANNERIES
DSAC / Ouest	Aéroport de BREST-BRETAGNE BP 56 – 29490 GUIPAVAS
DSAC / Sud	Allée Saint-Exupéry BP60100 31703 BLAGNAC
DSAC / Sud Ouest	Aéroport de Bordeaux Mérignac BP 70116 33704 MERIGNAC Cedex
DSAC / Sud Est	1, rue Vincent Auriol 13617 AIX-EN-PROVENCE CEDEX 1
DSAC/ Océan Indien	Aérodrome de Saint-Denis-Gillot BP 12 97 408 SAINT-DENIS MESSAG CEDEX 9
DSAC/ Antilles Guyane	Clairière BP 644 97262 FORT-DE-FRANCE CEDEX
SEAC Polynésie Française	BP 6404 - 98702 FAA'A TAHITI
SAC Saint Pierre et Miquelon	Aéroport de St-Pierre Pointe-Blanche BP 4265 97500 SAINT PIERRE ET MIQUELON
DAC Nouvelle Calédonie	BP H1 98 849 NOUMEA CEDEX NOUVELLE CALEDONIE
SEAC Wallis-et-Futuna	Aéroport de Wallis Hihifo 98600 MATA UTU

Zones de compétence des directions interrégionales de l'aviation civile (Métropole)



* * *



direction générale de
l'aviation civile

direction de la sécurité de
l'aviation civile

**direction aéroports et
navigation aérienne**

50, rue Henry Farman
75720 Paris cedex 15

téléphone : 01 58 09 43 11
télécopie : 01 58 09 43 22
www.developpement-durable.gouv.fr



Annexe 7 bis : Etude de réverbération mise à jour (Variante n°4)

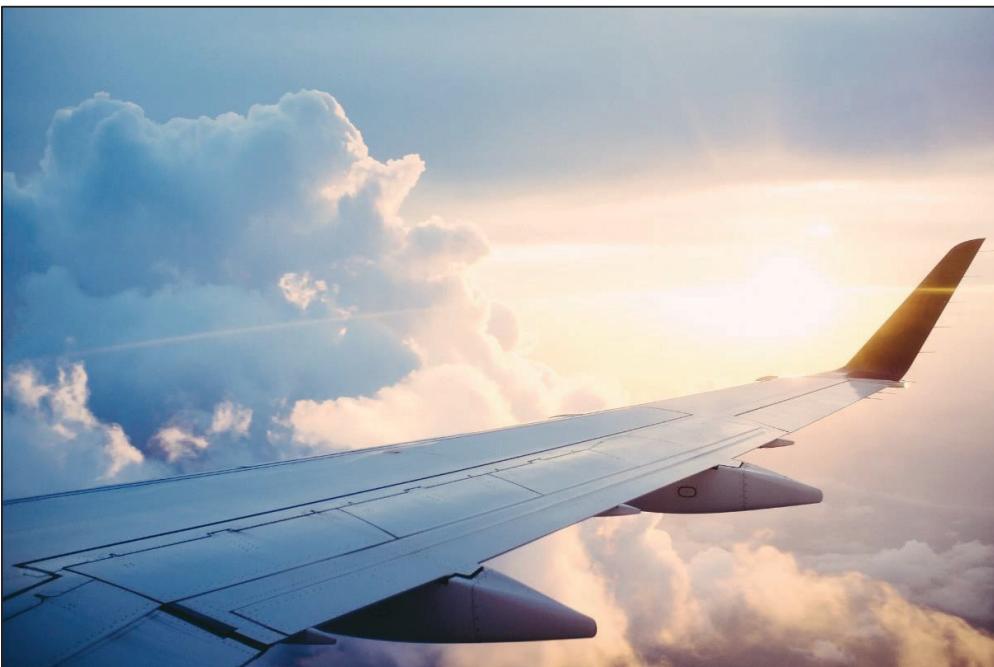


955, route des Lucioles
06 560 Valbonne Sophia Antipolis

Étude d'Éblouissement

Projet Photovoltaïque de Strasbourg Entzheim

Aérodrome Strasbourg Entzheim (LFST)



1. SOMMAIRE

1. SOMMAIRE	2
2. PRESENTATION GENERALE	3
2.1. PRESENTATION DU DOCUMENT	3
2.2. PRESENTATION DES INTERVENANTS	3
3. RESUME	4
4. PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDERES	6
4.1. PROJET	6
4.2. AERODROME	11
4.3. LUMINANCE DU SOLEIL	14
4.4. MODULES PHOTOVOLTAIQUES	15
4.5. COURSE DU SOLEIL	16
4.6. TERRAIN	17
5. ANALYSE	18
5.1. ZONES DE PROTECTION	18
SYNTHESE DES CAS A ETUDIER	22
5.2. ANALYSE 3D	23
ZONE 1 : AZIMUT 180° - INCLINAISON 10°	24
ZONE 2 : AZIMUT 180° - INCLINAISON 15°	24
ZONES 3 ET 4 : AZIMUT 150° - INCLINAISON 15°	25
SYNTHESE DE L'ANALYSE 3D	26
5.3. CARACTERISATION DES IMPACTS	27
APPROCHE RWY 05 POUR LES 4 ZONES	28
APPROCHE RWY 23 POUR LES ZONES 3 ET 4	29
6. CONCLUSION	32
7. ANNEXES	33
LEXIQUE	33



13 février 2024 – version 3

2. PRESENTATION GENERALE

2.1. PRESENTATION DU DOCUMENT

Ce document présente l'étude d'éblouissement du projet photovoltaïque de la société EDF RENOUVELABLES à Entzheim (Bas-Rhin), à proximité immédiate de l'aérodrome Strasbourg Entzheim (code OACI : LFST). L'objectif de cette étude est d'identifier les régions de l'espace concernées par la réflexion spéculaire des rayons du Soleil sur les modules photovoltaïques et de caractériser le risque d'éblouissement au regard des exigences d'EDF RENOUVELABLES.

Ce document est composé de deux parties :

- Une première partie présentant le projet ainsi que toutes les entrées considérées ;
- Une deuxième partie présentant les résultats obtenus.

2.2. PRESENTATION DES INTERVENANTS

Donneur d'ordre



Cœur Défense - Tour A
100, esplanade du Général de Gaulle
92 932 Paris La Défense Cedex

Contact :

M. Mathieu CHARBONNEAU – mathieu.charbonneau@edf-re.fr

Cabinet d'Ingénierie



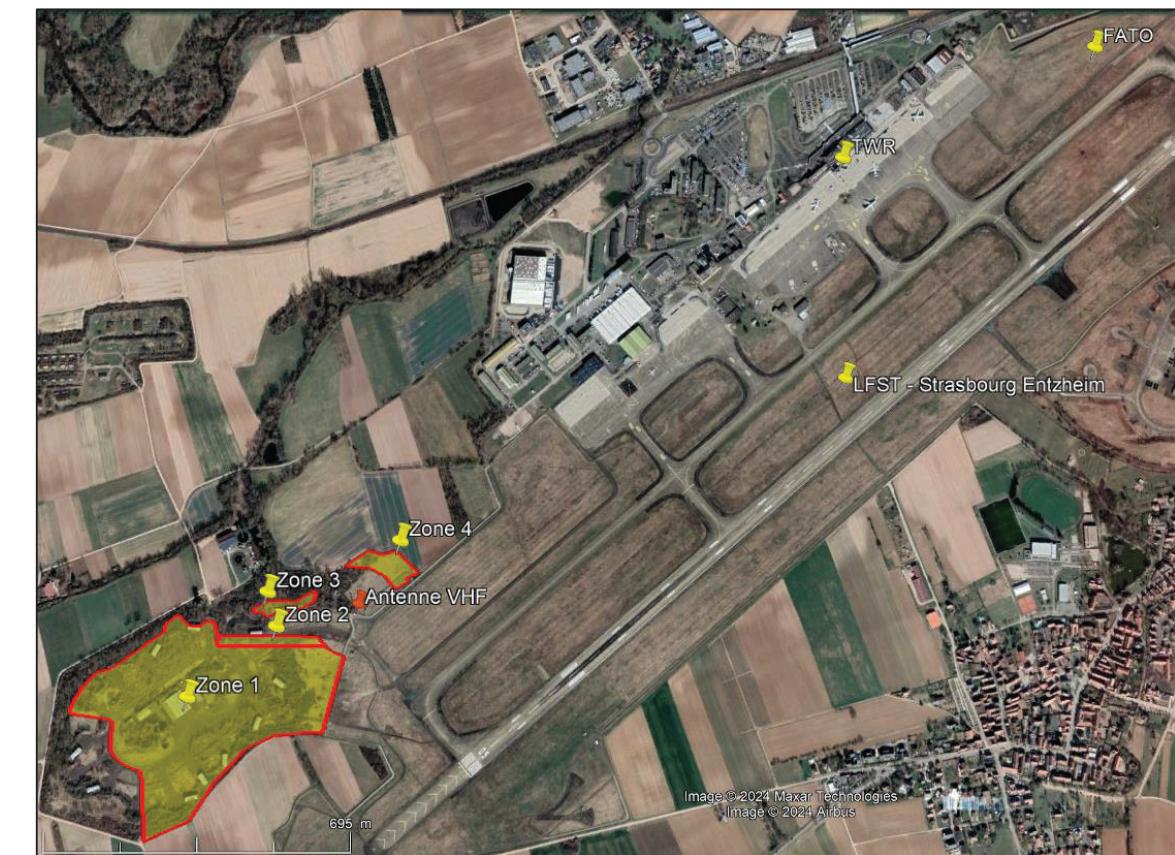
955, route des Lucioles
06 560 Valbonne Sophia Antipolis

Contact :

M. John COUTEL – john.coutel@solaïs.fr

3. RESUME

Le projet photovoltaïque (PV) de la société EDF RENOUVELABLES consiste à réaliser une centrale au sol fixe (sans solution de suivi du soleil) sur 4 zones, à Entzheim (Bas-Rhin), à proximité immédiate de l'aérodrome Strasbourg Entzheim (code OACI : LFST), comme indiqué sur la figure suivante.



Le tableau suivant détaille les caractéristiques de la centrale au sol constituée de quatre zones.

Intitulé	Azimut*	Inclinaison	Hauteur min	Hauteur max	Emprise au sol
Zone 1	180° (Sud)	10°	+1,0 m	+2,7 m	~ 15,6 ha
Zone 2		15°			
Zone 3	150° (Sud-Est)	15°	+1,0 m	+2,7 m	~ 0,33 ha
Zone 4		15°			

* Suivant la convention Est = 90° et Sud = 180°

L'analyse montre que :

Zones 1 et 2 :

- La tour de contrôle (TWR) et l'approche FATO 23 ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent ;
- L'approche FATO 05 est localisé en dehors de la zone de protection si bien qu'aucune analyse n'est requise pour l'approche des hélicoptères.
- Les approches depuis le Sud-Ouest (RWY 05) et Nord-Est (RWY 23) ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent pour les aéronefs.

Zones 3 et 4 :

- La tour de contrôle (TWR) et l'approche FATO 23 ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent ;
- L'approche FATO 05 est localisé en dehors de la zone de protection si bien qu'aucune analyse n'est requise pour l'approche des hélicoptères.
- L'approche depuis le Sud-Ouest (RWY 05) n'est jamais impactée par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent pour les aéronefs.
- L'approche depuis le Sud-Ouest (RWY 05) est impactée par des rayons réfléchis, entre octobre et début mars sur une durée journalière inférieur à 35 minutes.

Modules PV	RWY 05	RWY 23
Zones 1 et 2	Aucun risque d'éblouissement	
Zones 3 et 4	Aucun risque d'éblouissement	Occurrences identifiées

Modules PV	FATO 05	FATO 23
Toutes zones confondues	Hors zone de protection → Analyse non requise	Aucun risque d'éblouissement

Modules PV	Tour de contrôle (TWR)
Toutes zones confondues	Aucun risque d'éblouissement

4. PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDERÉES

4.1. PROJET

Le projet photovoltaïque (PV) de la société EDF RENOUVELABLES consiste à réaliser une centrale au sol fixe (sans solution de suivi du soleil), à Entzheim (Bas-Rhin), à proximité immédiate de l'aérodrome Strasbourg Entzheim (code OACI : LFST), comme indiqué sur les figures suivantes.



Le tableau suivant détaille les caractéristiques de la centrale au sol constituée de quatre zones.

Intitulé	Azimut*	Inclinaison	Hauteur min	Hauteur max	Emprise au sol
Zone 1	180° (Sud)	10°	+1,0 m	+2,7 m	~ 15,6 ha
Zone 2		15°			~ 0,52 ha
Zone 3	150° (Sud-Est)	15°			~ 0,33 ha
Zone 4					~ 0,70 ha

* Suivant la convention Est = 90° et Sud = 180°

La figure suivante présente le schéma d'implantation du générateur.



La figure et le tableau suivants présentent la modélisation du générateur à partir de quatre polygones, ainsi que les coordonnées géographiques des sommets.



Intitulé	Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
Zone 1	48.533156	7.604406	158
2	48.532658	7.603827	157
3	48.532403	7.603662	156
4	48.532187	7.604981	154
5	48.531807	7.604999	154
6	48.531432	7.605201	154
7	48.531170	7.606022	154
8	48.529792	7.606279	154
9	48.530191	7.607609	154
10	48.531618	7.609218	155

11	48.531949	7.611264	153
12	48.532237	7.611659	153
13	48.533475	7.612102	153
14	48.533682	7.611499	153
15	48.533895	7.608121	154
16	48.534186	7.607678	156
17	48.534095	7.607204	156
18	48.534136	7.606444	157
19	48.533218	7.604828	156

Intitulé	Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
Zone 2	48.533691	7.608109	154
2	48.533698	7.610365	155
3	48.533700	7.611500	153
4	48.533802	7.611342	153
5	48.533887	7.611247	153
6	48.533894	7.608134	154

Intitulé	Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
Zone 3	48.534347	7.609231	157
2	48.534403	7.609414	157
3	48.534281	7.609629	155
4	48.534393	7.609957	156
5	48.534344	7.610052	155
6	48.534493	7.610467	157

7	48.534426	7.610562	156
8	48.534583	7.611065	156
9	48.534732	7.611125	156
10	48.534828	7.611060	156
11	48.534600	7.610469	157
12	48.534624	7.609668	157
13	48.534446	7.609155	158

Intitulé	Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
Zone 4	48.535306	7.612315	154
2	48.535293	7.612751	154
3	48.535143	7.613231	153
4	48.534847	7.613634	153
5	48.535022	7.614009	153
6	48.535087	7.613942	153
7	48.535193	7.614340	153
8	48.535648	7.613587	153
9	48.535573	7.613121	153
10	48.535659	7.612714	153
11	48.535340	7.611972	153

4.2. AERODROME

La note technique de la DGAC spécifie que le porteur de projet doit démontrer l'absence d'impact gênant pour :

- Les contrôleurs aériens présents dans la tour de contrôle (TWR) ;
- Les pilotes d'aéronefs en phase d'approche de chaque piste (*runway*, RWY) ;
- Les pilotes d'hélicoptères en phase d'approche des hélistations (FATO).

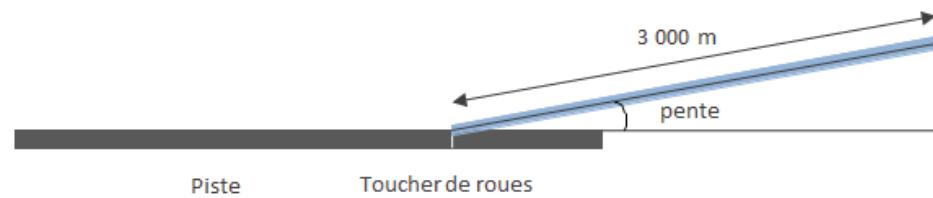
La carte de l'aérodrome Strasbourg Entzheim (code OACI : LFST) annexée à ce document laisse apparaître une piste bitumée (RWY 05/23), une tour de contrôle (TWR) ainsi qu'une hélistation (FATO).

Piste (RWY)	Direction magnétique (QFU)	Angle d'approche	Distance disponible à l'atterrissement (LDA)	Point nominal de toucher de roues
05	046°	3.5°	2 400 m	THR 05 + 400 m
23	226°	3°		THR 23 + 400 m

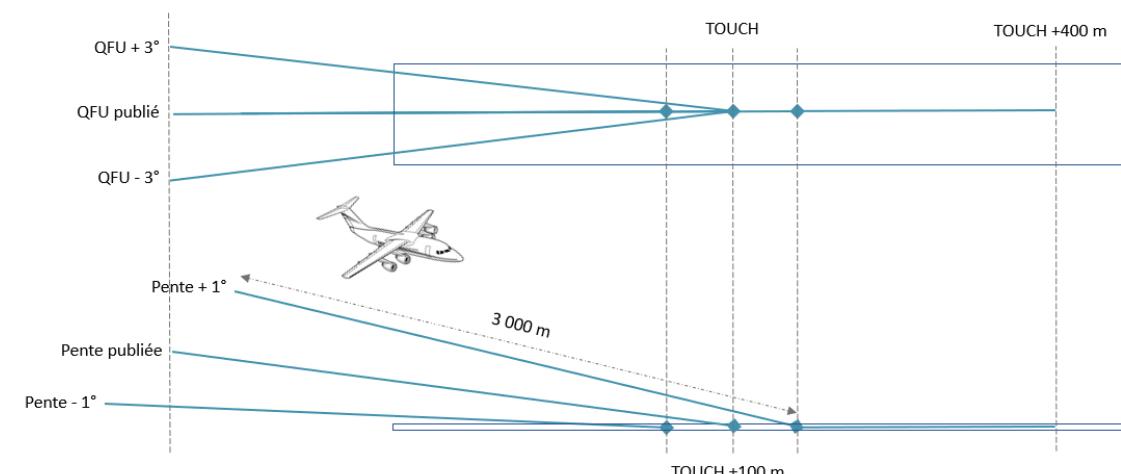
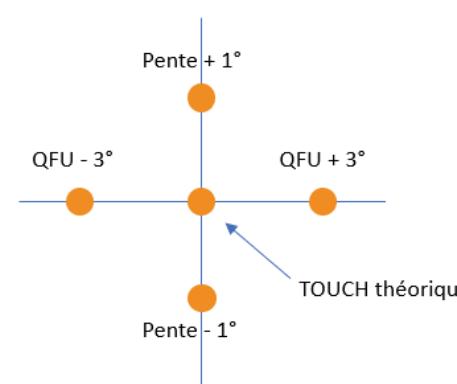
Comme indiqué dans la carte aéronautique en annexe de ce document, les pentes étudiées sont prises suivants les indications suivantes :

- À 3,5° pour l'approche sur la RWY 05.
- À 3° pour l'approche sur la RWY 23.

Les approches étudiées sont caractérisées géométriquement sur le schéma suivant :



Afin de rendre compte de l'imprécision de l'approche des avions, cinq trajectoires sont considérées pour chaque approche en jouant sur l'angle d'approche ($\pm 1^\circ$), l'azimut d'approche ($\pm 3^\circ$) ainsi que le toucher de roues (± 100 m). Est étudié également le roulage des avions sur une distance de 400 m après le toucher de roues.



Les caractéristiques des procédures d'approche des hélicoptères sont les suivantes :

	Procédure	Dimension	Longueur d'approche	Pentes étudiées	Azimut d'approche
FATO 05/23	Dégagée	24 * 110 m	1 000 m [600 – 1 000 m]	2°, 5°, 8°	046° 226°

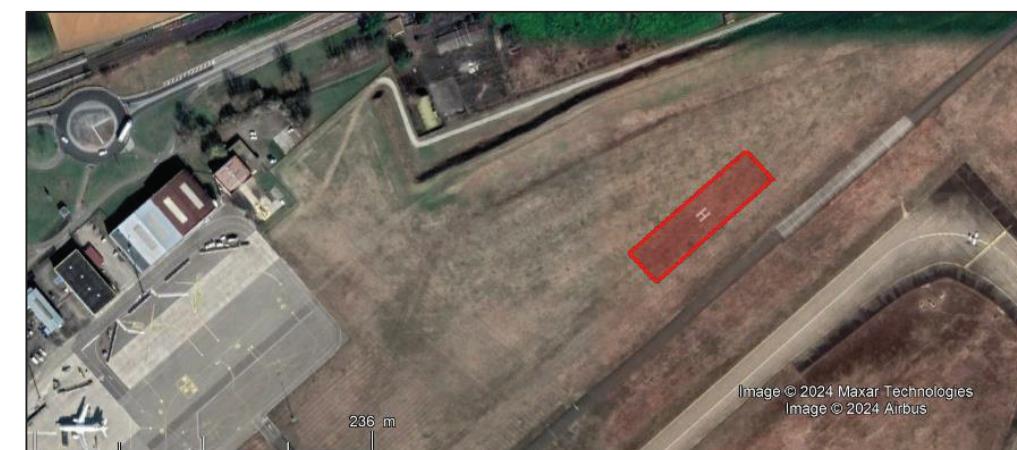
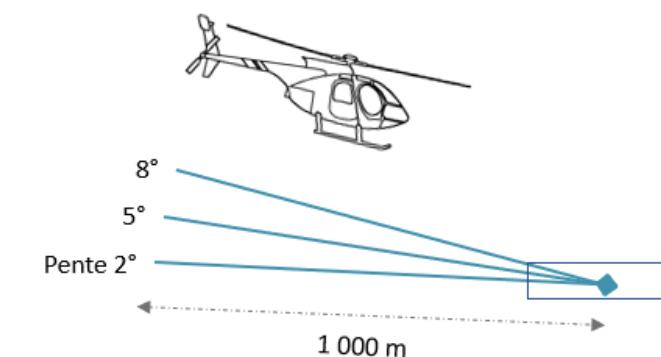


Image satellite de la FATO 05/23



Image satellite de l'aérodrome avec les points remarquables

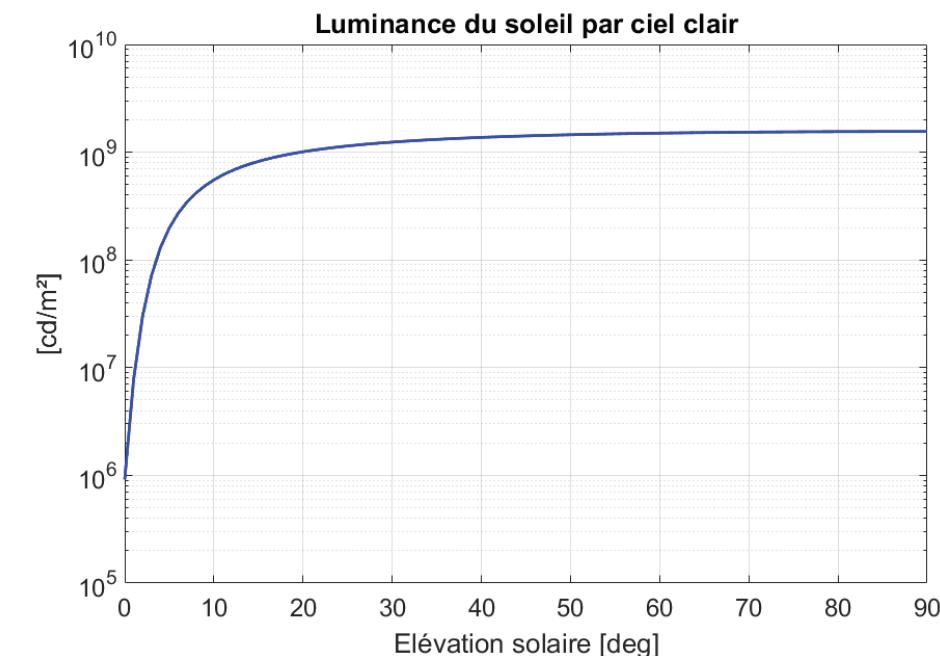
Les coordonnées GPS des points remarquables sont résumées ci-après :

Nature	Latitude [°]	Longitude [°]	Altitude [m]
TWR	48.543966	7.627707	151 *
THR 05	48.531208	7.616060	152
TOUCH 05	48.532990	7.619113	152
THR 23	48.545446	7.640446	149
TOUCH 23	48.543664	7.637393	149
FATO	48.546550	7.636238	150

* A cette altitude du sol ont été rajoutés 25 mètres afin de rendre compte de la hauteur de vue des contrôleur aériens au sein de la tour de contrôle.

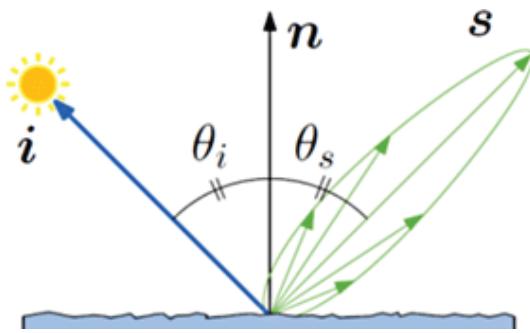
4.3. LUMINANCE DU SOLEIL

La figure suivante présente le profil de luminance (en candéla par m^2 , cd/m^2) des rayons directs du soleil avec une hypothèse de ciel parfaitement clair, et ce en fonction de l'élévation du soleil. Il est à noter que la luminance est d'environ 900 000 cd/m^2 au lever du soleil et culmine à 1,6 milliards de cd/m^2 lorsque le soleil est au zénith.

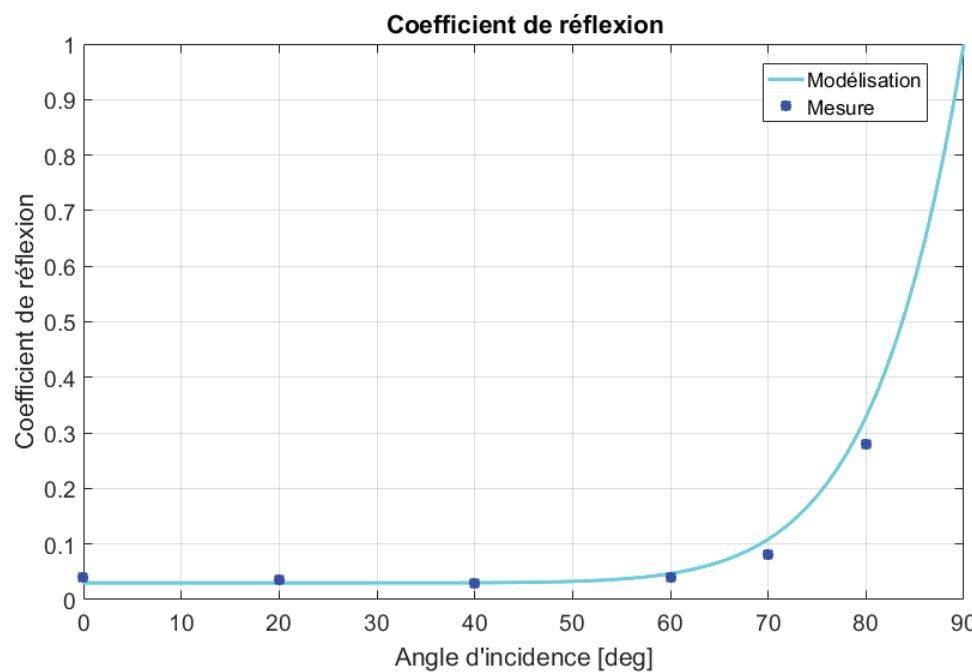


4.4. MODULES PHOTOVOLTAIQUES

Les modules concernés utilisent une couche en verre qui va réfléchir une partie du rayonnement incident du soleil, et ce en fonction de l'angle d'incidence θ_i . Il convient donc d'effectuer une analyse fine des cas potentiels d'éblouissement.



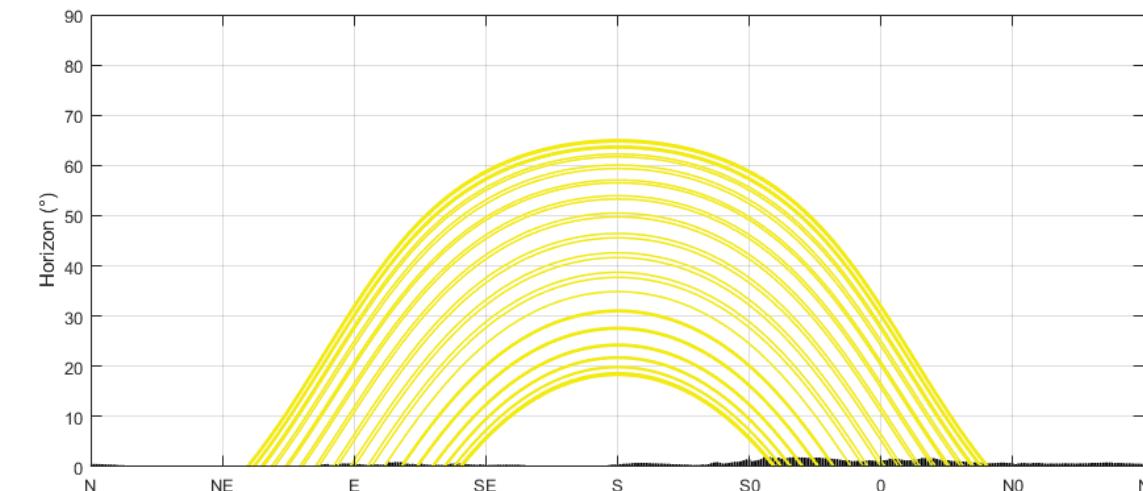
En l'absence d'un profil spécifique fourni par le client, un profil standard de coefficient de réflexion a été retenu pour cette étude ; il est issu d'une étude¹ du Sandia National Laboratories (Etats-Unis) qui a mesuré le profil de réflexion de plus de vingt modules PV.



4.5. COURSE DU SOLEIL

La figure suivante présente pour le site étudié la course du soleil (en jaune) tout au long de l'année, le solstice d'été (21 juin) étant la courbe supérieure et le solstice d'hiver (21 décembre) la courbe inférieure :

- L'axe horizontal représente l'azimut du soleil ;
- L'axe vertical représente l'élévation du soleil en degré ;
- En noir est représenté le relief lointain qui est pris en compte dans l'étude de réverbération car il peut cacher les rayons directs du soleil et donc réduire les impacts identifiés.

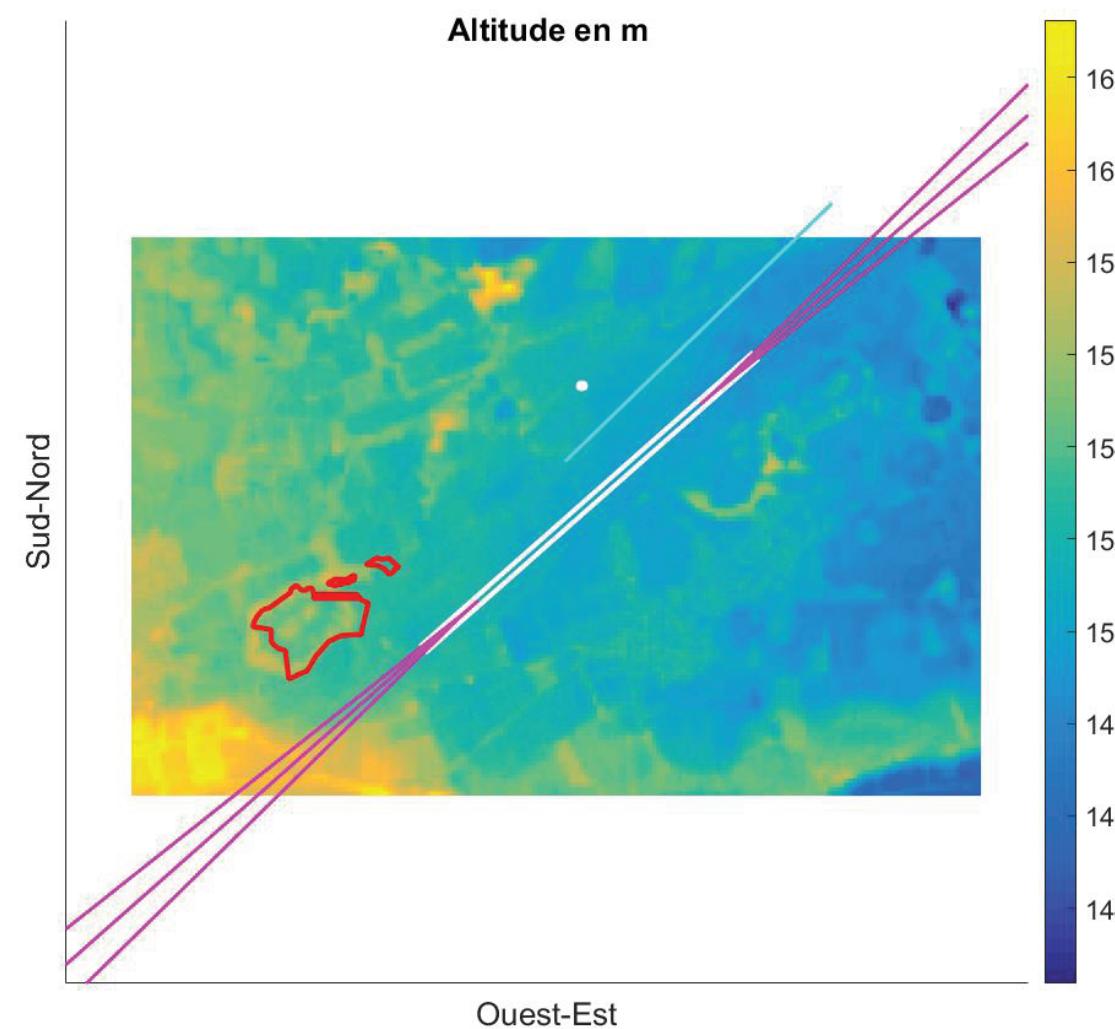


Il est à noter que le relief lointain observé à l'emplacement de l'installation photovoltaïque est négligeable.

¹ Yellowhair, J. and C.K. Ho. "Assessment of Photovoltaic Surface Texturing on Transmittance Effects and Glint/Glare Impacts". ASME 2015 9th International Conference on Energy Sustainability collocated with the ASME 2015 Power Conference, the ASME 2015 13th International Conference on Fuel Cell Science, Engineering and Technology, and the ASME 2015 Nuclear Forum. 2015. American Society of Mechanical Engineers.

4.6. TERRAIN

Un modèle numérique de terrain avec une maille de 30 m a été utilisé pour cette étude. Le générateur est représenté en rouge, les approches des avions en magenta, celles des hélicoptères en cyan, la piste et la tour de contrôle en blanc. Le dégradé de couleur correspond à l'altitude du terrain en mètres.



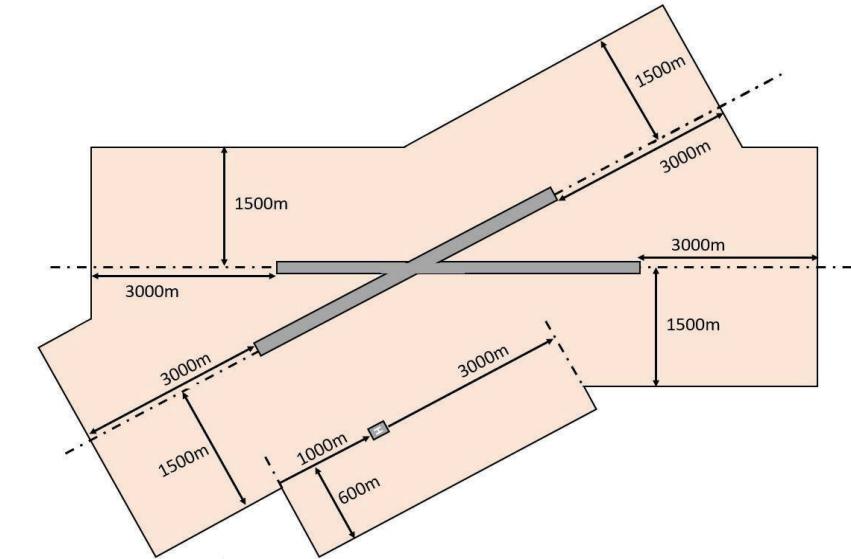
5. ANALYSE

Cette section présente les résultats des simulations effectuées à partir des hypothèses présentées précédemment. Toutefois, ces résultats doivent être considérés à l'aune des différentes incertitudes propres à la problématique d'éblouissement : trajectoires des aéronefs, topographie de l'implantation, relief lointain, équation du temps, années bissextiles, etc.

5.1. ZONES DE PROTECTION

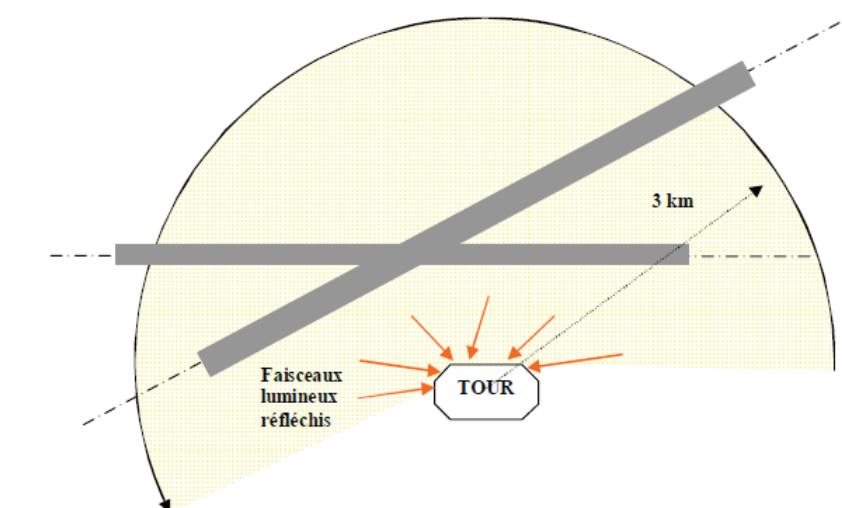
Les prérogatives de la DGAC définissent des zones de protection de la façon suivante :

- Pour les avions et les hélistations (surface PV > 500 m²) :



Source : Note d'Information Technique, édition 5 du 10/11/2022 (DGAC)

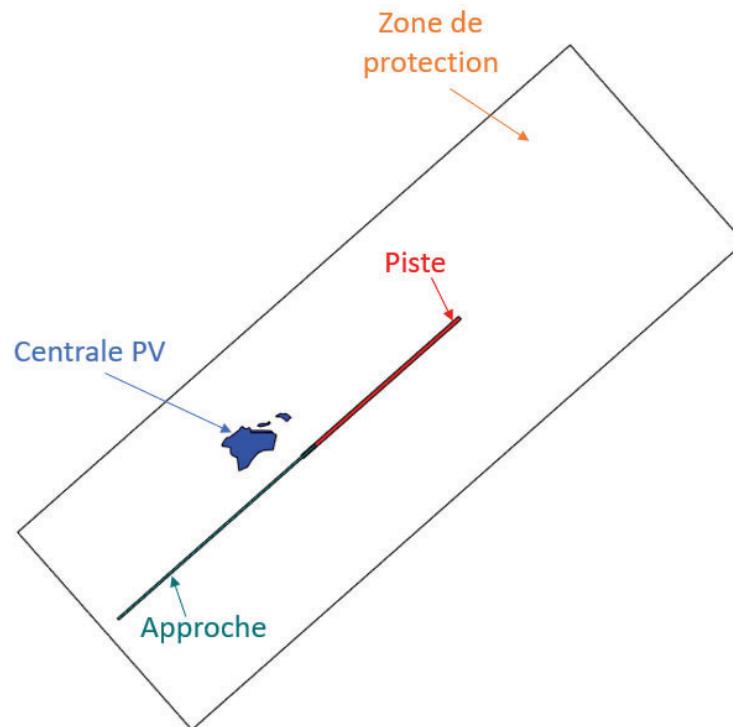
- Pour la tour de contrôle, une zone de protection définie comme l'union des demi-disques de rayon 3 km centrés sur la tour et incluant les pistes (surface PV > 500 m²) :



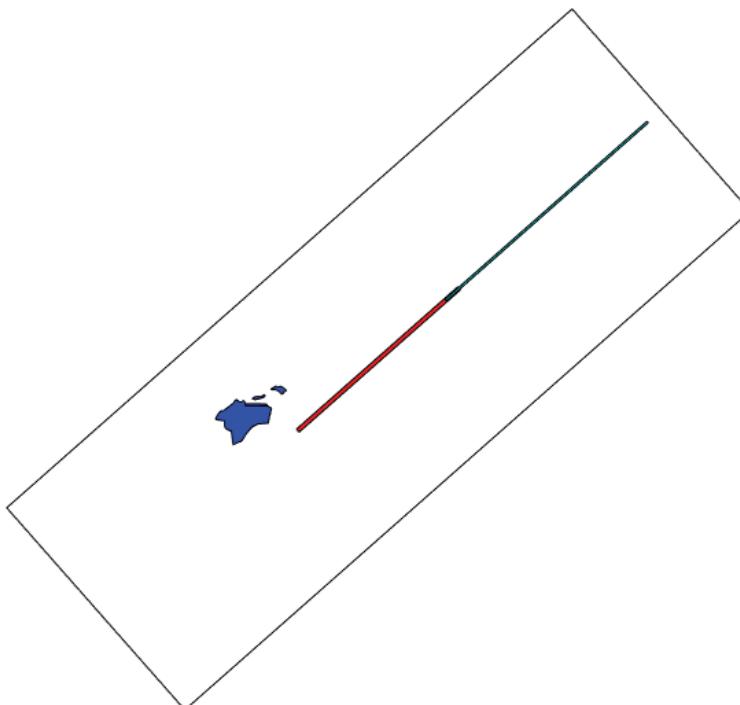
Source : Note d'Information Technique, édition 5 du 10/11/2022 (DGAC)

L'analyse des zones de protection de l'aérodrome montre les résultats suivants :

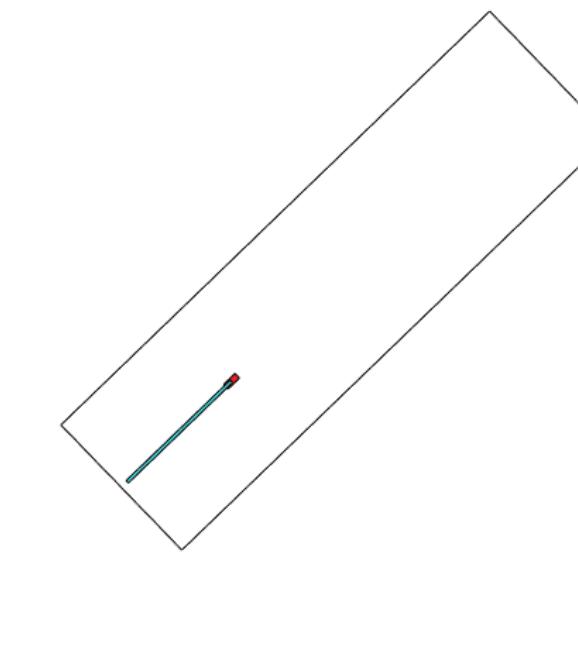
- Par rapport à la RWY 05 : La centrale photovoltaïque est localisée dans la zone de protection associée à cette approche → L'analyse est requise pour cette approche.



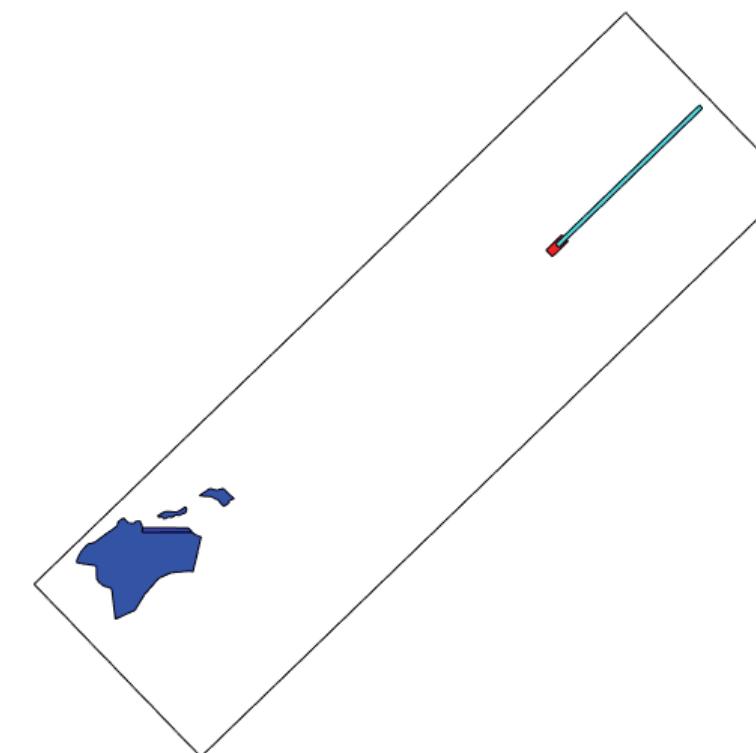
- Par rapport à la RWY 23 : La centrale photovoltaïque est localisée dans la zone de protection associée à cette approche → L'analyse est requise pour cette approche.



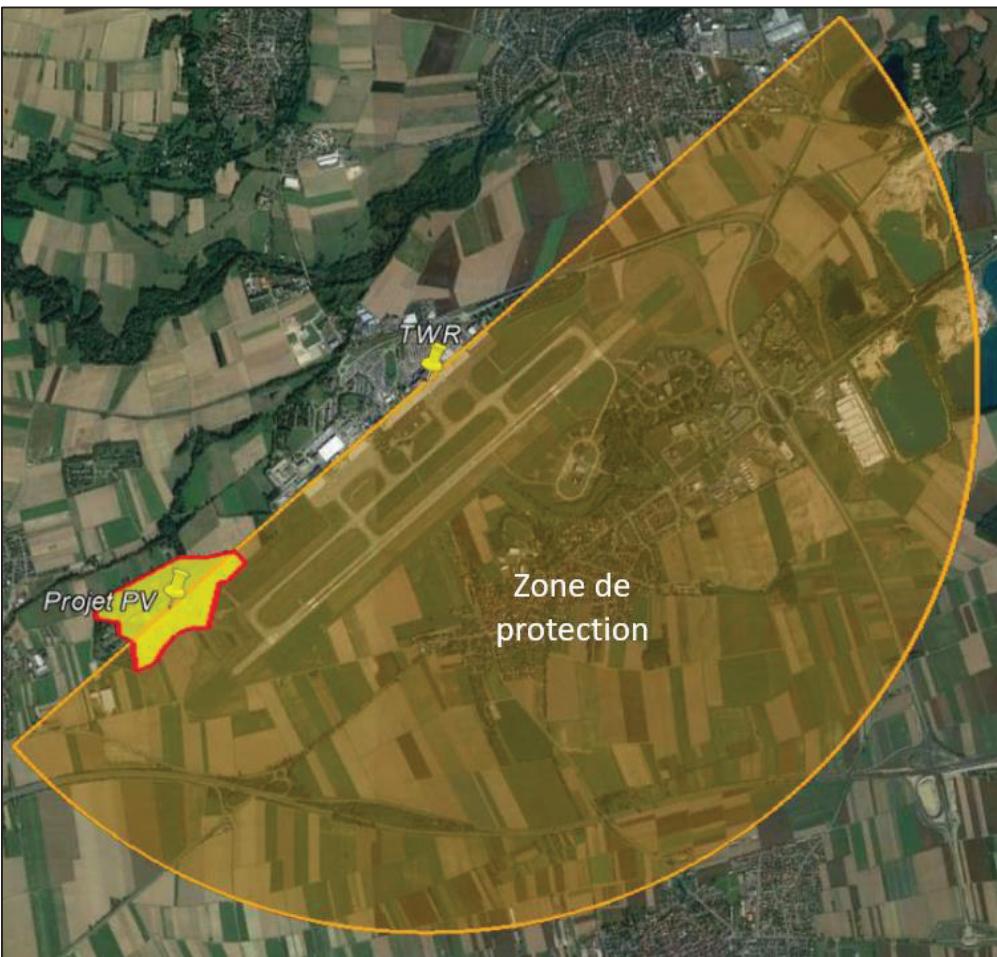
- Par rapport à la FATO 05 : La centrale photovoltaïque est localisée en dehors de la zone de protection associée à cette approche → L'analyse n'est pas requise pour cette approche.



- Par rapport à la FATO 23 : La centrale photovoltaïque est localisée dans la zone de protection associée à cette approche → L'analyse est requise pour cette approche.



- Par rapport à la tour de contrôle : La centrale photovoltaïque est localisée dans la zone de protection de la tour de contrôle → L'analyse est requise vis-à-vis des contrôleurs aériens.



SYNTHESE DES CAS A ETUDIER

Etant donné la localisation de la centrale photovoltaïque, les cas suivants doivent être étudiés.

Modules PV	RWY 05	RWY 23
Centrale au sol	Zone de protection → Analyse requise	Zone de protection → Analyse requise

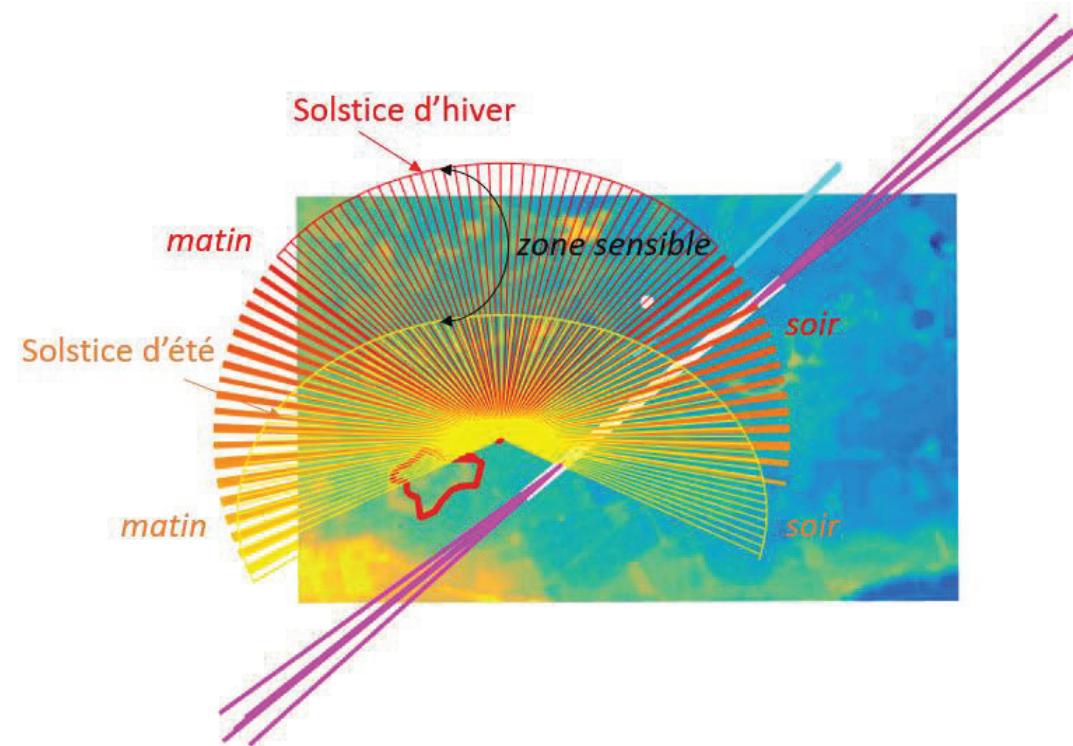
Modules PV	FATO 05	FATO 23
Centrale au sol	Hors zone de protection → Analyse non requise	Zone de protection → Analyse requise

Modules PV	Tour de contrôle (TWR)
Centrale au sol	Zone de protection → Analyse requise

5.2. ANALYSE 3D

Une première recherche des cas critiques est effectuée à l'aide d'une visualisation 3D. Les cas sont déterminés de manière purement géométrique et prennent uniquement en considération le croisement de la trajectoire et des rayons réfléchis ; reliefs proche et lointain ainsi que diffusion des rayons du soleil ne sont ainsi pas considérés à ce stade de l'analyse.

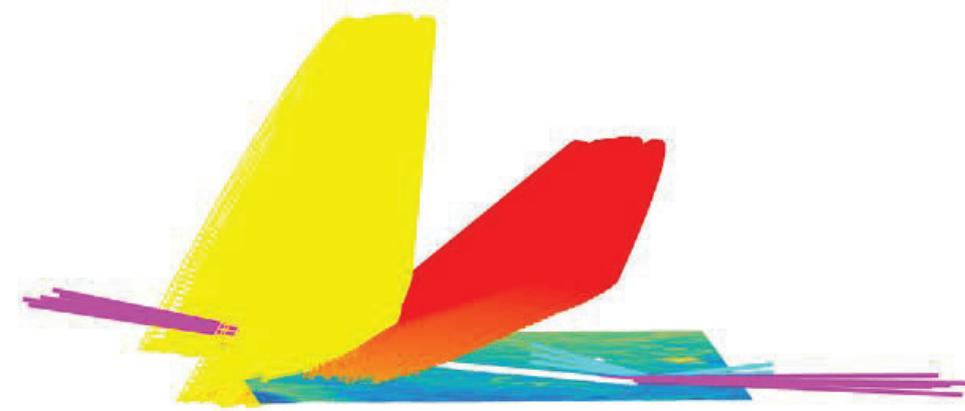
Pour une configuration de modules donnée (orientation et inclinaison) et une localisation de modules donnée, la localisation des rayons réfléchis est présentée à travers l'enveloppe des rayons réfléchis délimitée par les réflexions survenant tout au long du solstice d'été (21 juin) et du solstice d'hiver (21 décembre). Toute personne située en dehors de la zone sensible comprise entre ces enveloppes ne sera jamais soumise à des cas d'éblouissement, comme le montre l'exemple ci-dessous pour un point de réflexion en Zone 3.



Les visuels suivants présentent le générateur en rouge, la piste et la tour de contrôle en blanc, les approches des aéronefs en magenta, les approches des hélicoptères en cyan, et les enveloppes des rayons réfléchis pour le solstice d'été (jaune) et le solstice d'hiver (rouge), et ce pour chacune des configurations PV étudiées.

ZONE 1 : AZIMUT 180° - INCLINAISON 10°

Vue de l'Est

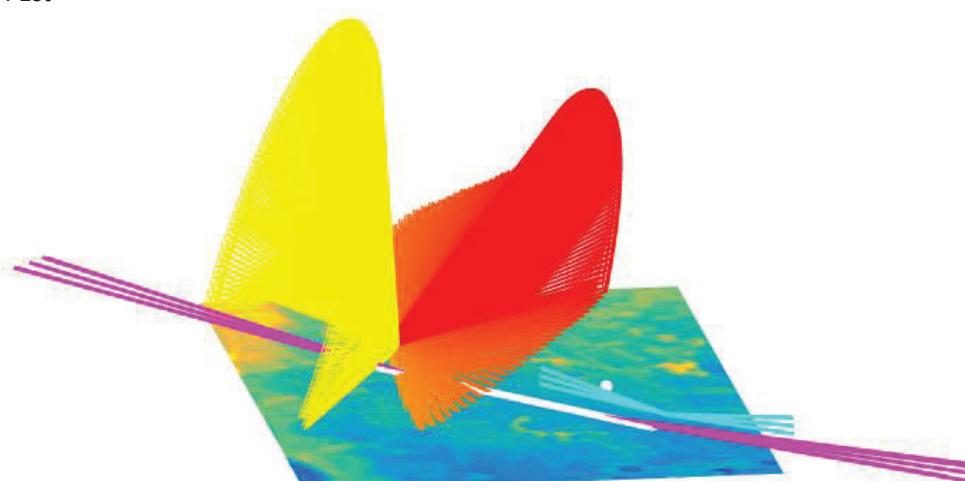


Vue du Nord



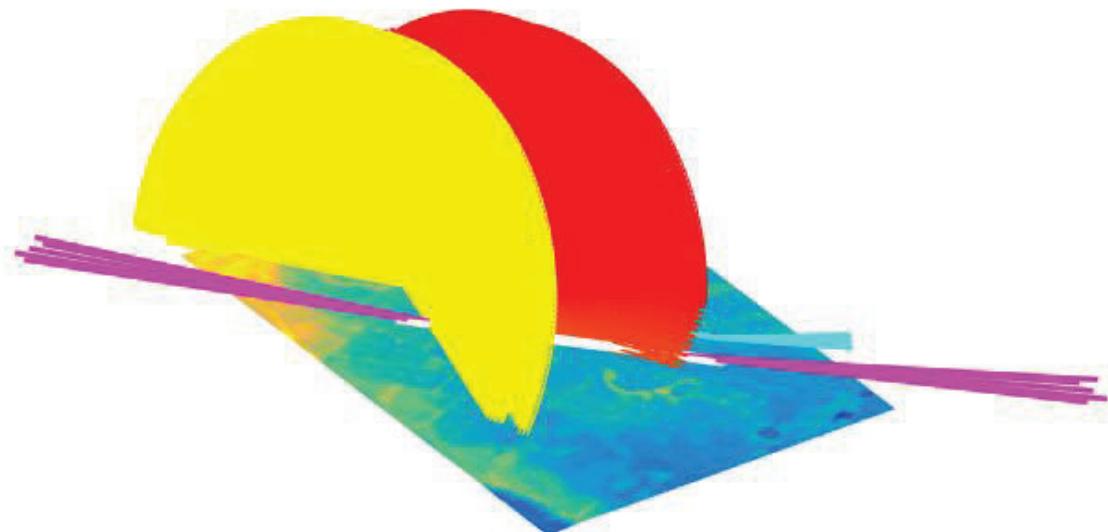
ZONE 2 : AZIMUT 180° - INCLINAISON 15°

Vue de l'Est

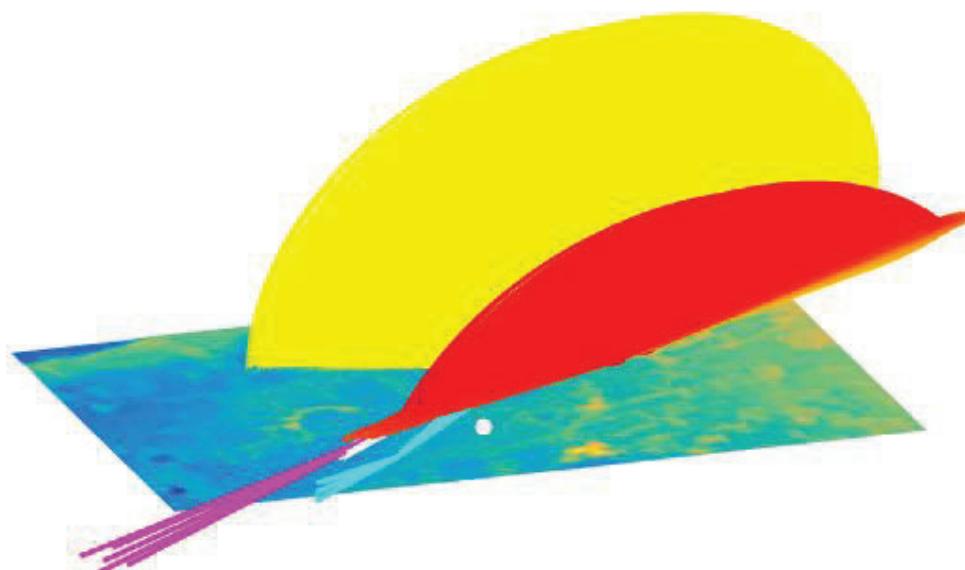


ZONES 3 ET 4 : AZIMUT 150° - INCLINAISON 15°

Vue de l'Est



Vue du Nord



SYNTHESE DE L'ANALYSE 3D

L'analyse 3D effectuée pour un nombre représentatif de points de réflexion montre que :

Zones 1 et 2 :

- La tour de contrôle (TWR) et l'approche FATO 23 ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent ;
- L'approche FATO 05 est localisé en dehors de la zone de protection si bien qu'aucune analyse n'est requise pour l'approche des hélicoptères.
- L'approche depuis le Nord-Est (RWY 23) n'est jamais impactée par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent pour les aéronefs ;
- L'approche depuis le Sud-Ouest (RWY 05) semble impactée par des rayons réfléchis ; il convient de confirmer ces impacts (la topographie, l'horizon lointain et la hauteur et le type des modules ne sont pas pris en compte dans cette analyse 3D, tout comme le fait que les rayons réfléchis puissent arriver dans le dos des pilotes) et, le cas échéant, de caractériser l'éblouissement pour les aéronefs.

Zones 3 et 4 :

- La tour de contrôle (TWR) et l'approche FATO 23 ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent ;
- L'approche FATO 05 est localisé en dehors de la zone de protection si bien qu'aucune analyse n'est requise pour l'approche des hélicoptères.
- Les approches depuis le Sud-Ouest (RWY 05) et Nord-Est (RWY 23) semblent impactées par des rayons réfléchis ; il convient de confirmer ces impacts (la topographie, l'horizon lointain et la hauteur et le type des modules ne sont pas pris en compte dans cette analyse 3D, tout comme le fait que les rayons réfléchis puissent arriver dans le dos des pilotes) et, le cas échéant, de caractériser l'éblouissement.

Modules PV	RWY 05	RWY 23
Zones 1 et 2	Eblouissement à confirmer/caractériser	Aucun risque d'éblouissement
Zones 3 et 4	Eblouissement à confirmer/caractériser	Eblouissement à confirmer/caractériser

Modules PV	FATO 05	FATO 23
Toutes zones confondues	Hors zone de protection → Analyse non requise	Aucun risque d'éblouissement

Modules PV	Tour de contrôle (TWR)
Toutes zones confondues	Aucun risque d'éblouissement

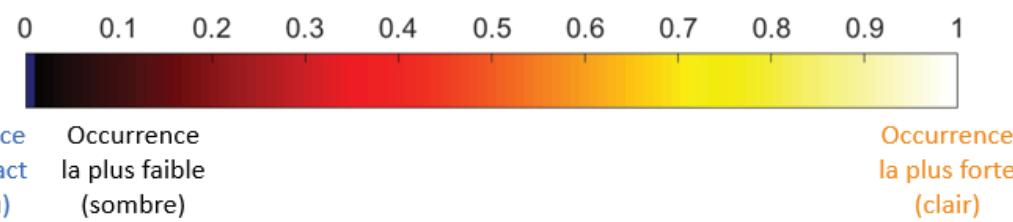
5.3. CARACTERISATION DES IMPACTS

Cette section présente les résultats des simulations effectuées à partir des entrées présentées précédemment ainsi que de l'hypothèse d'un ciel parfaitement clair, i.e. d'une couverture nuageuse nulle.

Pour chaque simulation, quatre visuels permettent de caractériser les rayons réfléchis pouvant générer de l'éblouissement :

- Localisation des trajectoires impactées par des rayons réfléchis ;
- Localisation des zones du générateur photovoltaïque générant ces rayons réfléchis ;
- Datation dans l'année des impacts identifiés ;
- Localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des pilotes.

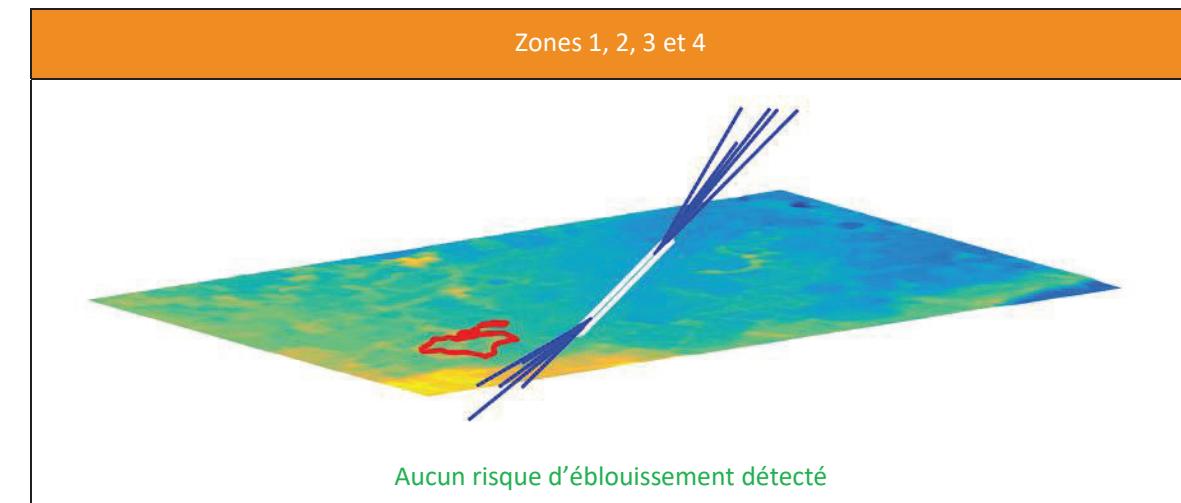
Un même code couleur est utilisé pour chaque visuel : plus la couleur est claire, plus l'occurrence des impacts est élevée, l'occurrence étant définie comme le nombre d'impacts identifiés par la simulation. Une occurrence nulle (i.e. absence d'impact) est indiquée en bleu.



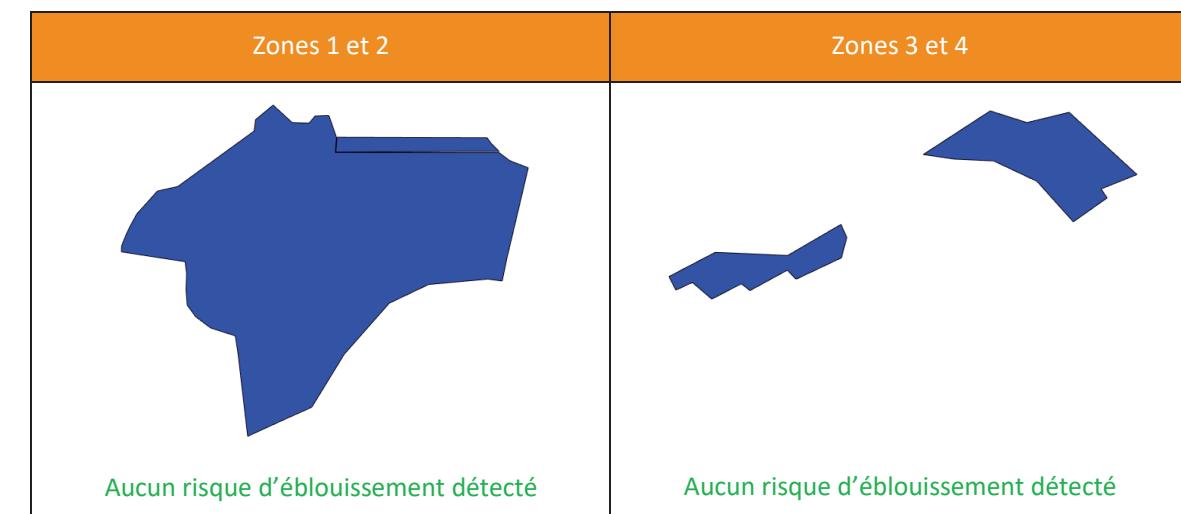
Il est à noter que les rayons réfléchis survenant dans le dos des pilotes ont été filtrés, ceux-ci n'étant pas considérés comme une source d'éblouissement.

APPROCHE RWY 05 POUR LES 4 ZONES

Les figures suivantes identifient les éléments de la trajectoire qui seront impactés par des rayons réfléchis.



Les figures suivantes identifient les zones du générateur photovoltaïque qui vont générer de l'éblouissement.

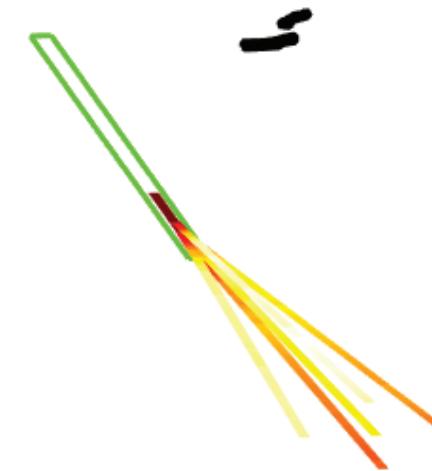


SYNTHESE DU CAS ETUDE

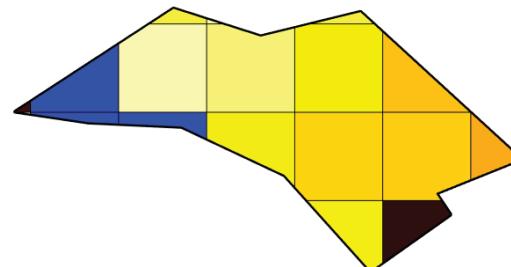
SYNTHESE DU CAS ETUDE	
Configuration PV	Ensemble des zones 1, 2, 3 et 4
Elément critique	Approche sur la RWY 05
Caractérisation de l'éblouissement	Risque d'éblouissement absent

APPROCHE RWY 23 POUR LES ZONES 3 ET 4

La figure suivante identifie les éléments de la trajectoire qui seront impactés par des rayons réfléchis.



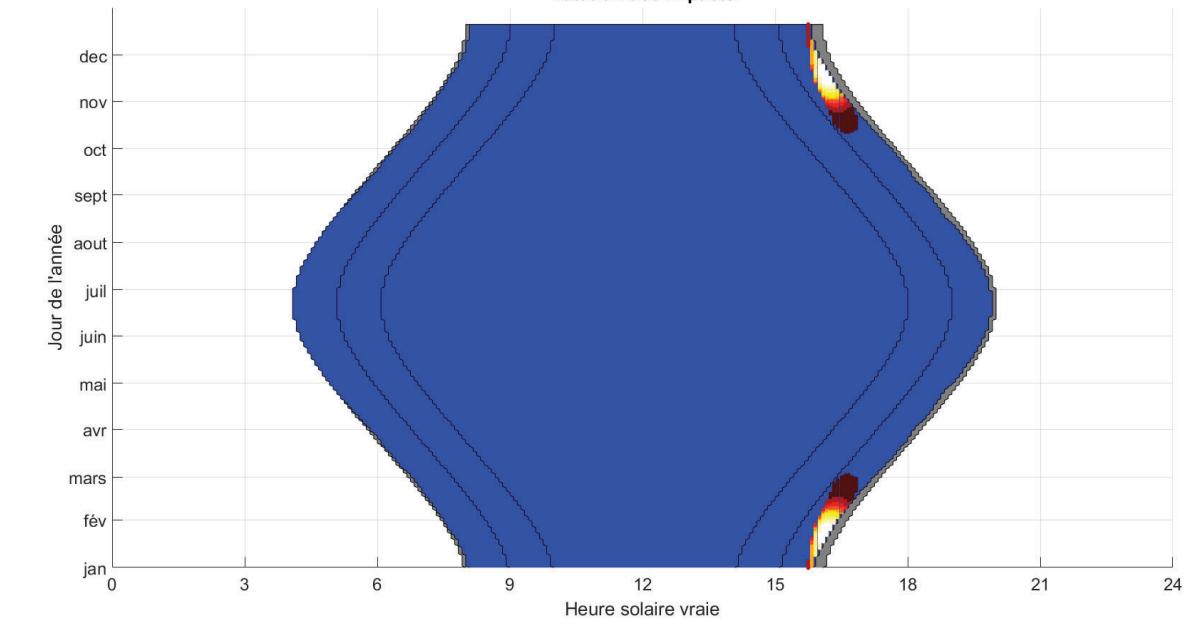
La figure suivante identifie les zones du générateur photovoltaïque à l'origine de ces rayons réfléchis.



La figure suivante présente tout au long de l'année la datation des occurrences identifiées.

- En abscisse, l'heure solaire vraie (soleil au zénith à midi) ;
- En ordonnée, le jour de l'année ;
- Eventuellement le relief lointain en gris ;
- Un risque nul est indiqué en bleu ;
- Les courbes en noir correspondent à +1 heure et +2 heures après le lever du soleil et avant son coucher.
- Les bords de la zone bleue correspondent aux lever et coucher du soleil, la forme rebondie traduisant le fait que la durée du jour est plus longue en été qu'en hiver.

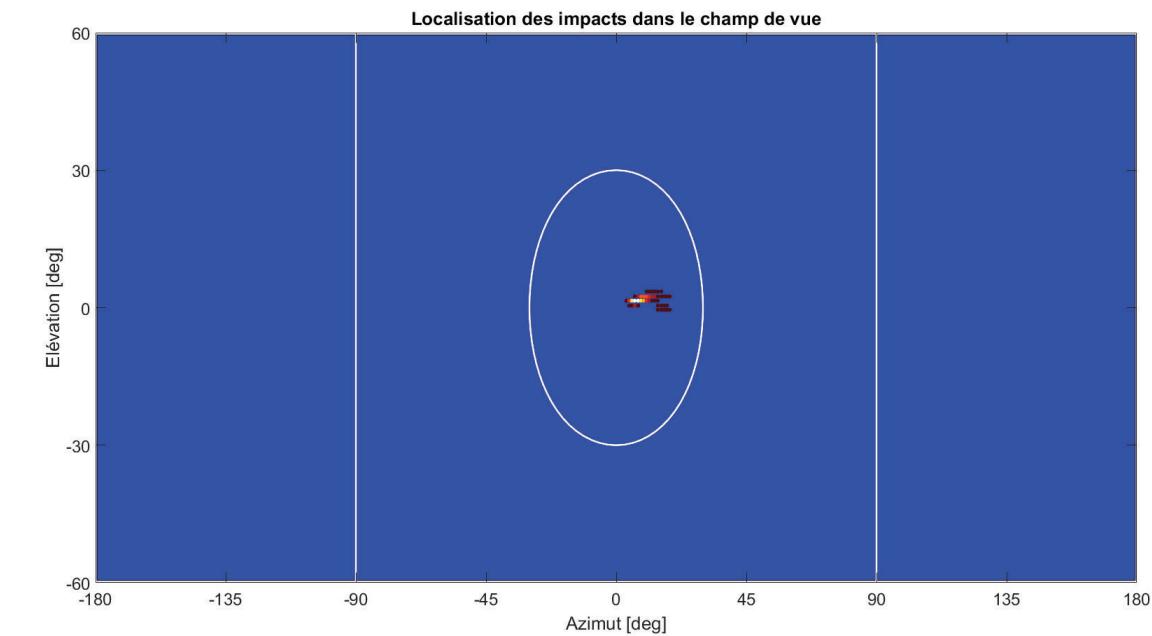
Datation des impacts



L'analyse montre que les impacts surviennent le soir, entre octobre et début mars, sur une durée journalière inférieure à 35 minutes.

La figure suivante présente la localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des pilotes :

- Le centre de la figure correspond au regard dans l'axe de la trajectoire ;
- L'axe des abscisses correspond à l'angle de la vision latérale (vers la gauche ou vers la droite par rapport à la trajectoire) ;
- L'axe des ordonnées correspond à l'angle d'élévation du regard (vers le haut ou vers le bas).
- Le cercle blanc correspond au seuil de 30° ; tout rayon réfléchi survenant dans ce cercle sera perçu en vision centrale de la personne.



L'analyse montre que les rayons réfléchis arriveront dans la vision centrale des pilotes (entre 4 et 19°).

SYNTHESE DU CAS ETUDE	
Configuration PV	Zones 3 et 4 : Azimut 150° - Inclinaison 15°
Elément critique	Approche sur la RWY 23
Période	Entre octobre et début mars
Durée journalière	< 35 minutes
Elévation solaire	[2 – 8°]
Distance au toucher de roues	[0 – 3 000 m]
Angle trajectoire / rayons	[4 – 19°]

Le tableau suivant présente en heure UTC (Universal Time Coordinated) la datation par quinzaine de l'éblouissement des pilotes ainsi que le champ de vue impacté.

Jour				UT min [HH:MM]	UT max [HH:MM]	FOV min [°]	FOV max [°]
01-janv	15-janv	1	15	15 : 18	15 : 39	3.8	14.7
16-janv	31-janv	16	31	15 : 29	16 : 3	3.8	18.7
01-févr	15-févr	32	46	15 : 43	16 : 29	3.8	18.7
16-févr	28-févr	47	59	15 : 59	16 : 34	8.9	18.7
01-mars	15-mars	60	74	16 : 18	16 : 23	17.5	18.5
16-mars	31-mars	75	90				
01-avr	15-avr	91	105				
16-avr	30-avr	106	120				
01-mai	15-mai	121	135				
16-mai	31-mai	136	151				
01-juin	15-juin	152	166				
16-juin	30-juin	167	181				
01-juil	15-juil	182	196				
16-juil	31-juil	197	212				
01-août	15-août	213	227				
16-août	31-août	228	243				
01-sept	15-sept	244	258				
16-sept	30-sept	259	273				
01-oct	15-oct	274	288	15 : 40	16 : 5	15.5	18.5
16-oct	31-oct	289	304	15 : 23	16 : 4	6.7	18.7
01-nov	15-nov	305	319	15 : 9	15 : 48	3.8	18.7
16-nov	30-nov	320	334	15 : 6	15 : 30	3.8	18.7
01-déc	15-déc	335	349	15 : 6	15 : 15	3.8	12.7
16-déc	31-déc	350	365	15 : 10	15 : 17	4.7	8.6

6. CONCLUSION

L'analyse montre que :

Zones 1 et 2 :

- La tour de contrôle (TWR) et l'approche FATO 23 ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent ;
- L'approche FATO 05 est localisé en dehors de la zone de protection si bien qu'aucune analyse n'est requise pour l'approche des hélicoptères.
- Les approches depuis le Sud-Ouest (RWY 05) et Nord-Est (RWY 23) ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent pour les aéronefs.

Zones 3 et 4 :

- La tour de contrôle (TWR) et l'approche FATO 23 ne sont jamais impactées par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent ;
- L'approche FATO 05 est localisé en dehors de la zone de protection si bien qu'aucune analyse n'est requise pour l'approche des hélicoptères.
- L'approche depuis le Sud-Ouest (RWY 05) n'est jamais impactée par des rayons réfléchis si bien que le risque d'éblouissement est absent pour les aéronefs.
- L'approche depuis le Sud-Ouest (RWY 05) est impactée par des rayons réfléchis, entre octobre et début mars sur une durée journalière inférieur à 35 minutes.

Modules PV	RWY 05	RWY 23
Zones 1 et 2	Aucun risque d'éblouissement	
Zones 3 et 4	Aucun risque d'éblouissement	Occurrences identifiées

Modules PV	FATO 05	FATO 23
Toutes zones confondues	Hors zone de protection → Analyse non requise	Aucun risque d'éblouissement

Modules PV	Tour de contrôle (TWR)
Toutes zones confondues	Aucun risque d'éblouissement

7. ANNEXES

- Lexique
- Carte aéronautique de l'aérodrome Strasbourg Entzheim (code OACI : LFST)

LEXIQUE

DGAC : Direction générale de l'aviation civile

DTHR : *Displaced runway threshold* (seuil de piste décalé)

FATO : *Final approach and take-off area* (aire d'approche finale et de décollage des hélicoptères)

LDA : *Landing distance available* (longueur de piste disponible pour un aéronef)

NIT : Note d'Information Technique relative aux avis de la DGAC sur les projets d'installations de panneaux photovoltaïques à proximité des aérodromes

PV : Photovoltaïque

OACI : Organisation de l'aviation civile internationale

QFU : Désigne l'orientation magnétique de la piste en degré par rapport au nord magnétique en tournant dans le sens horaire

RWY : *Runway* (piste)

THR : *Threshold runway* (seuil, bout de piste)

TOUCH : Point du toucher de roues théorique des aéronefs

TRACKER : dispositif motorisé de suivi du soleil permettant à des panneaux photovoltaïques d'optimiser leur production électrique

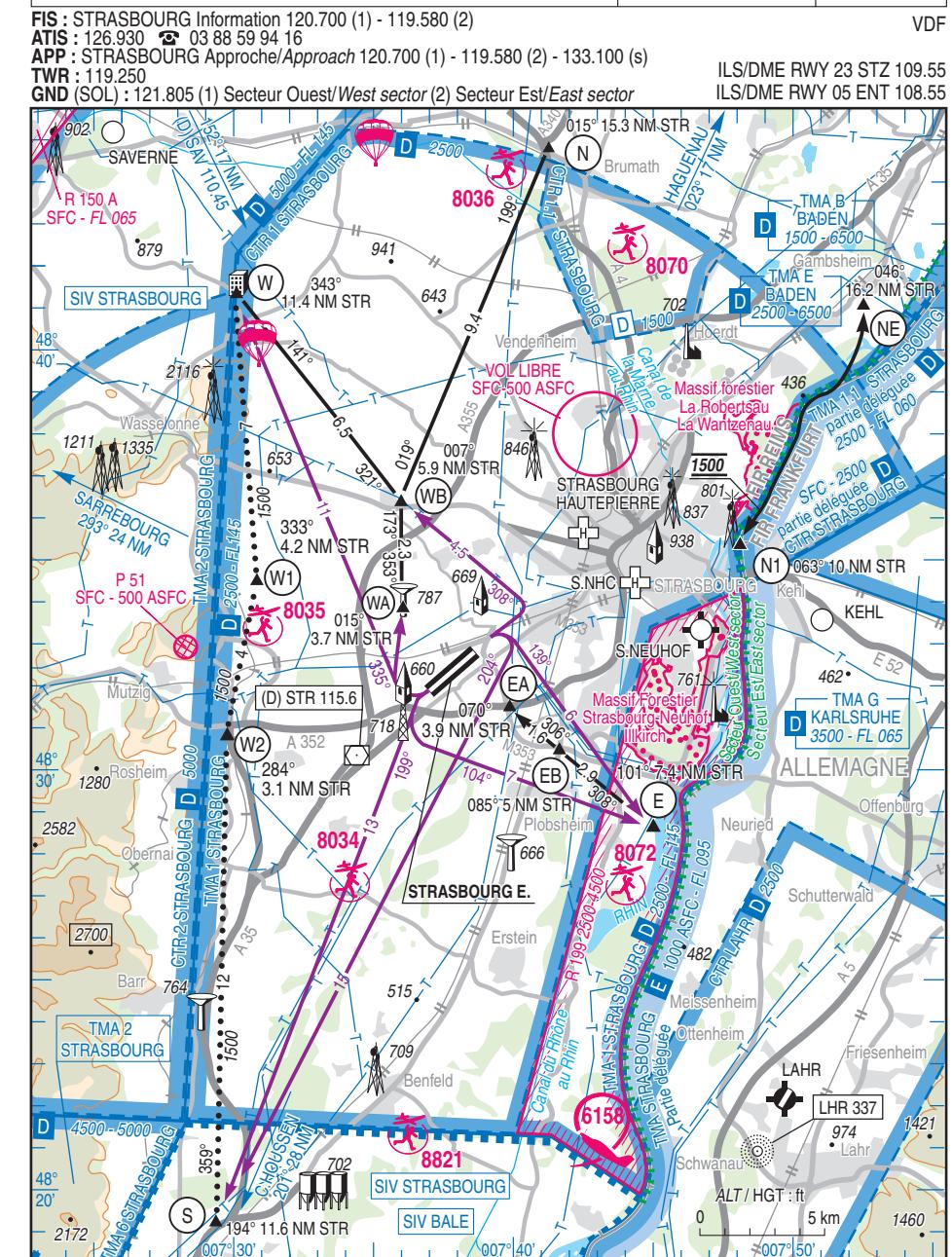
TWR : *Traffic Control Tower* (tour de contrôle des aérodromes)

APPROCHE A VUE Visual approach

Ouvert à la CAP
Public air traffic
07 SEP 23

STRASBOURG ENTZHEIM
AD 2 LFST APP 01

		ALT AD : 505 (19 hPa)	LFST
LAT : 48 32 31 N	VAR : 3°E (20)	LONG : 007 38 04 E	VDF
ILS/DME RWY 23 STZ 109.55	ILS/DME RWY 05 ENT 108.55		



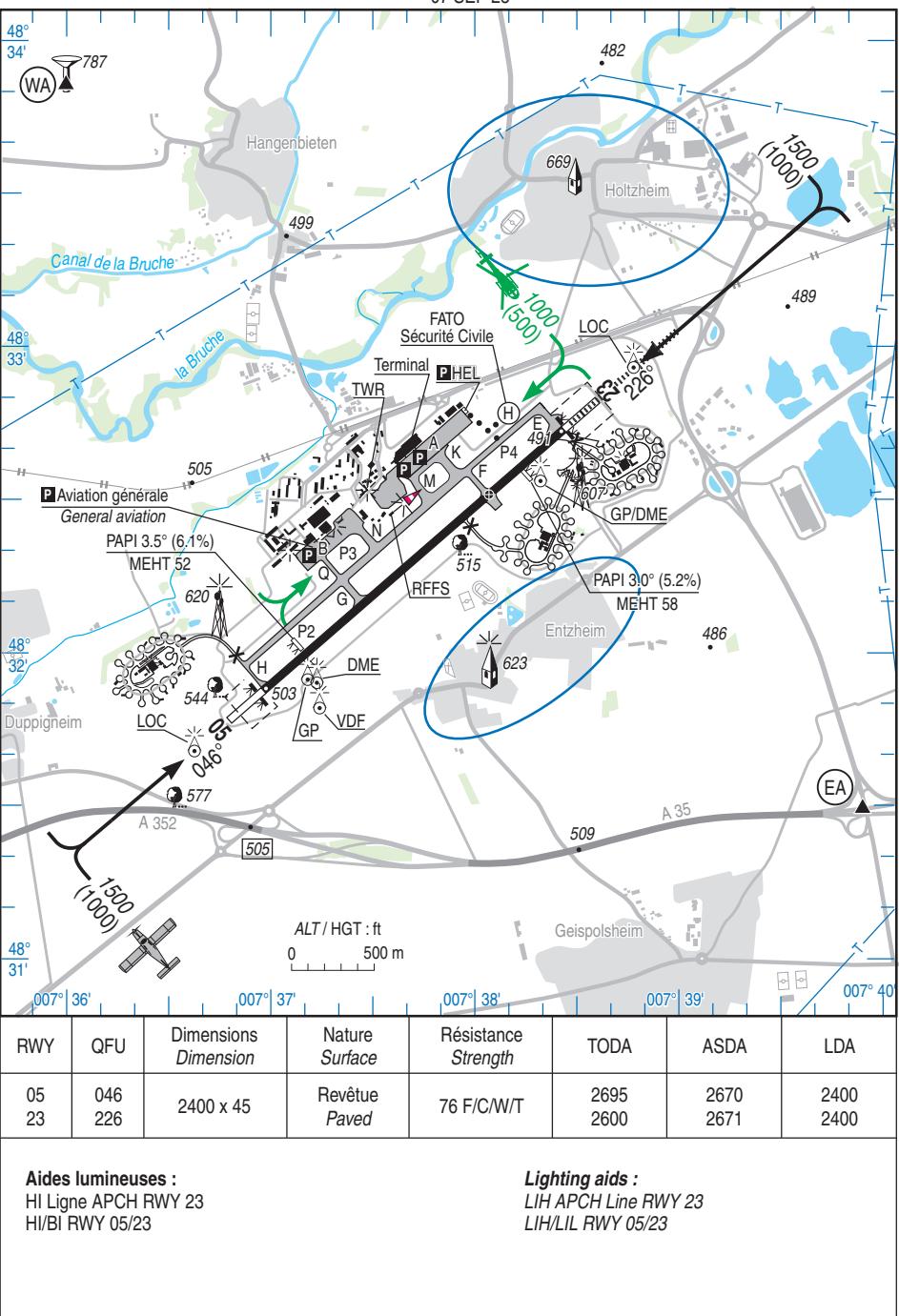
AMDT 10/23 CHG : suppression NDB SE.

© SIA

STRASBOURG ENTZHEIM
AD 2 LFST ATT 01

ATTERRISSAGE A VUE
Visual landing

07 SEP 23



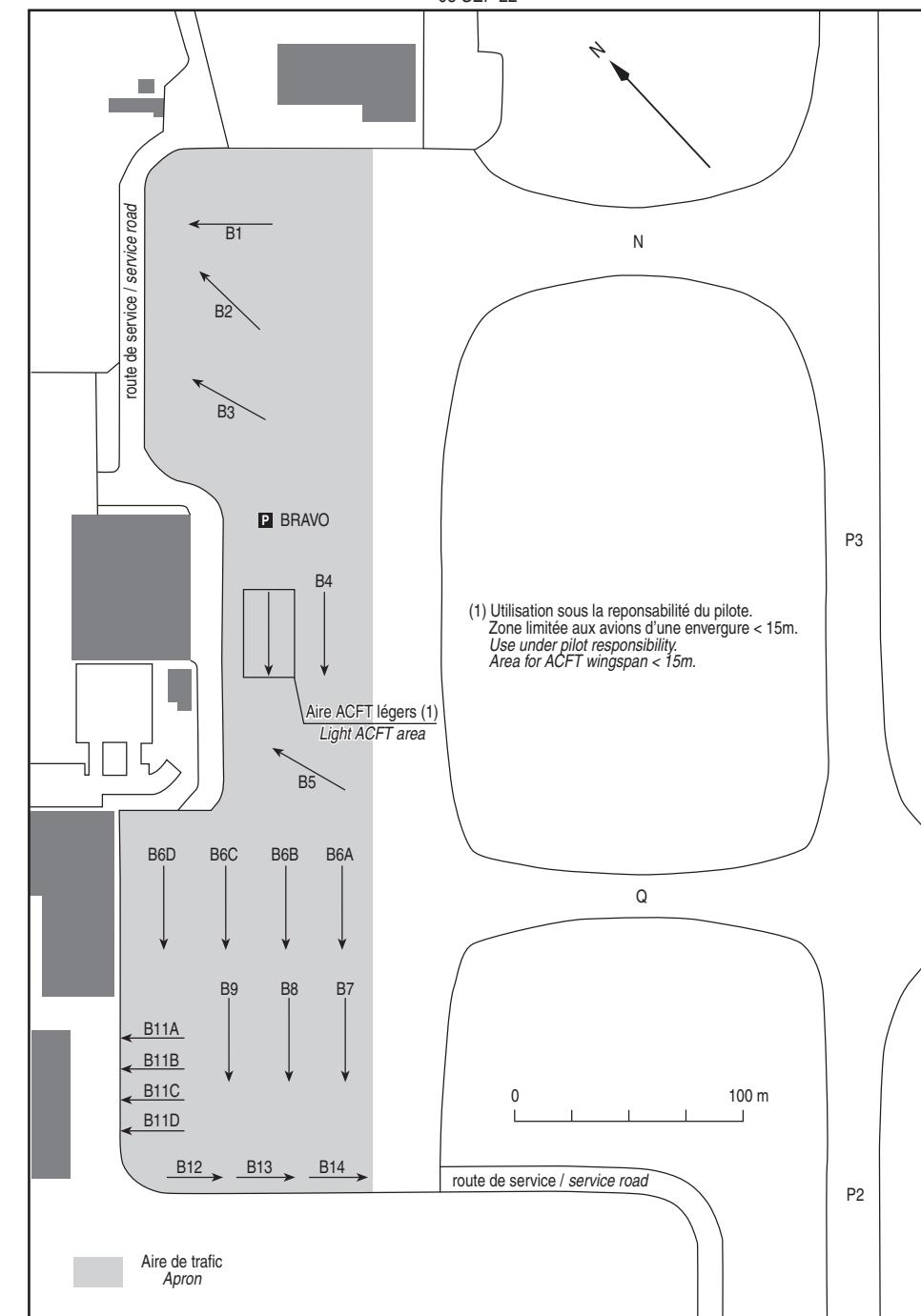
AMDT 10/23 CHG : PCN.

© SIA

AIRES DE STATIONNEMENT
Parking areas

STRASBOURG ENTZHEIM
AD 2 LFST APDC 01

08 SEP 22



AMDT 10/22 CHG : Suppression marques H sur postes B1, B3, B5, normalisation.

© SIA

STRASBOURG ENTZHEIM

Consignes particulières / Special instructions

Conditions d'utilisation de l'AD

FATO à usage exclusif de la Sécurité Civile et suivant instructions de Strasbourg TWR.

Interdit aux planeurs, motoplaneurs, aérostats et ULM.

ACFT du chapitre 2 de l'annexe 16 OACI : interdit H24.

Autres aéronefs :

TKOF interdits entre 2230 et 0500.

LDG interdits entre 2300 et 0500.

(ETE : - 1 HR).

En cas de retard d'un vol commercial passager programmé, dont la marge cumulée est inférieure à 10 EPNdB, au-delà des horaires précitées, la compagnie aérienne ou son représentant transmet sa demande à l'exploitant de l'AD (superviseur de service de la SASE joignable au 03 88 64 69 85) qui traite sa demande.

A l'ARR sur le parking Bravo notamment, les pilotes sont invités à vérifier qu'ils arrêtent correctement leur ACFT sur une barre d'arrêt visible depuis la gauche du cockpit.

Dangers à la navigation aérienne

Présence d'un obstacle de type clôture balisée d'une hauteur de 2,5 m dans la bande de piste à 120 m du seuil 05 entre les RDL 179° et 209° et entre les RDL 249° et 279°.

Procédures et consignes particulières

Procédure "réduction des séparations sur piste" applicable sur la piste 05/23 aux seuls aéronefs monomoteurs à hélice en vol VFR dans les conditions fixées par la réglementation nationale.

AD operating conditions

FATO exclusively used by the Civil Security and according to Strasbourg TWR clearances.

AD prohibited to gliders, motor-gliders, aerostats and ULM.

ACFT in chapter 2 of the ICAO annex 16 : prohibited H24.

Other ACFT :

TKOF prohibited from 2230 to 0500.

LDG prohibited from 2300 to 0500.

(SUM : - 1 HR).

For scheduled passenger commercial flights, which cumulative margin is lower than 10 EPNdB, delayed beyond aforementioned time restrictions, the airline or its local representative submits its request to the AD operator (SASE supervisor on duty, phone number : +33 3 88 64 69 85) that will process the request.

Particularly for ARR on apron Bravo, pilots are invited to check the ACFT is correctly parked on a stop bar visible on the left of the cockpit.

Air navigation hazards

Presence of a market fence with a height of 2.5 m in the RWY strip at 120 m from THR 05 between RDL 179° and 209° and between RDL 249° and 279°.

Procedures and special instructions

"Reduced runway separation minima" procedure applied RWY 05/23 for single-engine propellers only, flying on VFR under the conditions set by the national regulation.

STRASBOURG ENTZHEIM

-Points de compte rendu

-Reporting points

Points	Coordonnées Coordinates	Noms Names
N	48°44'54"N - 007°41'03"E	Echangeur autoroutier Brumath Nord A4/A340 Road intersection Brumath North A4/A340
N1	48°34'25"N - 007°48'06"E	Pont de l'Europe entre STRASBOURG et KEHL Europe's bridge between STRASBOURG and KEHL
NE	48°41'02"N - 007°52'32"E	Sud du village de / South of village GAMBSHEIM
E	48°28'37"N - 007°45'07"E	Base nautique / Nautical base PLOBSHEIM
EA	48°31'30"N - 007°39'55"E	Echangeur routier / Road intersection A35/D400
EB	48°30'30"N - 007°41'48"E	Echangeur routier / Road intersection RN83/RN353
S	48°19'16"N - 007°29'18"E	Echangeur routier / Road intersection A35/RN83
W	48°41'23"N - 007°29'56"E	Bâtiment industriel caractéristique Typical industrial building
WA	48°33'51"N - 007°36'00"E	Château d'eau / Water tower KOLBSHEIM
WB	48°36'10"N - 007°35'45"E	Village ITTENHEIM sur RN4 ITTENHEIM town on RN4
W1	48°34'10"N - 007°31'41"E	Village ERGERSHEIM D30/D45 ERGERSHEIM town intersection D30/D45
W2	48°31'12"N - 007°29'52"E	Echangeur routier / Road intersection A352 /D500 DORLISHEIM

Arrivées VFR :

La clairance de pénétration dans la CTR est demandée à STRASBOURG TWR 2 min avant d'y entrer.

Sauf clairance contraire, les ACFT suivront les itinéraires suivants :

- Provenance de l'EST ou du SUD : E - EB - EA
- Provenance de l'OUEST : W - WB - WA
- Provenance du NORD : N - WB - WA

Départs VFR :

Sauf clairance contraire, les aéronefs suivront les itinéraires publiés.

Transit VFR :

Sauf clairance contraire, les VFR en transit entre N1 et NE doivent voler à une altitude de 1500ft.

Vols d'entraînement :

Les vols d'entraînement des ACFT en régime IFR ou VFR sont interdits (ETE : -1 HR) :

- tous les jours entre 2100 et 0700,
- les samedis après 1500,
- les dimanches et jours fériés (y compris en droit local).

En dehors de ces interdictions tous les vols d'entraînement sont soumis à l'autorisation préalable de l'exploitant de l'AD.

VFR arrivals:

CTR entry clearance is requested to STRASBOURG TWR 2 min before entering.

Except opposite clearance, ACFT must follow these routes :

- Arrivals from EAST or SOUTH : E - EB - EA
- Arrivals from WEST : W - WB - WA
- Arrivals from NORTH : N - WB - WA

VFR departures:

Except opposite clearance, ACFT must follow the published routes.

VFR transit:

Unless otherwise stated, VFR on transit between N1 and NE must fly at an altitude of 1500ft AMSL.

Training flights:

IFR or VFR training flights are prohibited (SUM : -1 HR) :

- everyday from 2100 to 0700,
- on Saturdays after 1500,
- on Sundays and public holidays (including extra local public holidays).

Apart from the above mentioned prohibited times, all training flights are subject to PPR from the AD operator.

STRASBOURG ENTZHEIM

VFR Spécial

Les ARR et DEP se font uniquement par W et E.
EB et WB seront les points de clairance limite pour les arrivées de VFR Spécial.

En présence de trafic IFR :

VIS : 3000 m MNM. Plafond : 700 ft.

VFR de nuit

Départs :

- Via W : monter à 2000 ft AMSL dans le circuit de piste, puis rejoindre W en montée vers 3200 ft AMSL MNM. Atteindre 4300 ft AMSL à SAVERNE.

- Via S : monter à 2000 ft AMSL dans le circuit de piste. Atteindre S à 4700 ft AMSL.

Arrivées :

- Par l'OUEST : contacter STRASBOURG APP avant SAVERNE. Rejoindre W à 3200 ft AMSL MNM, rejoindre WB puis WA en descente vers 2000 ft AMSL.

- Par le SUD : contacter STRASBOURG APP à S à 4700 ft AMSL MNM, rejoindre EB puis EA en descente vers 2000 ft AMSL.

Consignes particulières de radiocommunication

Avant pénétration dans la CTR 2 Strasbourg, contacter :
- Strasbourg Tour 119.250 MHZ pour une altitude inférieure à 2500ft.

- Strasbourg Approche 120.700 MHZ pour une altitude supérieure ou égale à 2500ft.

Panne de radiocommunication :

VFR de jour et VFR de nuit

Essayer de contacter la TWR par téléphone au 03 88 59 63 13 et appliquer la réglementation nationale.

Equipement AD

Equipement de surveillance des trafics : aérodrome équipé d'un radar primaire et secondaire.

Activités diverses

Vol libre et AEM à Mundolsheim jusqu'à 500 ft ASFC.

Special VFR

ARR and DEP only by W and E.
EB and WB will be Special VFR clearance limit points.

With IFR traffic :

VIS : 3000 m MNM. Ceiling : 700 ft.

Night VFR

Departures :

- Via W : climb at 2000 ft AMSL in the AD pattern, then join W climbing up to 3200 ft AMSL MNM. Reach 4300 ft AMSL at SAVERNE.

- Via S : climb at 2000 ft AMSL in the AD pattern. Reach S at 4700 ft AMSL.

Arrivals :

- From WEST : contact STRASBOURG APP before SAVERNE. Join W at 3200 ft AMSL MNM, join WB then WA descending to 2000 ft AMSL.

- From SOUTH : contact STRASBOURG APP at S at 4700 ft AMSL MNM, join EB then EA descending to 2000 ft AMSL.

Special radiocommunication instructions

Before penetrating into Strasbourg CTR 2 contact :
Strasbourg TWR 119.250 MHZ for an altitude below 2500ft AMSL.

Strasbourg APP 120.700 MHZ for an altitude above or equal to 2500ft AMSL.

Radiocommunication failure :

Day VFR and Night VFR

Try to contact TWR by phone 03 88 59 63 13 and apply the national rules.

AD equipment

Traffic surveillance equipment : AD equipped with primary and secondary surveillance radar.

Special activities

Free flight and AEM at Mundolsheim up to 500 ft ASFC.

STRASBOURG ENTZHEIM

Informations diverses / Miscellaneous

Horaires sauf indication contraire / Timetables unless otherwise specified
UTC HIV ; HOR ETE : - 1 HR / UTC WIN ; SUM SKED : - 1 HR

1 - Situation / Location : 10 km WSW Strasbourg (67 - Bas Rhin).

2 - ATS : H24.

Aérodrome de STRASBOURG ENTZHEIM, 67960 Entzheim - FAX : 03 88 59 91 20.
E-mail : strasbourg.atm-procedures@aviation-civile.gouv.fr

3 - VFR de nuit / Night VFR : Agréé / Approved.

4 - Exploitant d'aérodrome / AD operator : Société de l'aéroport STRASBOURG-ENTZHEIM
Aéroport International Strasbourg
67960 ENTZHEIM
standard (switchboard) TEL : 03 88 64 67 67.

5 - CAA : DSAC Nord-Est.

6 - BRIA : BORDEAUX (voir / see GEN).

7 - Préparation du vol / Flight preparation : RSFTA / AFTN.

Acheminement FPL VFR / Addressing VFR FPL : voir / see GEN 12.

8 - MET : VFR : voir / see GEN VAC ; IFR : voir / see AIP GEN 3.5 ; Station : NIL.

9 - Douanes, Police / Customs, Police : 0500-2200 et avec PN de 24 HR pour HOR nuit.
0500-2200 and with PN 24 HR for night SKED.

10 - AVT : Carburants / Fuel : 100LL-JET A1.
Lubrifiants / Lubricants : NIL.
TEL : 03 88 64 67 78.

SHELL AVIATION :

DIM-VEN / SUN-FRI : 0430-2130 - SAM / SAT : 0430-2030.

En dehors de ces HOR, sur déclenchement de l'astreinte (Forfait 300 € selon cas), AVT assuré aux seuls vols commerciaux programmés ou retardés, ainsi qu'aux vols d'Etat et aux EVASAN.
(Astreinte TEL : 03 88 64 69 33).

Outside these SKED, after setting off on duty personnel (300 € lump sum), refuelling provided only for scheduled and delayed commercial flights, Government owned ACFT and medical assistance.

(Phone Standby TEL : 03 88 64 69 33). Paiements acceptés / Accepted payments :

Espèces / Cash : MAX 3000 €.

Cartes de Crédit / Credit Cards : Carte Bleue, Visa, Mastercard.

Cartes de Crédit Aviation / Aviation Credit Cards : Shell carnet, Avocard, Aerofuel overseas, Air routing, Colt, Netjets, Uvair, World fuel services AEG, Rockwell Collins .

11 - RFFS : Du 1er NOV au 31 MAR :

From 1st NOV to 31st MAR :

- 0500-2255 : niveau 7,

- 2255-0500 : niveau 5.

Du 1er AVR au 31 OCT :

From 1st APR to 31st OCT :

- 0400-2155 : niveau 7.

- Modulation possible sur demande dans un délai de 48 H en jour ouvré : niveau 8.

- Extension possible O/R P/N 48 HR working day : level 8.

12 - Péril animalier / Wildlife strike hazard : Permanent.

13 - Hangars pour aéronefs de passage / Transient aircraft hangars : NIL.

14 - Réparations / Repairs : NIL.

15 - ACB : CASE (Cercle Aéronautique de Strasbourg-Entzheim) TEL : 03 90 29 74 59.

16 - Transports : Train, taxis, location de voitures sans chauffeur / Train, taxis, self-drive car rental.

17 - Hotels, restaurants : Hôtels à proximité / in the vicinity. Restaurants sur / on AD.

18 - Divers / Miscellaneous : GRF : Service d'évaluation et de report de l'état de surface de piste / Global Reporting Format : 0500 - 2300.

Assistance / Handling :

STRASBOURG HANDLING TEL : 03 88 64 73 93 / 06 34 56 45 76.

FAX : 03 88 64 67 92.

SITA : SXBOPXH.

E-mail : sxb.executive@aviapartner.aero

Annexe 7ter : Note en vue de la consultation du Guichet unique de la DGAC sur le projet photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg modifié (conformément à la NIT v6)

Note en vue de la consultation du Guichet unique de la DGAC sur le projet photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg modifié, conformément à la NIT v6



Table des matières

1.	Introduction	3
2.	Présentation du projet modifié.....	3
3.	Analyse des risques entre la centrale solaire et l'aéroport de Strasbourg-Entzheim conformément à la NIT v6	7
3.1.	Obstacles à la circulation aérienne.....	7
3.1.1.	Plan de servitudes (PSA) et dégagements aéronautiques.....	7
3.1.2.	Plan de servitudes radioélectriques (PSR).....	8
3.1.2.1.	VOR-DME et NDB.....	9
3.1.2.2.	LOC 05 et GP & DME 23.....	10
3.1.2.3.	LOC 23, GP 05, DME 05 et VDF	10
3.1.2.4.	Servitude radioélectrique de protection contre les obstacles PT2 pour le radar primaire	12
3.1.2.5.	Servitude radioélectrique de protection contre les obstacles PT2, relative au Centre d'émission-réception déporté (CED) du Centre de contrôle de Strasbourg-Entzheim	15
3.1.2.6.	Servitude radioélectrique de protection contre les obstacles PT2, relative au radiophare d'alignement (LOCALIZER de l'ILS) en piste 23 de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim	16
3.2.	Observations météorologiques	16
3.3.	Alimentation électrique de l'aérodrome	17
3.4.	Risque animalier	17
3.5.	Visibilité pour les pilotes au sol	17
3.6.	Visibilité pour le PSCA.....	18
3.7.	Intervention des secours et plan d'urgence	19
3.8.	Sûreté de l'aérodrome.....	19
3.9.	Maîtrise de la sécurité tout au long du projet.....	19
3.9.1.	Maîtrise des risques associés aux travaux.....	19
3.9.2.	Maîtrise des risques associés à la maintenance des panneaux photovoltaïques	21
4.	Avis préliminaire du SNIA sur le projet actualisé	22

1. Introduction

Afin de lutter contre le réchauffement climatique, développer les énergies renouvelables est indispensable. C'est pourquoi, avec la volonté de promouvoir l'emploi, la souveraineté énergétique et la cohésion des territoires, **le gouvernement a lancé en 2018 la démarche « Place au soleil » afin d'accélérer le développement du solaire en France**. Celle-ci a permis de mobiliser les détenteurs de grands fonciers artificialisés inutilisés comme le ministère des Armées pour qu'ils produisent de l'énergie solaire. **Le ministère des Armées s'est alors engagé à mettre à disposition plus de 2 000 hectares de terrains avant 2025 pour développer des projets photovoltaïques.** Cela s'est concrétisé par des Appels à Manifestation d'Intérêt lancés au niveau national.

C'est dans ce cadre qu'EDF Renouvelables a été désigné lauréat en avril 2021 par le ministère des Armées pour développer, construire et exploiter un projet photovoltaïque sur le site de la zone de desserrement de Strasbourg, qui jouxte les terrains d'implantation de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim.

Depuis lors, EDF Renouvelables a mené toutes les démarches et études nécessaires à la constitution des dossiers de demande de permis de construire et d'autorisation environnementale, respectivement déposés en décembre 2022 et avril 2023.

Les échanges avec la DGAC durant l'instruction de ceux-ci nous ont amené à faire évoluer le projet afin d'assurer la compatibilité de la centrale avec les installations aéroportuaires voisines (cf. §4).

D'autre part, une nouvelle **mise à jour de la note d'information technique (NIT v6)** est parue en **octobre 2024**, précisant les dispositions relatives aux avis de la DGAC sur les projets photovoltaïques situés sans l'emprise ou dans l'environnement proche des aérodromes. Elle concerne notamment les projets photovoltaïques situés à moins de 2km des limites de l'emprise d'un aérodrome et dont la surface de panneaux est supérieure à 2500m² (cas n°2 tel que défini au §2.3 de la NIT v6) comme le projet photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg.

Par conséquent, **le présent document regroupe les analyses effectuées en vue de s'assurer que le projet modifié de la centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg ne crée pas de risques pour la sécurité aérienne et l'exploitation aéroportuaire, conformément à la NIT v6.**

2. Présentation du projet modifié

Le projet photovoltaïque s'étend sur 21,25 ha (zone clôturée) sur les communes d'Entzheim et Duppigheim, dans le département du Bas-Rhin en région Grand Est. Il atteindra une puissance totale de 27,44 MWc (au lieu de 28.34MWc initialement), permettant d'alimenter environ 13 500 habitants.

Commune	Section cadastrale	Numéro de parcelle	Surface cadastrée	Propriétaire
Entzheim	6712400006	0373	8 ha	Ministère des armées
		0418		
		0420		
Duppigheim	6710800062	0684	17 ha	

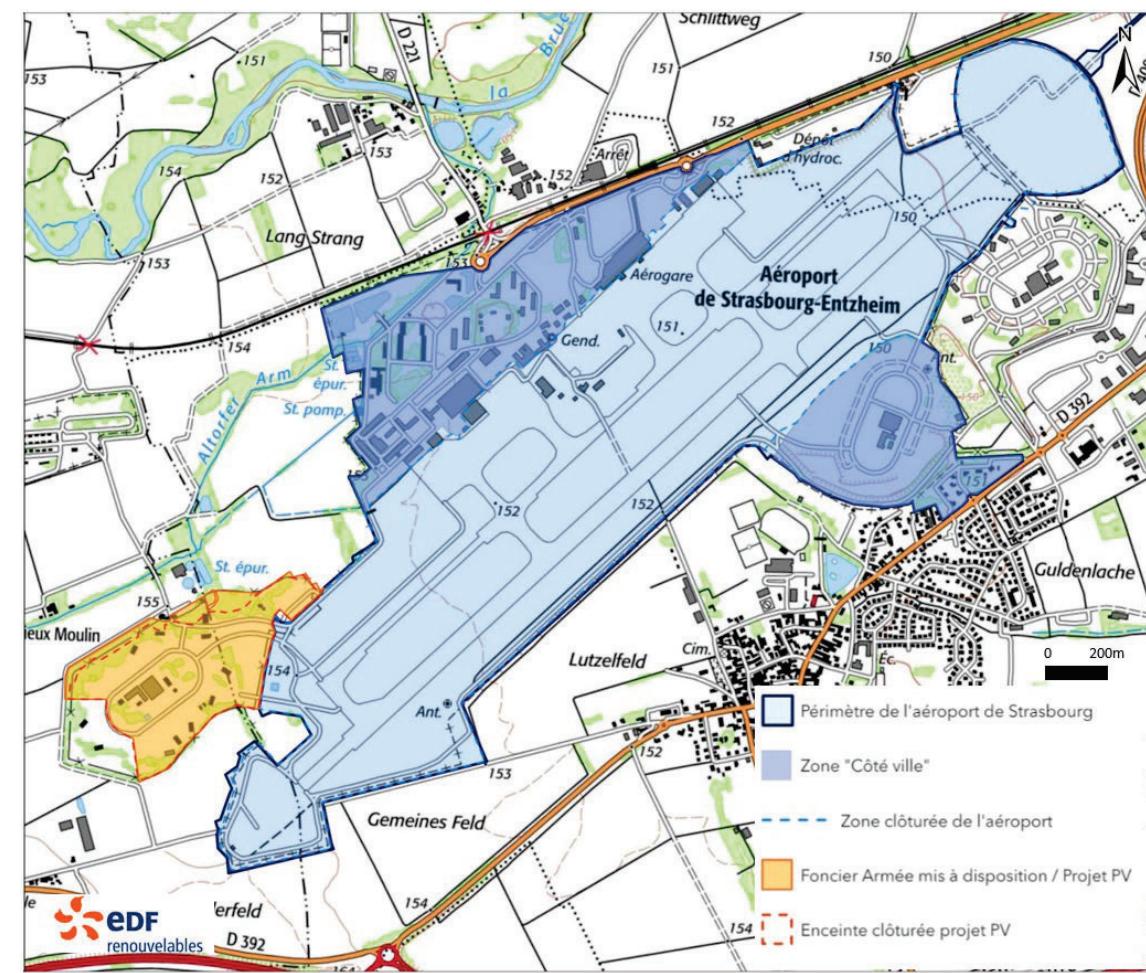
Parcelles concernées par le projet photovoltaïque

Le site d'étude est une ancienne base militaire, située à proximité immédiate de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim en périphérie urbaine. La base a fermé ses portes en septembre 1994 avant d'être désaffectée. Elle accueillait plusieurs escadrons de chasseurs de reconnaissance. Plusieurs bâtiments abandonnés sont présents tels que :

- des hangars ayant abrité des avions,
- des ateliers d'entretien,
- des locaux semi-enterrés,
- des équipements d'entreposage et de desserte de carburants.

Le reste du site est principalement composé de dalles béton et d'une végétation en friche. Des zones enherbées, des bosquets, des buissons et quelques boisements humides recouvrent le sol, lorsque celui-ci n'est pas artificialisé.

La carte ci-dessous représente en orange l'emprise foncière mise à disposition par l'armée pour le projet photovoltaïque avec la clôture de la centrale solaire en pointillé rouge, et en bleu la délimitation de l'aéroport de Strasbourg :



Le site d'implantation de la centrale solaire est intégralement situé en dehors de l'emprise de l'aéroport de Strasbourg.

Le design actualisé de la centrale photovoltaïque intègre des modifications sollicitées par les services de la DGAC/DSNA/DTI pour répondre à des enjeux radioélectriques. Ces modifications, par rapport au projet tel que déposé en décembre 2022, se limitent à :

- la suppression de 2 lignes de structures,
- l'inclinaison à 15° (contre 10°) de 3 autres lignes de structures au Sud-Est du radar,
- et à l'orientation Sud-Est des quelques structures situées au Nord-Est de la latitude 48°32'01.29".

Ces modifications sont sans impacts sur les autres enjeux du projet, l'emprise de ce design étant notamment légèrement réduite.

Le plan d'implantation actualisé est présenté en page suivante.



3. Analyse des risques entre la centrale solaire et l'aéroport de Strasbourg-Entzheim conformément à la NIT v6

Le paragraphe 3 de la NITv6 précise les risques à prendre en compte pour l'installation d'une centrale photovoltaïque située dans l'emprise ou dans l'environnement proche d'un aérodrome.

Ces risques, au nombre de neuf, sont étudiés dans les paragraphes suivants, spécifiquement dans le cas de la centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg telle que décrite ci-avant.

3.1. Obstacles à la circulation aérienne

3.1.1. Plan de servitudes (PSA) et dégagements aéronautiques

Le Plan de Servitudes Aéronautiques publié sous Géoportail fait apparaître un périmètre d'appui structuré autour d'une bande de piste de 150 mètres de demi-largeur.

En outre, les surfaces latérales de dégagement s'élèvent de part et d'autre de la bande de piste à 14,3%. De ce fait, pour pouvoir implanter un obstacle de 2 mètres de haut, taille des clôtures de la centrale PV, il faut s'éloigner de 14 mètres. Cette limite de proximité est représentée sur la vue ci-dessous par la ligne verte.

Comme le montre cette même vue, la centrale PV se trouvera à 110 mètres au plus près de cette ligne.



Édité par la DGAC, le Plan de Servitudes Aéronautiques (PSA) a pour objectif de protéger les mouvements des avions en approche finale, à l'atterrissement, au décollage et en montée initiale. Le PSA de Strasbourg-Entzheim est illustré sur la carte ci-dessous.

Une autre façon de mesurer la marge par rapport à la surface latérale de dégagement consiste à évaluer la hauteur de la surface latérale de dégagement au-dessus de la centrale PV.



Cette vue extraite de Géoportail montre qu'à l'entrée de la zone de la centrale, la surface latérale de dégagement est proche de 183,5 mètres (le calcul exact donne 180,2 mètres à la verticale de la clôture).

Par ailleurs, visible dans le cartouche en haut à gauche de cette même vue, l'altitude topographique du sol sur lequel la centrale sera implantée est inférieur à 155 mètres (zone plane) et aucun élément de la centrale ne dépasse 5 mètres de haut, si bien que la centrale restera en-deçà d'une altitude topo de 160 mètres.

Il a donc une marge de plus de 20 mètres entre la surface latérale de dégagement et tout élément de la centrale PV.

La centrale solaire respectera donc le PSA et les dégagements de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim.

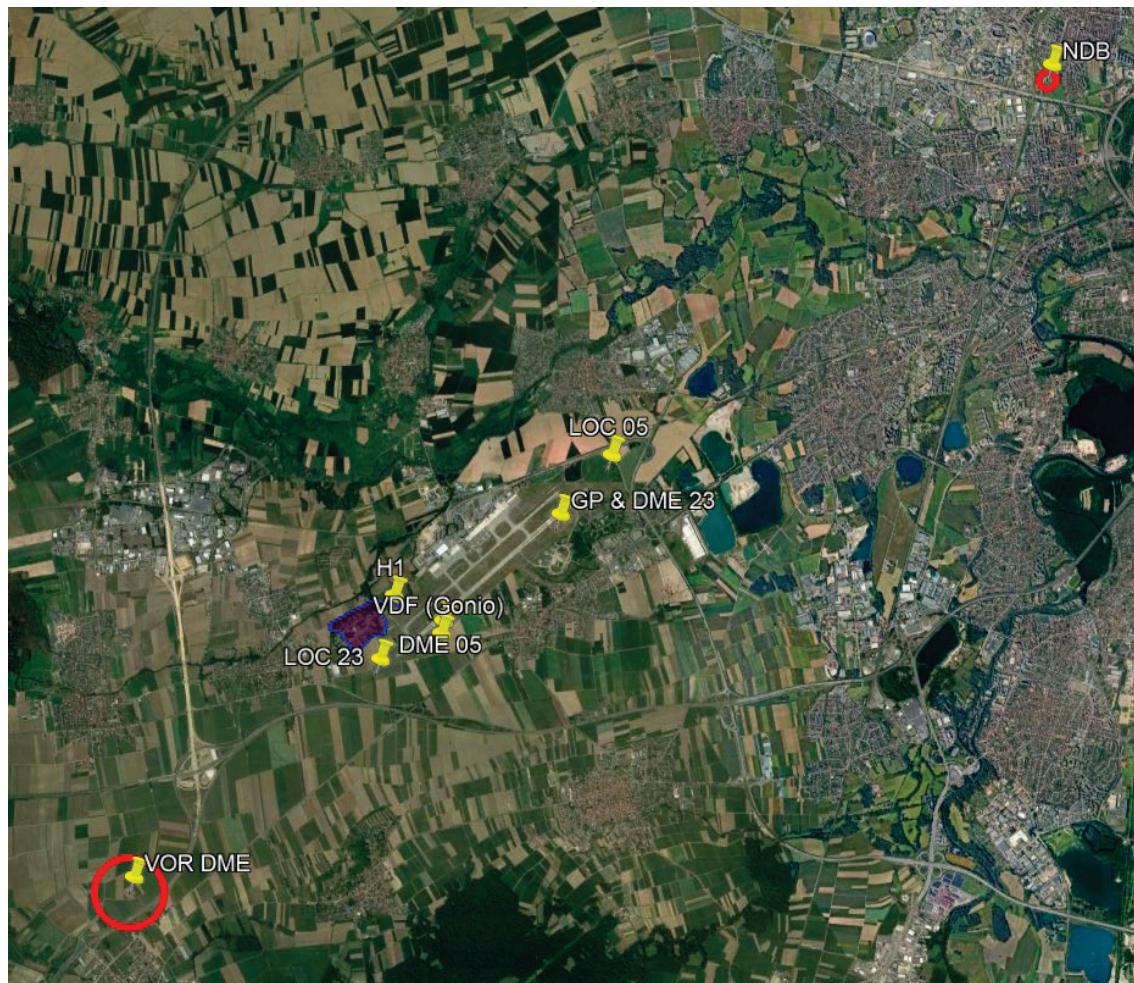
3.1.2. Plan de servitudes radioélectriques (PSR)

L'aéroport de Strasbourg Entzheim est doté de nombreux équipements de radionavigation listés dans le tableau ci-dessous, extrait du site du SIA.

Type (CAT ILS)	ID	FREQ	HOR	Position GEO	ALT au pied Root ALT	Portée Coverage	RDH (pente) (slope)	Situation Location
VOR-DME	STR	115.6 MHz CH 103X	H24	48°30'19.4"N 007°34'19.1"E	577 ft	150NM(135°..225°), 60NM(045°..135°) 100NM FL500		
LOC 05 (I.E.1)	ENT	108.55 MHz	H24	48°32'55.7"N 007°38'46.3"E	489 ft			048°/566 m THR 23
GP 05		329.75 MHz	H24	48°31'54.8"N 007°37'10.9"E	503 ft		15.7 m/52 ft (3.5 °)	074°/282 m THR 05
DME 05		CH 22Y	H24	48°31'54.2"N 007°37'12.2"E	516 ft	25NM FL250		079°/303 m THR 05
LOC 23 (III.E.4)	STZ	109.55 MHz	H24	48°31'40.2"N 007°36'36.9"E	508 ft			228°/568 m THR 05
GP 23		332.45 MHz	H24	48°32'33.8"N 007°38'17.7"E	491 ft		17.3 m/57 ft (3 °)	208°/343 m THR 23
DME 23		CH 32Y	H24	48°32'33.8"N 007°38'17.7"E	537 ft	25NM FL250		208°/341m THR23

Chacun d'entre eux est associé à des servitudes radioélectriques que la centrale PV doit naturellement respecter. Il faudra ajouter à cette liste deux équipements qui n'y figurent pas mais qui seront abordés dans ce même chapitre : le VDF (Gonio) et le radar primaire de surveillance aérienne. L'analyse qui suit a notamment été réalisée à partir du PSR fourni par l'aéroport à notre demande.

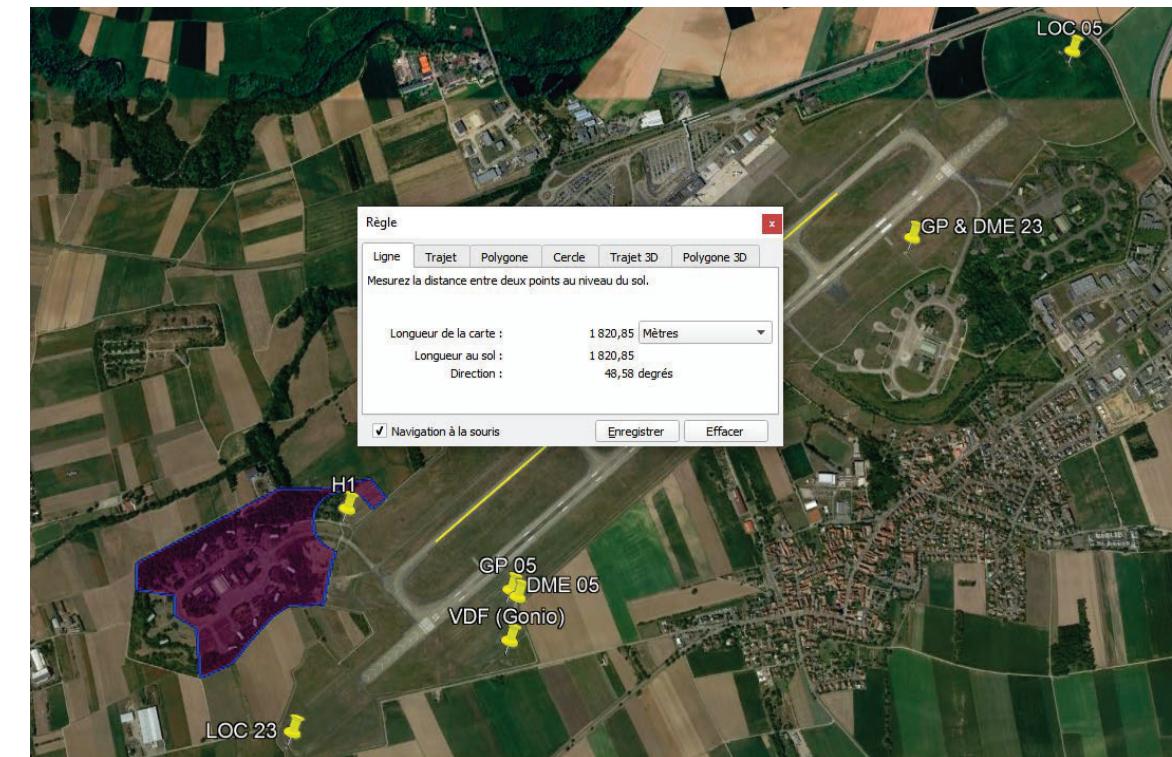
3.1.2.1. VOR-DME et NDB



La vue ci-dessus montre l'ensemble des aides de radionavigation à prendre en compte :

- Le NDB est situé dans le 048° pour 3,94NM du seuil 23, dans le coin nord-est. Or, la servitude associée à cet équipement est un cercle de 100 mètres de rayon, visible en rouge. La présence de la centrale PV n'impactera en rien ce NDB.
- De même, dans le coin sud-ouest, on distingue le VOR-DME, situé dans le 228° pour 2,34NM du seuil 05. Or, la servitude associée à cet équipement est un cercle de 400 mètres de rayon, également visible en rouge sur la vue.
- La présence de la centrale PV sera parfaitement indifférente pour le VOR-DME aussi.

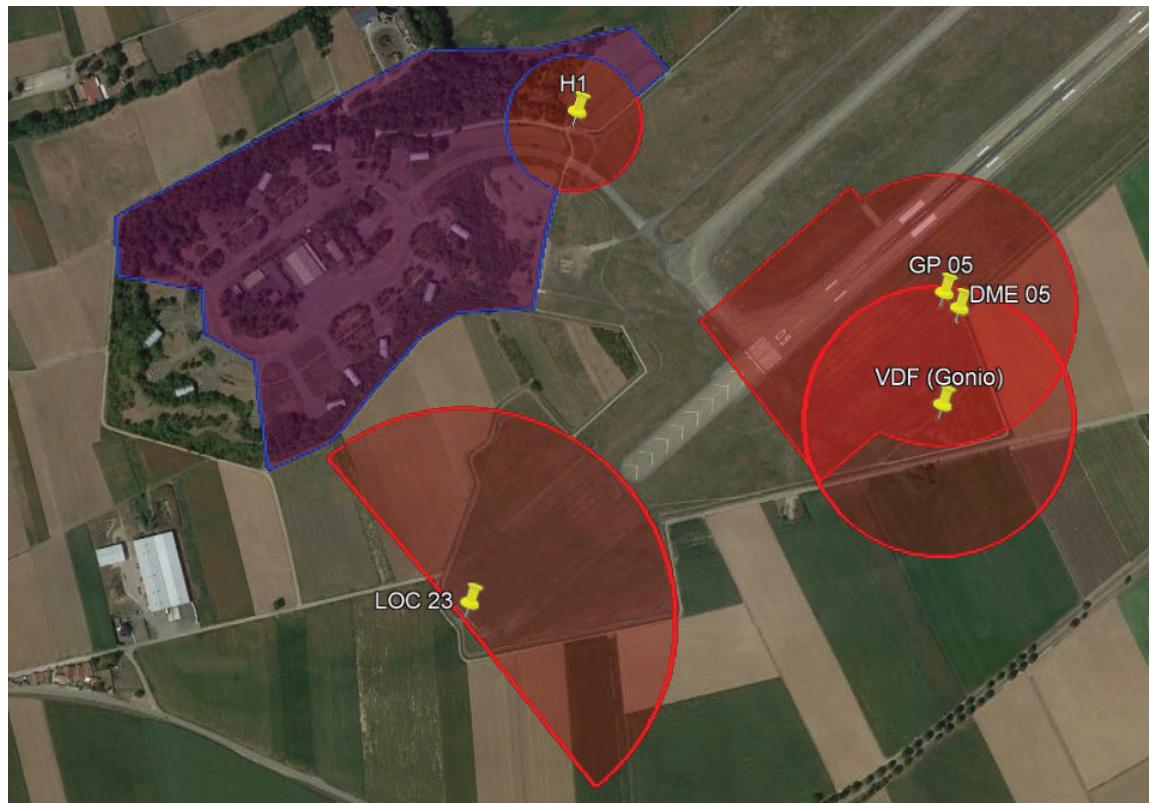
3.1.2.2. LOC 05 et GP & DME 23



Comme le montre la vue ci-dessus, la centrale PV se trouve à plus de 1 800 mètres du travers du plus proche de ces équipements. Sachant que chacun d'eux est associé à des servitudes qui ne dépassent pas une distance de 400 mètres par rapport à la balise concernée, **la présence de la centrale PV sera sans impact, tant sur le LOC 05 que sur le GP & DME 23.**

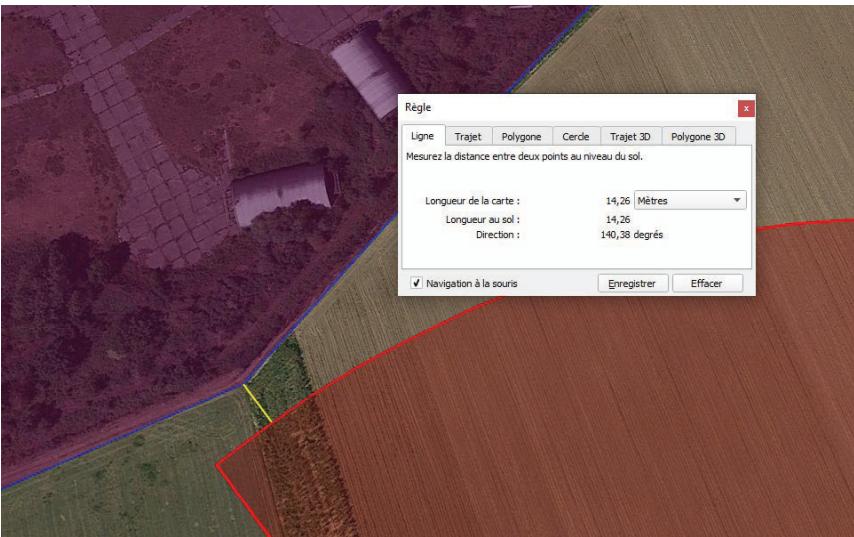
3.1.2.3. LOC 23, GP 05, DME 05 et VDF

Ces aides de radionavigation, situées à proximité de l'emplacement de la centrale PV, sont visualisées ci-dessous. **Aucune d'entre elles n'est conflictuelle avec la centrale PV.**



Nota : même si le VDF est associé à une servitude de 100 mètres de rayon, la DGAC impose un éloignement de 200 mètres pour des panneaux photovoltaïques. C'est cette distance qui est représentée sur la vue ci-dessus, sans impact donc, même avec ces dimensions agrandies.

S'agissant plus particulièrement du LOC 23, dont la servitude est la plus proche de la clôture de la centrale PV, le zoom ci-dessous indique que 14 mètres au moins sépareront cette servitude de la centrale PV.



La centrale PV respectera donc les servitudes radioélectriques associées à toutes les aides de radionavigations présentes sur l'aéroport de Strasbourg-Entzheim.

3.1.2.4. Servitude radioélectrique de protection contre les obstacles PT2 pour le radar primaire

Cette servitude est définie dans le but de protéger le radar primaire de surveillance aérienne contre les obstacles susceptibles de générer des masques perturbant son rayonnement. La servitude est définie par la limitation des obstacles à une hauteur maximale de 10 mètres dans un rayon de 500 mètres autour dudit radar, il s'agit de la zone dite « zone secondaire ». Au-delà de ces 500 mètres est défini un « secteur de dégagement » d'un rayon de 3 kilomètres dans lequel la création d'obstacle est limitée à une hauteur hors-sol égale à 2% de la distance d'éloignement au radar concerné.

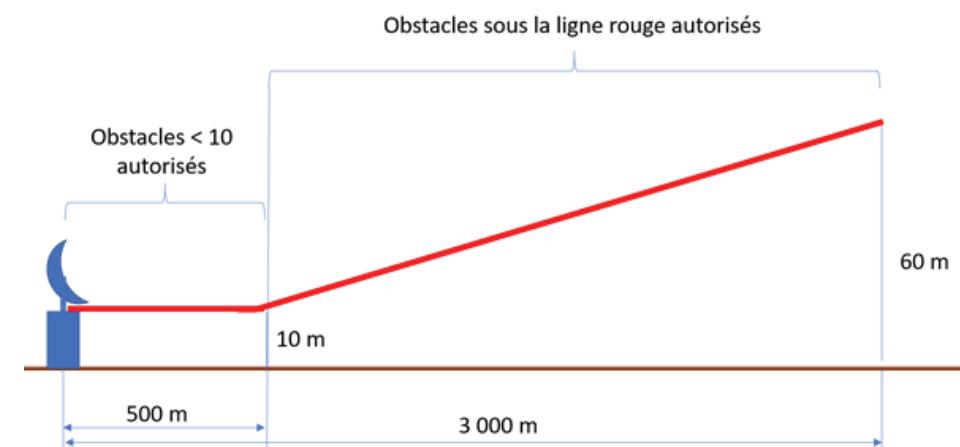
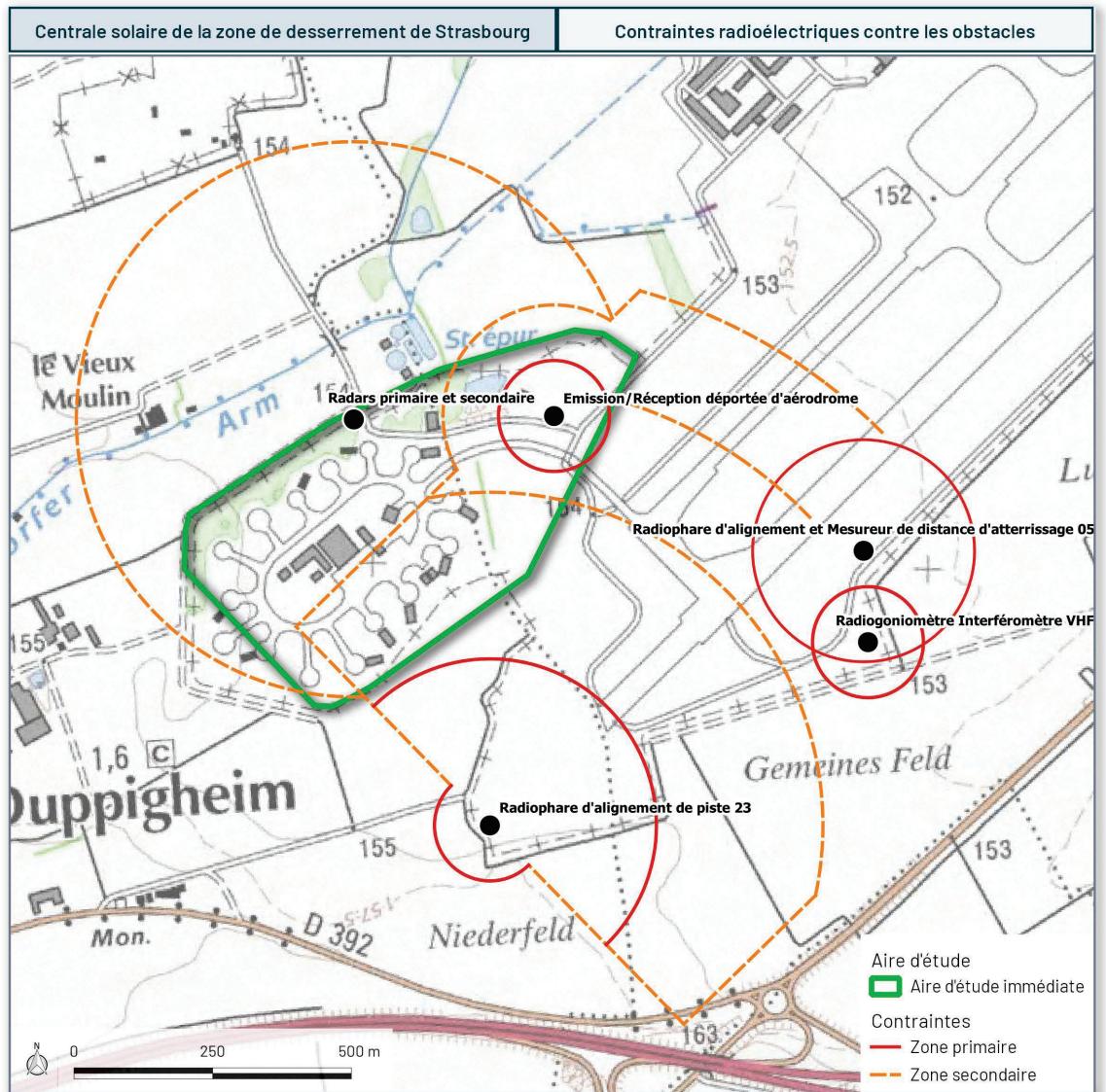


Illustration de principe de la servitude radioélectrique de protection contre les obstacles, relative au Radar Primaire de Strasbourg-Entzheim

Cette servitude s'appliquant au radar primaire, situé au nord de la zone de desserrement militaire, est visible sur la carte ci-après.

Aucune des installations de la centrale photovoltaïque de la zone de desserrement n'excédera les 10 mètres. Pour autant, il est prévu dans le cadre du projet de maintenir une partie du boisement situé au nord du site ainsi qu'une haie au nord/nord-ouest en périphérie. Il sera donc nécessaire de maintenir cette végétation à une hauteur inférieure à 10 mètres par la réalisation d'élagages périodiques.

La centrale solaire sera donc conforme à la servitude de protection contre les obstacles relative au radar primaire de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim.



Carte des servitudes radioélectriques contre les obstacles (Source : Ora Environnement)

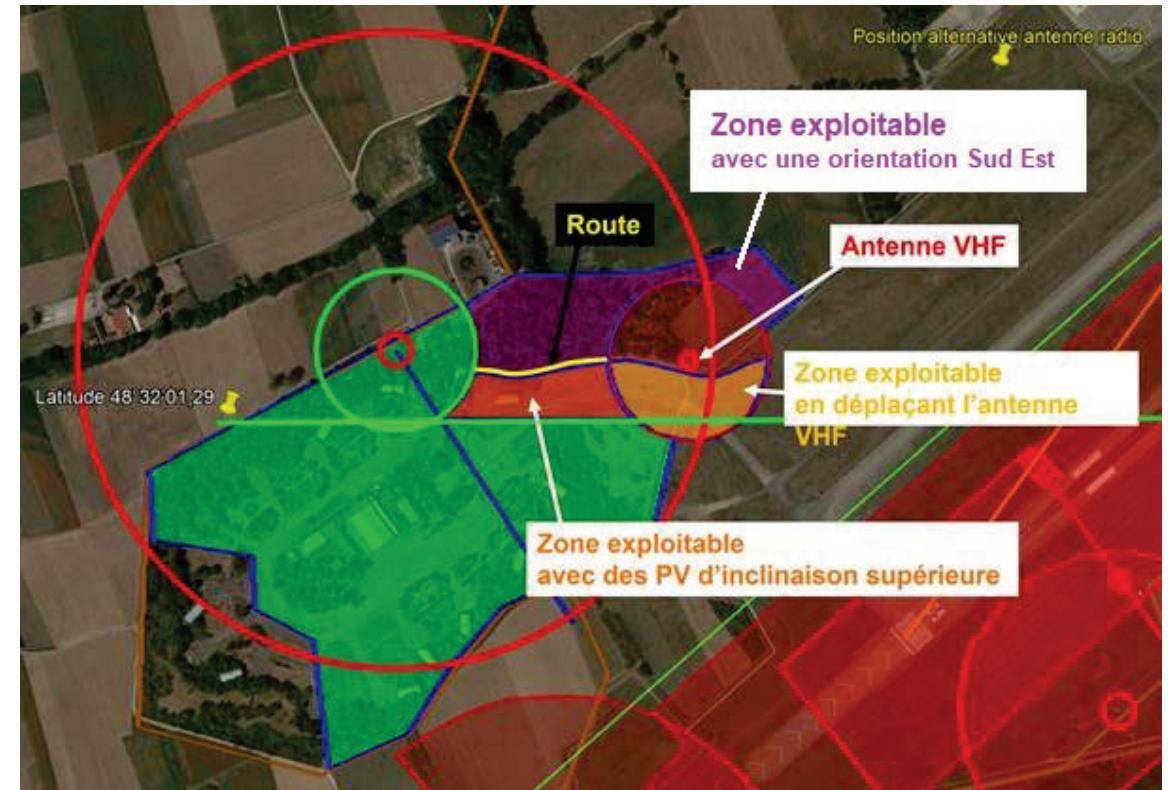
Au-delà de la protection contre les obstacles, il convient de s'assurer que la réflexion sur les panneaux photovoltaïques des ondes émises par les appareils radios ne soient pas susceptibles d'impacter négativement le fonctionnement desdits appareils.

3.1.2.4.1. Compatibilité radioélectrique relative au Radar Primaire de Strasbourg-Entzheim

Ainsi, après consultation de la Direction de la Technique et de l'Innovation (DTI) de la Direction des Services de la Navigation Aérienne (DSNA) de la DGAC, concernant le radar primaire, il apparaît que pour une configuration plein Sud et une inclinaison de 10° :

- Les panneaux installés au Sud de la ligne Est/Ouest passant à 90 m au Sud du radar (latitude 48°32'01,29) ne sont pas éclairés par le radar. Ils ne réfléchissent donc pas les interrogations dans une direction non souhaitée.

- Les panneaux installés dans un rayon de 100 m autour du radar sont très peu éclairés car situé sous la zone de champ très proche de l'antenne où le rayonnement est encore « tubulaire ».



Carte des zones de sensibilité radioélectrique du radar primaire (source : EDF Renouvelables)

Dans ces zones (vertes ci-dessus), l'impact de la présence de panneaux photovoltaïque est négligeable.

Ailleurs, la surface des panneaux réfléchit l'énergie en direction de la plateforme aéroportuaire et des axes d'approche de l'aéroport de Strasbourg. Dans ces espaces, la qualité de la détection doit être préservée, ce qui n'est pas possible avec des réflecteurs aussi proches :

- Génération de réponses non souhaitées (et potentiellement de trajectoires fantômes) suite à l'interrogation d'un avion au travers d'une réflexion parasite dans une direction autre que celle attendue,
- Baisse de la capacité de détection en zone proche à cause du mélange de l'interrogation directe avec l'interrogation réfléchie qui rend la première indécodable.

Néanmoins, des investigations plus poussées ont permis d'établir que :

- Pour la zone située entre la latitude 48°32'01,29 et la piste reliant l'antenne radar à l'antenne VHF (zone orange ci-dessous), une adaptation de l'inclinaison des panneaux permettrait de faire en sorte que leur surface ne soit plus éclairée par le radar. Plus précisément, une inclinaison de 15° permettrait aux 3 premières lignes de panneaux (les plus au Sud) d'éviter d'être éclairés par le radar. Plus on remonte vers le Nord, plus l'inclinaison doit augmenter. Au niveau de la piste, il faudrait envisager 40°.
- Pour la zone située au nord de piste susmentionnée (zone violette), il est possible d'installer des panneaux inclinés à 10° en les orientant en Sud Est (Azimut/Nord < 135°).

Le design retenu répond donc à ces exigences et n'induit pas de perturbation dépassant les normes acceptables concernant problématique de compatibilité radioélectrique relative au radar primaire.

3.1.2.4.2. Compatibilité radioélectrique vis-à-vis de l'antenne VHF

L'analyse mené par M. Sinigaglia, DGAC/DSNA/DTI - Pôle CNS/FBS (Fréquences, Brouillages et Servitudes), conclue que pour le design retenu que :

« Les simulations sur les antennes VHF ne montrent pas de perturbations dépassant les normes acceptables. »

3.1.2.5. Servitude radioélectrique de protection contre les obstacles PT2, relative au Centre d'émission-réception déporté (CED) du Centre de contrôle de Strasbourg-Entzheim

Cette servitude est définie dans le but de protéger les « antennes avancées » contre les obstacles susceptibles de générer des masques perturbant leur rayonnement. La servitude est définie par une « zone primaire » et une « zone secondaire ». Dans la « zone primaire », d'un rayon de 100 mètres autour de l'antenne, la création d'obstacle est interdite, conformément à la fiche technique transmise par l'établissement du service d'infrastructure de la défense (ESID) de Metz.

Conformément à cette servitude, aucun obstacle ne sera créé dans la zone primaire de ce CED.

Dans le cadre du projet photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg, seule la création d'accès et le renouvellement de la clôture déjà existante sont prévus dans la zone primaire.

La zone secondaire limite la création d'obstacle à une hauteur hors-sol égale à 5% de la distance entre le point de référence (l'antenne) et l'obstacle lui-même. Cette définition induit une hauteur limite d'obstacle comprise entre 5 mètres (à partir de 100 mètres de l'antenne du CED) et 10 mètres (à 200 mètres de l'antenne du CED).

En tout état de cause, les installations de la centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg n'excéderont pas 5 mètres de hauteur. Et, de la même façon que pour le radar primaire, les éventuels boisements maintenus sous la zone secondaire du CED seront entretenus périodiquement de façon à garantir une hauteur maximale de 10 à 5 mètres conformément à la servitude lui étant associée.

La centrale photovoltaïque sera donc conforme à la servitude de protection contre les obstacles relative au Centre d'Emission-Réception Déporté de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim.

3.1.2.6. Servitude radioélectrique de protection contre les obstacles PT2, relative au radiophare d'alignement (LOCALIZER de l'ILS) en piste 23 de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim

Cette servitude est définie et apparente sur les plans de servitudes d'utilité publique des deux communes d'implantation (Duppigheim et Entzheim). Les informations de ces plans sont corroborées par le plan de servitudes radioélectriques contre les obstacles de la DGAC.

Cette servitude est également composée d'une « zone primaire » dans laquelle aucun obstacle ne peut être érigé. Cette zone, correspondant à un demi-cercle de 300 mètres de rayon, n'impacte pas le site d'implantation mis à disposition dans le présent AMI.

Toutefois, une « zone secondaire » est également grevée par cette servitude avec une limitation des obstacles à 6m, 8m ou 10m en fonction de la distance d'éloignement vis-à-vis du radiophare. A la lecture des plans, on peut conclure que la création d'obstacle est limitée à une hauteur hors-sol égale à 1% de la distance d'éloignement au radiophare.

Sur les secteurs du site d'implantation grevés par cette servitude, aucun aménagement n'excédera 3m.

La centrale photovoltaïque sera donc conforme à la servitude de protection contre les obstacles relative au radiophare d'alignement de la piste 23 de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim.

3.2. Observations météorologiques

Pour mémoire, une centrale photovoltaïque n'est pas assimilable à un bâtiment. Pour un bâtiment qui représente un obstacle que le flux d'air contourne, le CHEA § 1.5.5 s'applique, qui fixe à 100 mètres la distance minimale entre une manche à air et un bâtiment. Cela ne concerne donc pas une centrale solaire.

Pour ce qui est des panneaux photovoltaïques, petits obstacles de faible inclinaison qui laissent passer l'air sur et sous les panneaux, Météo France a publié deux documents de référence, respectivement la Note Technique n°46 pour les manches à air et la Note Technique n°45 pour les stations météo. Ces documents prescrivent :

- une distance entre manche à air et panneaux supérieure ou égale à 5 fois la hauteur desdits obstacles,
- une distance entre station météo et panneaux supérieure ou égale à 10 fois la hauteur desdits obstacles.

Or, ayant une hauteur de 4 mètres, les éléments les plus hauts de la centrale photovoltaïque seront situés à plus de 40 m de la limite extérieur du site. Ainsi, l'obstacle le plus haut et le plus proche de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim restera la clôture d'environ 2 mètres de hauteur. Dans ces conditions les critères de distances susmentionnés seront respectés.

De plus, la centrale photovoltaïque étant située à l'extérieur de l'emprise de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim, elle ne modifie en rien les conditions actuelles de visibilité des manches à vent depuis les aéronefs en vol durant l'approche ou sur l'aire de mouvement avant le décollage.

Le projet d'EDF Renouvelables est donc entièrement compatible avec les prescriptions de Météo France et sans impact sur les observations météorologiques de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim.

3.3. Alimentation électrique de l'aérodrome

La centrale photovoltaïque de la zone de desserrement de Strasbourg sera directement raccordée au réseau public national (en principe sur le poste source d'Altorf).

Le projet d'EDF Renouvelables n'alimentera pas directement tout ou partie de l'aéroport voisin de Strasbourg-Entzheim, et n'aura par conséquent aucun impact sur l'alimentation électrique des différentes composantes sécurité de la plate-forme qui reste inchangée.

3.4. Risque animalier

La DGAC demande aux porteurs de projet de s'interroger sur l'impact éventuel de la présence de la centrale photovoltaïque sur le péril animalier.

A Strasbourg-Entzheim, ce sujet ne semble pas représenter une importance particulière, notamment concernant le péril aviaire.

D'ores et déjà, il est possible d'indiquer que :

- la centrale photovoltaïque est située en dehors de l'emprise de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim,
- la centrale photovoltaïque est sans impact sur le péril animalier des bêtes « à poils ». En effet, les zones photovoltaïques de la centrale étant clôturées, elles ne sont pas susceptibles d'attirer ce type de faune en lui offrant un habitat attractif,
- nulle part dans le monde où une centrale photovoltaïque est implantée sur un aérodrome/aéroport le nombre de collisions volatile n'a particulièrement augmenté. Les bêtes « à plumes » ne sont donc a priori pas davantage attirées par la présence de photovoltaïque,
- De surcroît, le site d'implantation du projet photovoltaïque est un ancien site militaire aujourd'hui sans activité depuis plus de 20 ans. Ceci a conduit à une dégradation des clôtures périphériques du site, potentiellement plus perméables, et à son enrichissement progressif. Ces deux conséquences sont susceptibles d'entraîner à terme la présence d'une faune plus importante. Ainsi, la présence de la centrale photovoltaïque apportera une sécurité supplémentaire vis-à-vis de ces aspects via une clôture nouvelle qui sera contrôlée périodiquement, et l'entretien/gestion du couvert végétal relatif à l'exploitation de la centrale.

Il conviendra de surveiller l'évolution des statistiques de collision volatile avec attention dès les premiers temps de sa présence du le terrain.

Le projet d'EDF Renouvelables n'aggravera pas le risque lié au péril animalier par rapport à la situation actuelle.

3.5. Visibilité pour les pilotes au sol

La centrale photovoltaïque étant située à l'extérieur de l'emprise de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim, elle ne modifie en rien les conditions actuelles de visibilité pour les pilotes au sol, qui

conservent une visibilité sur les mobiles aux alentours lors de la circulation des aéronefs au sol (pas de masquage aux intersections de taxiways ou avec la piste notamment).

Le projet d'EDF Renouvelables n'a pas d'impact sur la visibilité des pilotes au sol.

3.6. Visibilité pour le PSCA

Sur la carte ci-dessous figure en pointillé bleu, la zone clôturée de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim, et en pointillé rouge la clôture de la centrale photovoltaïque projetée, le point rose représentant l'emplacement de la tour de contrôle :



La centrale photovoltaïque étant située à l'extérieur de l'emprise de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim, elle ne modifie en rien les conditions actuelles de visibilité pour le Prestataire de Services de la Circulation Aérienne, qui conservent une visibilité sur l'aire de manœuvre et sur la circulation d'aérodrome (aéronefs, véhicules, piétons).

Le projet d'EDF Renouvelables n'a pas d'impact sur la visibilité pour le PSCA.

3.7. Intervention des secours et plan d'urgence

Il s'agit tout particulièrement de vérifier que la construction de la centrale PV ne va pas retarder et/ou gêner l'intervention des secours en cas d'incident ou d'accident d'aéronef sur l'aéroport, notamment aux points les plus éloignés (proximité des seuils de piste tout particulièrement).

Sur cet aspect, l'emprise de la centrale photovoltaïque étant totalement distincte de l'emprise de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim, aucun impact n'est attendu. Par ailleurs, les installations de la centrale photovoltaïque répondront aux recommandations du SSLIA et du SDIS67.

Le moment venu, ces deux entités se verront présenter toutes les caractéristiques de la centrale PV pour qu'ils la connaissent parfaitement, puisqu'elle fera partie de leur environnement.

Le projet d'EDF Renouvelables n'a pas d'impact sur l'intervention des secours au sein de l'emprise de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim et donc sur le plan d'urgence associé.

3.8. Sûreté de l'aérodrome

Le site d'implantation du projet photovoltaïque est un ancien site militaire clôturé sans activité depuis plus de 20 ans qui jouxte directement l'emprise de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim. Ceci a conduit à une dégradation des clôtures périphériques du site, potentiellement plus perméables, et à son enfrichement progressif.

La présence de la centrale photovoltaïque apportera une sécurité supplémentaire vis-à-vis de cet aspect via une clôture nouvelle qui sera contrôlé périodiquement, et via l'accès au site qui sera restreint aux seules personnes accréditées.

Il est à noter que, comme c'est le cas à ce jour, le site d'implantation est situé en dehors du périmètre de sûreté de l'aéroport de Strasbourg, et qu'il n'y aura toujours pas de chemin accessible au public entre la centrale solaire et l'aéroport, donc pas de risque additionnel par rapport à la situation actuelle.

Le projet d'EDF Renouvelables ne dégradera pas la sûreté de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim par rapport à la situation actuelle.

3.9. Maîtrise de la sécurité tout au long du projet

3.9.1. Maîtrise des risques associés aux travaux

La phase chantier est la plus délicate au regard de la sécurité aérienne. Elle amènera en effet à proximité immédiate de l'aéroport des personnes qui n'ont pas nécessairement de culture aéronautique, alors même que le terrain demeure en activité. Pour ces personnes, la "sacralisation des chaussées aéronautiques" est, par exemple, une expression généralement inconnue.

C'est pourquoi cette phase fera l'objet d'une attention toute particulière, plus encore que la phase d'exploitation, bien plus stabilisée et donc plus simple à maîtriser.

Le directeur de l'aéroport étant responsable de la sécurité, notamment aérienne, sur son terrain, c'est sous son autorité que sera rédigé et signé un plan de sécurité couvrant la phase chantier.

Naturellement EDF Renouvelables sera force de proposition pour composer ce plan, lequel contiendra entre autres des éléments tels que :

- les procédures d'autorisation d'accès au site des personnes travaillant à la construction de la centrale,
- un plan de circulation, avec un accès au périmètre de la centrale qui évitera les chaussées aéronautiques et plus globalement l'aire de manœuvre,
- un descriptif de ce que sont les principes généraux des aires aéronautiques et des risques associés,
- une chronologie des travaux qui débuteront par la mise en place des clôtures de la centrale PV afin de restreindre dès que possible le champ de déplacement des personnes chargées de sa construction,
- un plan de travaux parfaitement connu de la direction de l'aéroport avec :
 - un calendrier clair des travaux à réaliser,
 - des plages horaires de travail sur l'aéroport bien définies (avec un encadrement spécifique d'éventuelles plages de travail nocturnes),
 - le recours à des engins qui, s'ils devaient rester stationnés sur l'aéroport, ne perceront jamais les surfaces de dégagements,
 - la balisage diurne et nocturne de ces engins,
 - le port de tenues spécifiques à haute visibilité pour les personnes en charge de la construction de la centrale PV, en sus des équipements de protection individuelle EPI requis (chaussures de sécurité, casque, etc.),
 - ...
- des briefings sur la sécurité sur l'aéroport et le plan de sécurité associé au chantier de construction de la centrale. Ces briefings seront dispensés par le responsable du chantier au profit de toute société ou personne amenée à travailler sur l'aéroport, avant toute implication dans les travaux. Une attention particulière sera portée aux éventuels changements dans la composition des équipes participant aux travaux (intérimaires, etc.),
- un engagement de responsabilité des personnes chargées du chantier quant au respect scrupuleux des procédures mises en place,
- des canaux de communication en temps réel entre l'aéroport (exploitant) et les équipes chargées de la construction de la centrale PV afin que l'exploitant puisse être informé sans délai de toute modification par rapport aux opérations prévues, et qu'il puisse valider les ajustements nécessaires. Deux contacts au moins du côté de l'aéroport et deux contacts au moins du côté des entreprises faciliteront les échanges,
- une obligation de rendre compte sans délai à la direction de l'aéroport en cas d'imprévu et de situation non-nominale, afin de concevoir ensemble la façon de traiter cet imprévu. A titre d'exemple, il peut s'agir de :
 - apporter des modifications par rapport aux prévisions du chantier,
 - valider de nécessaires ajustements,
- un « questions / réponses » sur les cas non-nominaux qui peuvent être anticipés, et la conduite à tenir :
 - envoi de matériaux vers la piste ou d'autres chaussées aéronautiques (taxiways, parkings). Solution : prévenir l'aéroport pour que sa direction prenne les décisions relevant de ses compétences comme une suspension momentanée des roulages, décollages et atterrissages,
 - personne ne figurant pas sur les listes transmises à l'aéroport et donc non briefée lors des séances organisées en début de chantier. Solution : briefer ces personnes de façon individuelle,
 - besoin de recourir à des engins plus hauts que prévus. Solution : prévenir l'aéroport qui pourra par exemple permettre la réalisation des travaux associés à des dates et/ou

- horaires de plus faible activité, éventuellement après avoir émis un NOTAM spécifique,
- ...

En tout état de cause, au sein d'EDF renouvelables, des dispositions générales de sécurité sont prévues pendant la phase travaux de tous nos chantiers d'installation de centrale solaire.

Trois grandes phases se succèderont depuis la préparation du chantier jusqu'à la mise en service du parc :

- une phase de préparation du site,
- une phase de montage des structures photovoltaïques,
- une phase de raccordement interne.

Les travaux s'étendront sur une période d'environ 8 à 10 mois et les différentes phases du chantier respecteront un calendrier adapté au cycle de vie des espèces animales et végétales.

Pour ce qui le concerne, l'aéroport sera amené à publier un NOTAM général informant de l'existence du chantier en cours. Ce NOTAM pourra ressembler à l'exemple fictif ci-dessous :

● LFFA-P0349/23
● DU: 01 02 2023 07:00 AU: 31 01 2024 23:59
● A) LGFH
● Q) LFFF / QOBCE / IV / M / A / 000/999 / 4722N00255E005
● E) PRÉSENCE D'ENGINS DE CHANTIER BALISES DE PART ET D'AUTRE DE LA PISTE, A 45M DE L'AXE DE PISTE. HAUTEUR MAX : 20FT ALT AU SOMMET MAX : 600FT

3.9.2. Maîtrise des risques associés à la maintenance des panneaux photovoltaïques

Comme pour la phase de travaux, des dispositions générales de sécurité sont mises en place sur chacune de nos centrales PV.

La centrale photovoltaïque se trouvant en dehors du périmètre de sûreté de l'aéroport, de surcroit avec un accès indépendant lui aussi en dehors de ce périmètre, la question du contrôle des accès au sein de la centrale photovoltaïque est « sans objet » en phase de maintenance.

La technologie photovoltaïque est une technologie à faible maintenance. Ainsi les interventions sont réduites à l'entretien du site et à la petite maintenance.

Le photovoltaïque étant également une technologie statique (sans pièces en mouvement), la maintenance et l'entretien des parcs concernent essentiellement les équipements électriques et la végétation :

- l'entretien des espaces verts situés à l'intérieur de la clôture sera assuré de façon mécanique. Toute utilisation de produits phytosanitaires à l'intérieur des centrales du groupe EDF Renouvelables est proscrite,
- certains panneaux devront être remplacés tout au long de la vie de la centrale du fait de dysfonctionnements causés par un choc thermique, un choc mécanique ou une anomalie de

fabrication. Il n'est généralement pas nécessaire de prévoir un nettoyage régulier des panneaux pour éviter les pertes de production dues aux salissures, les modules étant autonettoyants. Les panneaux remplacés seront expédiés vers les filières de recyclage adaptées.

Enfin, les consignes de sécurité seront affichées et devront être appliquées par le personnel de la société EDF Renouvelables mais aussi par le personnel extérieur à la société (sociétés partenaires) présent sur le site pour intervention lors de travaux.

3.10. Conclusion sur la compatibilité du projet modifié

L'analyse qui précède permet d'attester que le projet proposé par EDF Renouvelables est conforme à l'ensemble des règlements aéronautiques s'appliquant à l'aéroport et respecte les exigences de sécurité notamment aérienne, tant pour la phase d'exploitation que la phase chantier.

4. Avis préliminaire du SNIA sur le projet actualisé

Les échanges avec le SNIA suite à la modification du design sont présentés ci-après.

De : SNIA-BF Lyon avis urbanisme <snia-urba-lyon-bf@aviation-civile.gouv.fr>

Envoyé : vendredi 5 avril 2024 15:03

À : Mathieu CHARBONNEAU <Mathieu.Charbonneau@edf-re.fr>

Objet : RE: ETZ - DUPPIGHEIM et ENTZHEIM - Projet PV EDF RENOUVELABLES FRANCE - Etude radioélectrique

CAUTION: This email originated from outside of the organization. Do not click links or open attachments unless you recognize the sender and know the content is safe.

Bonjour

Si le design n'est pas modifié, le dossier recevra un avis favorable quant à la problématique radioélectrique.

Je vous rappelle que nous étudierons également la bonne prise en compte des éléments suivants qui devront figurer clairement dans le dossier de permis de construire :

- éblouissement éventuel du personnel assurant le contrôle de la navigation aérienne ;
- péril animalier
- accès des secours
- avis de l'exploitant de l'aéroport.

Cordialement,

Laure Mangenot
Instructeur en servitudes aéronautiques
SNIA - Département Centre et Est
210, rue d'Allemagne
BP 606 - 69125 LYON SAINT EXUPERY AEROPORT
Tél : 04 26 72 65 65 – 06 33 48 49 55
Standard : 04 26 72 65 40
snia-urba-lyon-bf@aviation-civile.gouv.fr

De : Mathieu CHARBONNEAU <Mathieu.Charbonneau@edf-re.fr>

Envoyé : jeudi 4 avril 2024 10:26

À : SNIA-BF Lyon avis urbanisme <snia-urba-lyon-bf@aviation-civile.gouv.fr>

Cc : Delphine COLIN <Delphine.Colin@edf-re.fr>

Objet : TR: ETZ - DUPPIGHEIM et ENTZHEIM - Projet PV EDF RENOUVELABLES FRANCE - Etude radioélectrique

Externe

Bonjour Mme Mangenot,

Je me permets de revenir vers vous concernant notre projet photovoltaïque sur la zone de desserrement de Strasbourg (à proximité de l'aéroport de Strasbourg-Entzheim).

Suite au dernier mail de M. Sinigaglia (ci-dessous) confirmant que cette nouvelle version du design est bien compatible d'un point de vue radioélectrique, pourriez-vous me confirmer qu'une future consultation de vos services par l'administration (DDT), dans le cadre de notre demande de permis de construire pourra bien faire l'objet d'un avis favorable (sur la base de ce design) ?
Les services de la DDT souhaiteraient en effet avoir un premier retour avant de « relancer » l'instruction de notre dossier.

Vous remerciant par avance,
Je me tiens à votre disposition pour tout complément d'information,

Bien cordialement,



Mathieu

CHARBONNEAU

Directeur de projets
Région Grand-Est
Développement éolien et photovoltaïque

EDF Renouvelables France
Agence de Strasbourg
8 rue Gustave Adolphe HIRN
67000 Strasbourg

Mob: +33 (0)6 34 99 46 22

De : Bertrand Sinigaglia <bertrand.sinigaglia@aviation-civile.gouv.fr>

Envoyé : mercredi 3 avril 2024 10:26

À : Mathieu CHARBONNEAU <Mathieu.Charbonneau@edf-re.fr>

Cc : Bruno CAITUCOLI <Bruno.Caitucoli@edf-re.fr>; Bruno Collard <bruno.collard@aviation-civile.gouv.fr>; SNIA-BF Lyon avis urbanisme <snia-urba-lyon-bf@aviation-civile.gouv.fr>; Christian Bach <christian.bach@aviation-civile.gouv.fr>

Objet : RE: ETZ - DUPPIGHEIM et ENTZHEIM - Projet PV EDF RENOUVELABLES FRANCE - Etude radioélectrique

CAUTION: This email originated from outside of the organization. Do not click links or open attachments unless you recognize the sender and know the content is safe.

Bonjour,

Les simulations sur les antennes VHF ne montrent pas de perturbations dépassant les normes acceptables.

Le dernier design ayant également été validé par notre expert radar, ce projet n'appelle plus de remarque de notre part et peut recevoir un avis favorable sur la problématique de compatibilité radioélectrique.

Je vous laisse recontacter le SNIA pour la suite.

Bien cordialement,

Bertrand SINIGAGLIA
DGAC/DSNA/DTI - Pôle CNS/FBS (Fréquences, Brouillages et Servitudes)
Responsable de l'activité 'sites et servitudes radioélectriques'

tél. : 05 62 14 53 62

<mailto:bertrand.sinigaglia@aviation-civile.gouv.fr>

De : Mathieu CHARBONNEAU <Mathieu.Charbonneau@edf-re.fr>

Envoyé : lundi 19 février 2024 16:43

À : Bertrand Sinigaglia <bertrand.sinigaglia@aviation-civile.gouv.fr>

Cc : Bruno CAITUCOLI <Bruno.Caitucoli@edf-re.fr>; Bruno Collard <bruno.collard@aviation-civile.gouv.fr>; SNIA-BF Lyon avis urbanisme <snia-urba-lyon-bf@aviation-civile.gouv.fr>; Christian Bach <christian.bach@aviation-civile.gouv.fr>

Objet : RE: ETZ - DUPPIGHEIM et ENTZHEIM - Projet PV EDF RENOUVELABLES FRANCE - Etude radioélectrique

Externe

Bonjour M. Sinigaglia,

Je me permets de revenir vers vous concernant l'affaire en objet.

En effet, suite à nos échanges avec monsieur Collard, nous avons pu proposer un design révisé compatible avec le radar présent à proximité du site (cf. PJ, également transmis dans mon dernier mail du 22/01).

Pour rappel, les modifications apportées dans ce design (Vs le design initial) sont :

- Implantation 3 rangées tables plein sud, tilt 15° au nord de latitude 48°32'01.29'' (« zone orange » dans mon précédent mail) ;
- Implantation tables tilt 15°, désazimut 30° Sud Est, au nord de la latitude (« zones rouge et jaune » dans mon précédent mail) ;

Nous avons également soumis ce nouveau design au bureau d'études Solais pour mettre à jour l'étude de réverbération, notamment eu égard à la présence de contrôleurs aériens sur le site de l'aéroport de Strasbourg. Cette étude (également en PJ) conclue à la compatibilité de ce design au regard des critères de réverbération, en particulier « aucun risque d'éblouissement » n'est identifié concernant la tour de contrôle (TWR).

Seule « l'approche depuis le Sud-Ouest (RWY 05) est impactée par des rayons réfléchis, entre octobre et début mars sur une durée journalière inférieure à 35 minutes ».

Aussi, nous sommes dorénavant suspendus à vos conclusions concernant l'étude sur la VHF, afin de savoir si nous pouvons (ou non) valider ce design.

Je me tiens à votre disposition pour tout complément d'information qui vous serait utile.

Vous remerciant par avance,
Bien cordialement,



Mathieu

CHARBONNEAU

Chef de projets
Région Grand-Est
Développement éolien et photovoltaïque

EDF Renouvelables France
Agence de Strasbourg
8 rue Gustave Adolphe HIRN
67000 Strasbourg

Mob: +33 (0)6 34 99 46 22

Annexe 8 : Estimation de l'empreinte carbone d'une installation photovoltaïque

Estimation de l'empreinte carbone d'une installation Photovoltaïque

Dans le cadre de l'appel d'offres :

Appel public à manifestation d'intérêt lancé le 15/01/2021, par le Ministère des Armées dans le cadre du Plan national "Place au Soleil"

Pour le site de :

Zone de desserrement de Strasbourg, Grand Est, Entzheim, (67)

Etude réalisée pour le compte de :

EDF RENOUVELABLES - Coeur Defense tour B, 100 ESP du Général de Gaulle - 92400 Courbevoie - France

Référence	Révision	Date	Rédacteur	Vérificateur	Revue Critique
PNK_ACV_030_EDF_002	V1.0	29/03/2021	Cecilia BERGMAN	Yannick QUINCON	N/A

Certification ISO 9001-2015 FR12/01064

Certification ISO 14001-2015



Table des matières

I.	Définition de l'objectif.....	5
A.	PINK Strategy.....	5
A.	EDF RENOUVELABLES.....	5
B.	Projet de centrale photovoltaïque	5
C.	Public cible.....	6
II.	Périmètre.....	7
A.	Produits de référence.....	7
B.	Frontières du système	11
C.	Méthodologies, limitations et logiciels.	12
D.	Méthodes de calcul de l'impact	15
E.	Qualité des données et représentativité.....	15
III.	Calculs des émissions de CO2.....	16
A.	Estimation des émissions de CO2 pour les panneaux solaires.....	16
B.	Estimation des émissions de CO2 de la centrale électrique	28
C.	Estimation des émissions de CO2 de la connexion électrique	30
D.	Estimation des émissions de CO2 des supports.....	36
E.	Estimation des émissions de CO2 des traqueurs	40
F.	Estimation des émissions de CO2 du Local technique, voirie et clôture.....	41
IV.	Résultats des émissions.....	44
A.	Calcul des émissions totales de la centrale photovoltaïque	44
B.	Retour sur investissement CO ₂ de la centrale photovoltaïque sur la durée de vie de la centrale	46
V.	Bibliographie.....	47
VI.	Glossaire	49
VII.	Annexes	52
A.	Annexe I. Fiche technique des panneaux photovoltaïques	52
B.	Annexe II. Méthodologie CRE.....	54
C.	Annexe III. Note de calcul ECS du panneau considéré pour l'appel d'offre.....	60
D.	Annexe IV. Fiche technique de l'onduleur	62
A.	Annexe V. Fiche technique du transformateur	64

Strictement confidentiel

PINK Strategy

SAS au capital de 100 euros - RCS Paris 880 960 190

Code NAF: Ingénierie, études techniques (7112 B) - TVA intracommunautaire : FR 43 519 589 402

38 avenue Léon Gaumont 75020 Paris - www.pink-strategy.fr - tél: +33 (0) 1 83 62 13 29 Fax: +33 (0)

1 83 62 13 47

Liste des tables

Tableau 1 - Inventaire de composition des panneaux photovoltaïques et score ECS	21
Tableau 2 - Valorisation des impacts hors ECS à la fabrication des panneaux photovoltaïques	22
Tableau 3 - Bilan du PRC d'un panneau photovoltaïque pour la phase de fabrication	22
Tableau 4 - Bilan du PRC d'un panneau photovoltaïque pour la phase de distribution	23
Tableau 5 - Traitement des déchets d'emballage des panneaux photovoltaïques en phase d'installation	24
Tableau 6 - Bilan de l'impact PRC d'un panneau photovoltaïque en phase d'installation.....	24
Tableau 7 - Détail des transports en Fin de Vie pour les panneaux photovoltaïques	28
Tableau 8 - Traitement Fin de vie des panneaux photovoltaïques	30
Tableau 9 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des panneaux photovoltaïques	31
Tableau 10 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des onduleurs	32
Tableau 11 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des onduleurs	32
Tableau 12 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des transformateurs ..	33
Tableau 13 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des transformateurs ..	33
Tableau 14 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des armoires ..	34
Tableau 15 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des disjoncteurs unitaires ..	35
Tableau 16 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des disjoncteurs généraux ..	36
Tableau 17 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie du câblage DC	38
Tableau 18 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie du câblage AC	39
Tableau 19 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie de la connexion électrique ..	39
Tableau 20 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des fondations de structure.....	41
Tableau 21 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des tables.....	43
Tableau 22 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des tables	44
Tableau 23 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des supports	44
Tableau 24- Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des traqueurs.....	44
Tableau 25 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie du local technique	45
Tableau 26 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie du local technique	45
Tableau 27 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des voiries	46
Tableau 28 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des voiries	46
Tableau 29 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des clôtures.....	47
Tableau 30 - Bilan des émissions pour chaque composant et phase du cycle de vie.....	48

3

Tableau 31 - Bilan des émissions ramené au kWc et au kWh 49

Tableau 32 - Synthèse des résultats..... 50

Liste des illustrations

Figure 1- Plan de principe d'une centrale photovoltaïque au sol 7

Figure 2: Cycle de vie tel que défini dans le Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b)

Figure 3 : Diagramme de recyclage de Fraunhofer IBP. (5)..... 29

4

I. Définition de l'objectif

A. PINK Strategy

PINK Strategy, créée en 2020, s'appuie sur 10 ans d'expérience dans le Conseil en Performance Carbone développé par sa maison mère, Solstyce, EPC dans le photovoltaïque. Le même cœur de métier et de nouvelles ambitions : PINK STRATEGY conseille et accompagne les industriels et les grands acteurs dans l'évaluation et l'optimisation de leur Performance sur les enjeux de l'Industrie et du (K) Carbone.

5

Avec une expertise en analyse de cycle de vie (ACV), PINK Strategy a déjà réalisé plus de 100 audits et ACV, dans 17 pays, dans des usines de tous les niveaux de la chaîne d'approvisionnement des panneaux solaires mais pour accompagner les opérateurs et développeurs dans leurs démarches de construction de centrales photovoltaïques bas-carbone.

A. EDF RENOUVELABLES

EDF RENOUVELABLES est un développeur international de projets énergétiques, spécialiste des centrales photovoltaïques.

Dans le cadre de l'Appel public à manifestation d'intérêt lancé le 15/01/2021, par le Ministère des Armées dans le cadre du Plan national "Place au Soleil", EDF RENOUVELABLES a chargé PINK Strategy d'effectuer une étude de l'empreinte carbone pour la construction d'une centrale photovoltaïque au Zone de desserrement de Strasbourg, Grand Est, Entzheim, (67), afin d'estimer les émissions de CO2 résultantes de sa construction et les émissions de CO2 évitées grâce à la production d'électricité de la centrale.

Adresse : EDF RENOUVELABLES - Coeur Defense tour B, 100 ESP du Général de Gaulle - 92400 Courbevoie - France

Contact : Nicolas VITTEK, nicolas.vittek@edf-re.fr

B. Projet de centrale photovoltaïque

L'appel d'offres est proposé par :

Etablissement du service d'infrastructure de la défense de Metz, Division gestion du patrimoine, B.P. 30001, 57044 Metz Cedex 01

Le commissaire de ce projet, demande au §3.7 du cahier des charges:

"Le bilan carbone de l'installation. Il comprend une évaluation des impacts environnementaux par la méthode d'Analyse du Cycle de Vie, suivant le référentiel ADEME (Catégorie d'impact changement climatique; en kg CO₂eq et en kg CO₂eq/kWh) et une évaluation du carbone évité par le fonctionnement de la centrale, en Teq CO₂/an, calculé avec un coefficient d'émission de CO₂ pour l'électricité du réseau de 64gCO₂eq/kWh PCI (arrêté tertiaire 3 mai 2020).".

La méthodologie décrite dans le document Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b) a été appliquée pour cette étude.

Le projet comprend l'installation de 55 728 panneaux de 550Wc chacun pour une puissance globale de 30 650kWc, dans la commune de Entzheim (67), France, sur une surface de 17 ha.

C. Public cible

L'étude vise à être présentée au public suivant :

- Ministère des Armées (appel d'offres)
- Clients (diffusion restreinte)

6

II. Périmètre

A. Produits de référence

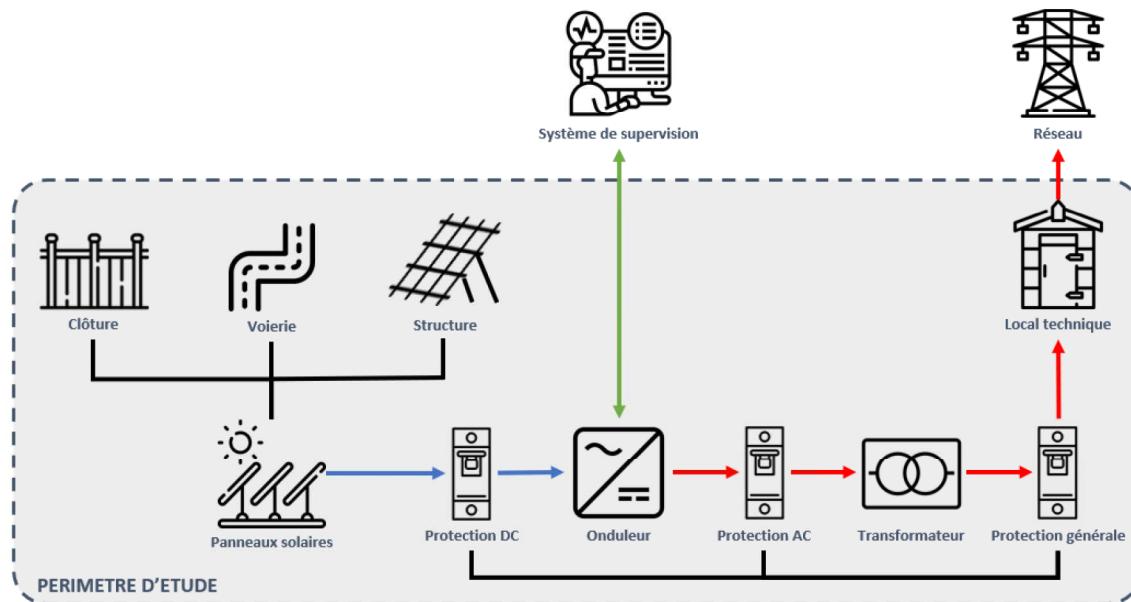


Figure 1- Plan de principe d'une centrale photovoltaïque au sol

Cette étude porte uniquement sur le périmètre indiqué en gris sur la figure ci-dessus, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

En tant que principaux composants utilisés pour la construction de l'usine photovoltaïque, les produits sont évalués en tant que produits de référence :

1) Panneaux solaires

Les panneaux solaires sélectionnés pour ce projet sont les suivants :

- Fabricant: JINKO
- Référence: JKM550M-72HL4-BDVP
- Puissance: 550 Wc
- Type: Mono-Si
- Quantité: 55 728 pièces
- Origine géographique: Haining (Chine)

Le détail du calcul de l'impact carbone est indiqué au paragraphe Estimation des émissions de CO2 pour les panneaux solaires.

2) Centrale électrique

La centrale électrique est constituée d'onduleurs triphasés et de transformateurs MT/HT. Les armoires comprenant les différentes protections nécessaires à l'installation sont incluses au paragraphe Connexion électrique.

Pour ce projet, il est prévu un système décentralisé avec des onduleurs string. Les onduleurs et transformateurs sont approvisionnés séparément.

Pour les onduleurs :

- Fabricant: Huawei
- Référence: SUN2000-185KTL-H1
- Puissance: 185 kVA
- Quantité: 133 pièces
- Origine géographique: Chine

Pour les transformateurs :

- Fabricant: CG Power system
- Référence: ZENA0017843
- Puissance: 4000 kVA
- Quantité: 5 pièces
- Origine géographique: non déterminée

Le détail des équipements constituant la centrale est indiqué au paragraphe Estimation des émissions de CO2 de la centrale électrique.

3) Connexion électrique

Les armoires étant non définies à ce stade, une armoire électrique métallique standard a été considérée dans cette étude.

Le câblage DC est constitué d'une seule section de câble:

- Fabricant: non défini
- Référence: non défini
- Type: conducteur cuivre
- Dimensionnement (nb de câbles x(nb de conducteurs x section[mm²])): 2x(1x6)
- Quantité: 334 368 ml
- Origine géographique: non déterminée

Le câblage AC est constitué d'un seul type de câble:

- Fabricant: Nexans
- Référence: NF C 33-226 12/20kV XPREMIO
- Type: conducteur aluminium
- Dimensionnement (nb de câbles x(nb de conducteurs x section[mm²])): 1x(3x150)
- Quantité: 14 050 ml
- Origine géographique: non déterminée

Le détail exact des équipements constituant la connexion électrique est indiqué au paragraphe Estimation des émissions de CO2 de la connexion électrique.

4) Support

La fixation des tables au sol est réalisée grâce à des pieux battus en acier galvanisé.

Au regard du terrain du site, un préforage est nécessaire pour ancrer les pieux.

La structure porteuse est constituée de tables d'un poids total de 600 tonnes. Les tables sont composées d'éléments de formes différentes mais pour la plupart en acier de la même composition.

La quantité totale d'acier utilisée pour l'installation est de 614 tonnes.

9

Le projet ne prévoit pas d'installation de traqueurs sur ce site.

Le détail exact des équipements constituant la structure est indiqué au paragraphe Estimation des émissions de CO2 des supports.

5) Local technique, voirie et clôture

Les informations disponibles étant insuffisantes, le local technique sera modélisé suivant la règle par défaut donnée par l'ADEME dans le référentiel d'évaluation listé en référence.

La voirie est composée de 0,6km de piste lourde en graviers avec décaissement de 55cm et 2,5km de piste légère, en graviers avec décaissement de 50cm.

Une clôture de 1100ml en Acier grillagé est considérée dans cette étude. Les informations disponibles étant insuffisantes, la clôture sera modélisée suivant la règle par défaut donnée par l'ADEME dans le référentiel d'évaluation listé en référence

Le détail exact des équipements est indiqué au paragraphe Estimation des émissions de CO2 du Local technique, voirie et clôture.

10

6) Unité fonctionnelle de l'installation

L'unité fonctionnelle de l'installation est le kWh produit par le système photovoltaïque pendant sa durée de vie et injecté dans le réseau (de distribution ou de transport) ou consommé (dans le cas d'une installation en autoconsommation), telle que définie au paragraphe 2.a du document de référence. Le potentiel de réchauffement climatique sera donc exprimé en kg eq CO2 / kWh.

Le cahier des charges spécifie au paragraphe 3.7 d. que le bilan carbone devra aussi être donné en kg CO2 éq et qu'une évaluation du carbone évité par le fonctionnement de la centrale, en T eq CO2/an devra aussi être communiquée.

La durée de vie de référence pour cet appel d'offre est de 27 ans, en considérant les temps de construction et déconstruction.

La centrale Photovoltaïque est basée en France, dans l'Union Européene.

7) Principe de modélisation de l'Inventaire du Cycle de Vie (ICV)

L'ICV est réalisé selon le principe de modélisation par attribution : Approche de modélisation du système dans laquelle les intrants et les extrants sont attribués à l'unité fonctionnelle d'un système de produits en reliant et/ou en partitionnant les processus unitaires du système selon une règle normative.

B. Frontières du système

La figure représente la segmentation de la chaîne de production de la filière photovoltaïque du Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

11

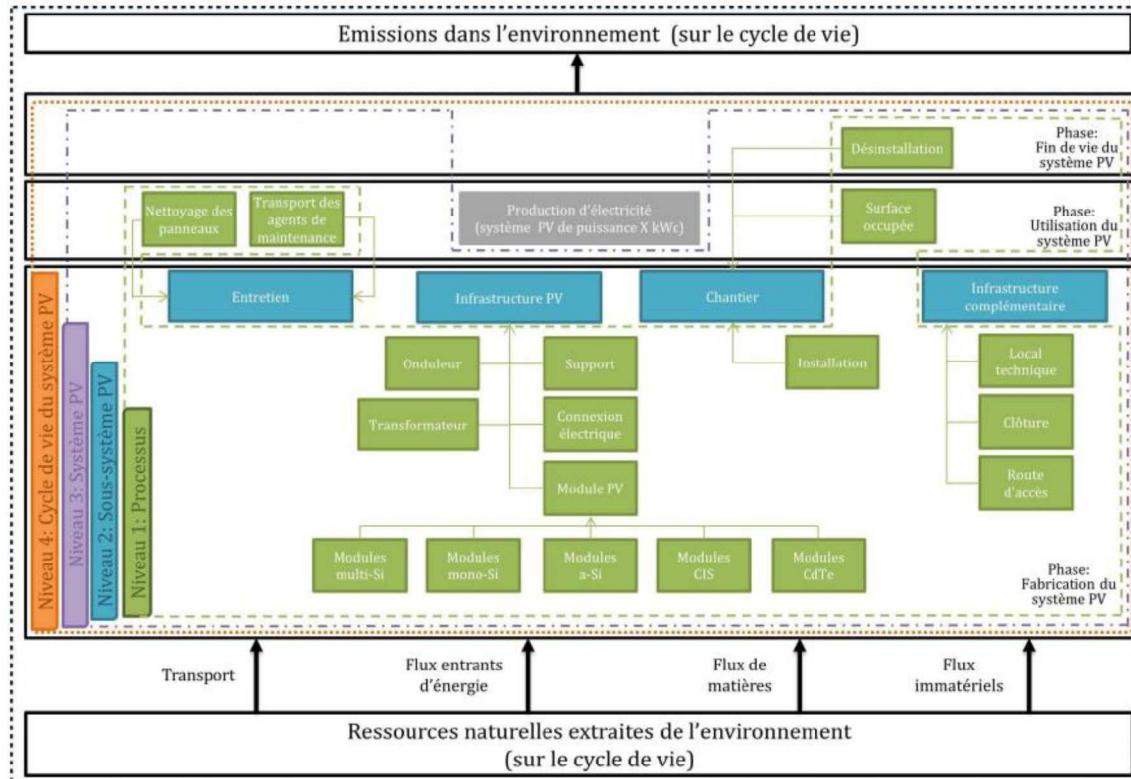


Figure 2: Cycle de vie tel que défini dans le Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b)

C. Méthodologies, limitations et logiciels.

- 1) Méthodologie du Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b)

Ce référentiel méthodologique a été choisi par le Ministère des Armées pour donner une méthode unique d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques (PV). Le document suit l'approche de l'analyse du cycle de vie pour l'évaluation des impacts environnementaux des systèmes PV. Il s'adresse aux concepteurs des systèmes photovoltaïques afin d'évaluer les impacts environnementaux de la production d'électricité selon des règles prédéfinies dans le référentiel.

- 2) Limitations de la méthodologie du Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b):

Certaines valeurs de facteurs d'impacts, nécessaires à l'évaluation des impacts environnementaux du système photovoltaïque, proposées par défaut à l'utilisateur de ce référentiel sont volontairement conservatoires. Ce choix de valeurs conservatoires a pour objectif d'inciter les fabricants de composants du système photovoltaïque à réfléchir à leurs impacts environnementaux et substituer ces valeurs conservatoires par leurs propres valeurs afin de mieux correspondre à la réalité environnementale des composants du système PV.

2) Méthodologie ECS-CRE

L'ECS est une Etude de Carbone Simplifiée utilisée par la CRE pour l'estimation de l'empreinte carbone des panneaux photovoltaïques dans leur phase de vie de fabrication.

L'ECS doit conduire à fournir des données conformes aux spécifications de la CRE : « Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales au sol » du 29 mai 2020.

Limitations de la méthodologie ECS-CRE

La méthodologie ECS-CRE ne permet que l'étude des panneaux photovoltaïques et non de tout autre composant de l'usine photovoltaïque. En outre, il s'agit d'une méthodologie qui n'évalue que l'étape de fabrication du panneau PV (polysilicium, lingots, plaquettes, cellules, EVA, backsheet et assemblage de modules), sans tenir compte du reste des étapes du cycle de vie du produit (Distribution, Installation, Utilisation et fin de vie). Le résultat de l'ECS est en kg CO₂ eq / kWc.

Le transport des composants entre les différentes usines est pris en compte dans l'ECS avec des distances classiques pour l'usine. Dans le cas des panneaux photovoltaïques considérés, des écarts existent entre les distances d'approvisionnement des composants dans les ACVs réalisées et les approvisionnements réels. Ces écarts sont précisés au paragraphe Compléments par la méthodologie PEP Ecopassport®/FDES.

3) PEP Ecopassport®/FDES

Une partie de la présente évaluation a été effectuée conformément aux spécifications fournies dans le cadre du programme de déclaration environnementale de type III, intitulé FDES/PEP Ecopassport®, qui constitue le cadre Français pour les déclarations environnementales.

Elles définissent les règles de catégorie de produits (PCR) du programme et les règles pour le développement des profils environnementaux de produits (PEP) dans le cadre de la norme ISO 14025. La PCR - Règles de définition des Catégories de Produits (ed 3) PEP Ecopassport® s'applique aux « équipements électriques, électroniques et de génie climatique », et comprend notamment :

- Les fils, câbles et accessoires pour l'énergie, la signalisation, les télécommunications, les données et la précision
- Les solutions pour les installations électriques et la domotique
- Les systèmes de gestion des ouvertures et fermetures, l'équipement de chauffage, de climatisation et d'éclairage
- Le matériel électronique destiné à la sécurité des personnes et des bâtiments
- Les systèmes autonomes d'éclairage de secours
- Le matériel d'acheminement et de protection des câbles
- L'automatisation des processus et l'automatisation industrielle
- L'éclairage intérieur, extérieur et l'éclairage public
- Les équipements destinés à la production d'énergies renouvelables
- Les équipements de chauffage et les chauffe-eaux électriques
- Les équipements de chauffage et de climatisation
- Les équipements destinés à la production d'eau chaude sanitaire
- Les équipements de ventilation et de traitement de l'air

Ce document décrit les règles pour que les PEP relevant du programme de déclaration environnementale de type III soient correctement élaborés et communiqués avec des informations vérifiables, comparables et qui ne soient pas de nature à induire en erreur sur les aspects environnementaux des produits.

Le PCR considéré pour cette évaluation est le PCR-ed3-FR-2015 04 02. Aucune règle spécifique au produit n'est disponible.

L'élaboration d'un PEP nécessite au préalable la réalisation d'une Analyse du Cycle de Vie (ACV) du produit en respectant les règles décrites dans la série de normes ISO 14040.

Ce référentiel est destiné principalement aux :

- Responsables Produits et Environnement
- Experts de l'ACV au sein d'entreprises, chargés de la rédaction des PEP
- Vérificateurs responsables de l'évaluation de la conformité des PEP aux règles définies dans le présent référentiel

Limitations de la méthodologie PEP Ecopassport®/FDES

Cette méthodologie a été considérée afin d'évaluer l'impact carbone des composants de l'installation photovoltaïque, ainsi que les impacts de la construction. Toutefois, tous les indicateurs environnementaux de la méthodologie n'ont pas été pris en considération, car cette étude ne cherche que l'estimation du Potentiel de Réchauffement Climatique, équivalente au kg d'émissions équivalentes de CO₂.

4) Logiciel SimaPro

L'ACV est un outil de quantification de la performance environnementale des produits en tenant compte du cycle de vie complet, depuis l'extraction de matières premières jusqu'à l'élimination finale des produits, y compris le recyclage des matières si nécessaire. Les applications les plus importantes pour un ACV sont les suivantes :

- Identification des possibilités d'amélioration en identifiant les points chauds pour l'environnement dans le cycle de vie d'un produit.
- Analyse de la contribution des étapes du cycle de vie à la charge environnementale globale, généralement dans le but de prioriser les améliorations sur les produits ou les procédés.
- Comparaison entre les produits pour la communication interne ou externe, et comme base pour les déclarations de produits environnementaux.
- La base des mesures normalisées et de l'identification des indicateurs de rendement clés utilisés dans les entreprises pour la gestion du cycle de vie et l'aide à la décision.

L'utilisation de SimaPro, permet l'utilisation de la bibliothèque Ecoinvent V3.6 (méthode de calcul IPCC_2007_100a) pour le calcul des catégories d'impact demandées par la méthodologie PEP Ecopassport®.

D. Méthodes de calcul de l'impact

En cohérence avec les spécifications de l'ADEME, la méthode de calcul d'impact utilisée dans cette étude est l'IPCC2007-GWP100a, qui indique le réchauffement climatique potentiel à 100 ans (GWP100) avec une unité de kg CO₂ équivalent. Des méthodes plus récentes existent mais ne sont pas demandées dans le cahier des charges de l'ADEME.

Cette méthode est applicable aux ACV, ECS, PEP et FDES utilisés dans cette étude ainsi qu'aux calculs complémentaires réalisés dans SimaPro.

Parmi les catégories d'impact du référentiel, certaines sont obligatoires – c'est-à-dire que l'utilisateur devra obligatoirement calculer les impacts pour ces catégories d'impact, et d'autres sont facultatives – c'est-à-dire que l'utilisateur pourra les renseigner de manière volontaire. Seul le réchauffement climatique est traité dans cette étude, conformément au cahier des charges du Ministère des Armées.

15

Changement climatique

Les membres de l'Union Européenne ont fixé un objectif contraignant de réduire de 20% les émissions de gaz à effet de serre à l'horizon 2020. La catégorie d'impact Changement Climatique est retenue comme obligatoire.

L'indicateur de cette catégorie d'impact est le réchauffement climatique potentiel à un horizon temporel de 100 ans. Les émissions de gaz à effet de serre durant les étapes du cycle de vie d'un système PV sont estimées à l'horizon temporel de 100 ans en utilisant la méthode IPCC 2007 à 100 ans (IPCC, 2007) qui est classée au niveau 1 : recommandée et satisfaisante (EC-JRC, 2011). L'unité est le kg CO₂ équivalent.

E. Qualité des données et représentativité

1) Représentativité technologique

Cette étude est basée sur les données techniques communiquées par EDF RENOUVELABLES. Elles correspondent à la conception théorique de la centrale et ne devraient pas significativement évoluer à la réalisation.

2) Représentativité géographique

La fabrication des panneaux photovoltaïques représente à elle seule plus de 50% du bilan total d'une centrale photovoltaïque sur l'ensemble du cycle de vie. Pour ces équipements, une vigilance particulière est apportée à l'origine des produits et la distribution est valorisée séparément.

Pour les autres équipements de la centrale, sauf information complémentaire apportée par le client, les valeurs par défaut des PEP et FDES sont considérées.

3) Représentativité dans le temps

Les durées de vie de référence des équipements sont prises en compte dans l'étude pour déterminer le besoin de remplacement en phase d'opération.

4) Qualité des données

L'inventaire est basé sur la collecte de données prévisionnelles communiquées par le client, considérant que ces données relèvent de son expertise technique et sont communiquées de bonne foi. Les données manquantes sont complétées par des données provenant de la littérature ou estimées. Des contrôles de cohérence sont effectués et la qualité des données des principaux contributeurs est améliorée dans le cas échéant (analyse itérative).

III. Calculs des émissions de CO₂

A. Estimation des émissions de CO₂ pour les panneaux solaires

Les étapes du cycle de vie qui seront considérées dans le cadre de la méthodologie PEP Ecopassport®/FDES sont les suivantes :

- Fabrication
- Distribution
- Installation
- Utilisation (ou opération)
- Fin de vie

L'évaluation du Potentiel de Réchauffement Climatique des panneaux photovoltaïques au cours du cycle de vie se fera en associant deux méthodologies :

- Utilisation de la méthodologie ECS-CRE pour la partie de l'étape de fabrication, couverte par l'ECS
- Pour les compléments les autres étapes du cycle de vie, utilisation de la méthodologie PEP Ecopassport ®/FDES.

Le cumul de ces deux résultats donnera le Potentiel de Réchauffement Climatique pour l'ensemble du cycle (en kgCO₂eq/Wc).

1) Phase de fabrication

ECS-CRE4 pour installations au sol

Selon les caractéristiques de ce projet, une ECS (Evaluation carbone simplifiée) sera à présenter lors du dépôt de l'offre à la CRE, selon le cahier des charges de la CRE pour Centrale au Sol, en vigueur au moment de la candidature.

La description de la méthodologie CRE4 peut être trouvée en annexe.

Une note de calcul du score ECS, pour la référence de panneaux JKM550M-72HL4-BDVP produits par JINKO dans l'usine de Haining (Chine), considérée est disponible en annexe. Score ECS du panneau considéré pour l'appel d'offre.

17

Inventaire de composition des panneaux JKM550M-72HL4-BDVP pour une puissance de 550 Wc :

Composant	Unité	Quantité par module (hors pertes et casse)	Score ECS (kg CO ₂ eq/kWc)
Silicium	Kg	0,8	205,0
Lingot	Kg	0,8	86,4
Plaquette	Pc	98,0	16,5
Cellule	Pc	98,0	94,5
Module	m ²	2,6	33,0
Verre	kg	25,6	54,7
Verre trempé	kg	25,6	11,4
EVA	kg	2,6	13,8
POE/PET	kg	0,0	0,0
TOTAL			515,24894545

Tableau 1 - Inventaire de composition des panneaux photovoltaïques et score ECS

Compléments par la méthodologie PEP Ecopassport®/FDES

Dans le cas des panneaux photovoltaïques considérés, des écarts existent entre les distances d'approvisionnement des composants dans les ACVs réalisées utilisées dans l'ECS et les approvisionnements réels.

L'approvisionnement en câbles des boîte(s) de jonction ne reflète pas la réalité: un transport de 418km par camion est ajouté.

L'approvisionnement en cadre ne reflète pas la réalité: un transport de 624km par camion est ajouté.

La fabrication du cadre aluminium et celle du câble de la boîte de jonction sont exclues de la méthodologie ECS CRE4, et doivent donc être évaluées séparément.

18

Contribution	Unité	Quantité	Référence Ecoinvent
Câble de la boite de jonction	Kg	0,06	Cable, unspecified {GLO} market for APOS, U
Cadre aluminium	Kg	4,37	Aluminium alloy, AlMg3 {GLO} market for APOS, U
Transport Camion	tkm	2,75	Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified APOS, U
Transport Bateau	tkm	0,00	Transport, freight, sea, container ship {GLO} transport, freight, sea, container ship APOS, U
Transport Avion	tkm	0,00	Transport, freight, aircraft, long haul {GLO} market for transport, freight, aircraft, long haul APOS, U

Tableau 2 - Valorisation des impacts hors ECS à la fabrication des panneaux photovoltaïques

Contribution	PRC (kgCO ₂ eq/panneau)
ECS	283,4
Câble de la boite de jonction	0,4
Cadre aluminium	38,4
Transport Camion	0,4
Transport Bateau	0,0
Transport avion	0,0
TOTAL	322,5

Tableau 3 - Bilan du PRC d'un panneau photovoltaïque pour la phase de fabrication

2) Phase de Distribution

La distribution de ce produit est calculée à partir du poids du panneau photovoltaïque (34,3kg) et de son emballage (1,2kg), et de la distance entre :

- L'usine de production Haining (Chine) et le port de Ningbo (Chine) (Transport par camion)
- Le port de Ningbo (Chine) et le port de Anvers (Belgique) (Transport par bateau)
- Les panneaux photovoltaïques sont livrés directement sur site sans transit par un stockage intermédiaire
- Le port de Anvers (Belgique) et la commune d'installation de Entzheim (67) (Transport par camion).

19

Trajet	Distance (km)	Unité fonctionnelle (tkm)	Référence Ecoinvent
De l'usine de production au port de départ	200	7,1	Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified APOS, U
Du port de départ au port d'arrivée	20 896	742,4	Transport, freight, sea, container ship {GLO} transport, freight, sea, container ship APOS, U
Du port d'arrivée au site de stockage	0	0,0	Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified APOS, U
Du site de stockage au site de construction	520	18,5	Transport, freight, lorry, unspecified {GLO} market group for transport, freight, lorry, unspecified APOS, U
PRC TOTAL distribution :	10,4		(KgCO2eq/panneau)

Tableau 4 - Bilan du PRC d'un panneau photovoltaïque pour la phase de distribution

3) Phase d'Installation

Pour la portée de cette évaluation, l'activité d'installation implique l'action de placer le panneau solaire dans un emplacement exposé à l'irradiation solaire. La fixation à la structure et le raccordement électrique sont considérés comme des opérations entièrement manuelles dont les composants éventuels sont intégrés dans les matériaux des autres lots concernés.

La casse de module considérée lors de l'installation est estimée à 0.

Par conséquent, le seul impact à prendre en considération sur ce module sera l'élimination des déchets des matériaux d'emballage des panneaux photovoltaïques.

La distance de transport pour les déchets recyclés ou non depuis le site d'installation est évalué à 200km (distance conservatrice la distance réelle étant inconnue).

20

Destination	Carton et papier [kg]	Plastiques [kg]	Bois [kg]	Poids total [kg]
Composition	0,143	0,153	0,930	1,226
Recyclage	0,134	0,039	0,263	0,436
Incinération (valo. énergétique)	0,004	0,059	0,087	0,150
Enfouissement	0,004	0,055	0,581	0,640

Tableau 5 - Traitement des déchets d'emballage des panneaux photovoltaïques en phase d'installation

Contribution	PRC (kgCO2eq/panneau)	Valorisation Ecoinvent
Casse Module	0,00	Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill APOS, U
Emballage Carton recyclé	0,00	Recyclé: le bénéfice du recyclage n'est pas considéré dans une ACV du berceau à la tombe
Emballage plastique recyclé	0,00	Recyclé: le bénéfice du recyclage n'est pas considéré dans une ACV du berceau à la tombe
Emballage bois recyclé	0,00	Recyclé: le bénéfice du recyclage n'est pas considéré dans une ACV du berceau à la tombe
Emballage incinéré	0,08	Municipal solid waste {FR} treatment of, incineration APOS, U
Emballage enfoui	0,32	Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill APOS, U
Transport camion	0,02	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 APOS, U
TOTAL	0,43	(KgCO2eq/panneau)

Tableau 6 - Bilan de l'impact PRC d'un panneau photovoltaïque en phase d'installation

4) Phase d'Utilisation

B1. Opération

Un panneau photovoltaïque en opération est un équipement passif, qui ne consomme pas d'énergie et n'émet aucune pollution à l'air, à l'eau ou au sol.

La contribution du panneau photovoltaïque en opération au bilan carbone de la centrale est donc nulle.

B2. Maintenance

Une installation photovoltaïque est en général maintenue grâce à une visite annuelle d'un agent de maintenance.

21

Les opérations de maintenance se limitent pour l'essentiel au nettoyage des panneaux (voir paragraphe consommation d'eau) et à quelques interventions électriques réalisables avec un équipement manuel simple.

L'impact sur le bilan carbone se limite donc au déplacement sur site de l'agent de maintenance.

Il a été considéré une visite annuelle, avec un déplacement aller-retour de 200 km. Porté à une durée de vie de 27 ans, cela donne une distance totale de 5400 km.

Ce transport a été valorisé avec la valeur Ecoinvent Transport, passenger car, small size, diesel, EURO 3 {RER}| Transport, passenger car, small size, diesel, EURO 3 | APOS, S.

Cela donne un potentiel de réchauffement climatique de 1300 kgCO₂ eq pour l'ensemble de la centrale, ce qui ramené au nombre de panneaux installés donne 0,023 kgCO₂/panneau.

Bien que demandé dans le référentiel, cet impact est négligeable.

B3. Remplacement

Selon le référentiel défini dans le cahier des charges, la durée de vie des panneaux photovoltaïques est considérée comme étant de 30 ans. Aucun remplacement n'est considéré.

B4. Réparation

Selon le référentiel défini dans le cahier des charges, la durée de vie des panneaux photovoltaïques est considérée comme étant de 30 ans. Aucune réparation n'est considérée.

B5. Rénovation

Selon le référentiel défini dans le cahier des charges, la durée de vie des panneaux photovoltaïques est considérée comme étant de 30 ans. Aucune rénovation n'est considérée.

B6. Consommation d'énergie

Un panneau photovoltaïque en opération est un équipement passif, qui ne consomme pas d'énergie.

L'énergie produite par un module photovoltaïque dépend de la puissance crête installée [Wc] qui diminue avec le temps, en raison des changements de performance pendant la durée de vie. Le calcul de la production d'énergie a été fait avec l'équation suivante :

$$ET = \sum_{i=1}^{DVR} E_{i-1}$$

Où :

- ET= Production d'énergie sur l'ensemble de la durée de vie de la centrale [kWh]
- DVR = Durée de vie de référence : 27 ans
- E_i= Production d'énergie pour l'année i [kWh/an]

Les panneaux JKM550M-72HL4-BDVP considérés ont une garantie de performance de 30 ans, une performance de 98% la première année et 85% au terme de la garantie de performance.

Nous considérons donc une dégradation annuelle de 0,45% pendant la durée de garantie et de 0,7% au delà comme préconisé dans le Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

$$E_i = \text{Productible} \times \text{Puissance Crête} \times \left(1 - \sum_{n=1}^i r_n\right)$$

Où :

- r_n = dégradation des modules pour l'année n
- Puissance crête = valeur de la puissance maximale mesurée aux conditions normales d'essai (STC): 550 Wc dans le cas des panneaux considérés.
- Productible = Rendement potentiel d'électricité photovoltaïque pour la centrale

Dans le Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b), le productible sur le cycle de vie de du système PV doit être évalué de deux façons :

- Une évaluation sur site
- Et une évaluation dite de référence

Pour l'évaluation sur site, cette étude utilise le Cas 1, précisé dans le document de référence. La valeur du productible annuel (noté EVAL_{ELEC} dans le document de référence) est issue du calcul de la réponse à l'appel d'offre. Elle est communiquée à PINK Strategy par EDF RENOUVELABLES. Cette évaluation prend en compte les caractéristiques techniques de l'installation à l'étude (rendement des modules, pertes électriques, durée de vie du système PV, etc.) ainsi que les conditions d'irradiation du système PV.

Le productible communiqué par EDF RENOUVELABLES est de 1145,42 kWh/kWc/an.

La production théorique d'énergie calculée pour un panneau pendant sa durée de vie de 27 ans est de 15 674 kWh.

Dans le cas de l'évaluation de référence, une équation simplifiée doit être utilisée pour estimer le productible sur le cycle de vie du système :

$$E_{Total} = \sum_{n=0}^{Durée de vie des modules - 1} \left[\left(\frac{P_{Crête} * Ir_{Plan} * PR_{instal}}{\Phi_{irrSTC}} \right) * \left(\frac{100 - \delta * n}{100} \right) \right]$$

Avec :

23

- E_{Total} : Valeur du productible calculée à partir de la méthode simplifiée
- $P_{Crête}$: Puissance crête du système PV (exprimée en kWc)
- Ir_{Plan} : Irradiation moyenne annuelle sur le plan de l'installation (Une irradiation annuelle moyenne sur le plan de l'installation est fixé à 1440 kWh/m² pour cette méthode)
- PR_{instal} : Performance Ratio ou Coefficient de performance du système PV
- Φ_{irrSTC} : Eclairage aux conditions STC (équivalent à 1 kWc/m²)
- δ : Dégradation annuelle des modules
- n : Durée de vie des modules (exprimée en années)

Une irradiation annuelle moyenne sur le plan de l'installation est fixée à 1 440 kWh/m². Le calcul donne un productible de référence de 1 152 kWh/kWc/an et une production théorique pour un panneau pendant sa durée d'exploitation de 27 ans de 20 012 kWh.

B7. Consommation d'eau

Il a été considéré une visite annuelle pour nettoyage des panneaux, avec une consommation d'eau 20 l/m² de panneaux. Porté à une durée de vie de 27 ans, cela donne une consommation totale de 1,4m³ d'eau par panneau.

Cette consommation a été valorisée avec la valeur Ecoinvent Tap water {Europe without Switzerland} | market for | APOS, U.

Cela donne un potentiel de réchauffement climatique de 0,479 kgCO₂ eq / panneau.

Bien que demandé dans le référentiel, cet impact est négligeable.

5) Fin de vie

Déconstruction

Ce scénario considère un démontage manuel des panneaux, sans impact carbone.

Transport des déchets

Le produit sera d'abord transporté dans un centre de recyclage PV Cycle. Ensuite, après la récupération des pièces recyclables, le reste des matériaux considérés comme non recyclables sera transporté à une élimination pour incinération, tandis que les matières recyclables seront transportées à chaque usine de traitement fin de vie en fonction de leur nature.

La masse totale du produit désinstallé est de 34,3kg, poids d'un panneau solaire.

Tous les transports en fin de vie ont été pris en compte :

- Distance de transport entre le site de Entzheim (67) et l'installation de recyclage PV Cycle : 790 km.
- Distance de transport pour les boîtes de jonction de l'installation PV Cycle à l'usine Partenaire PV Cycle à Montpellier : 170 km.
- Distance de transport pour les matériaux non recyclés de l'installation PV Cycle à l'usine d'incinération des déchets : 200 km est supposé être une distance conservatoire, la distance réelle étant inconnue.

PV Cycle s'engage à utiliser des camion EURO5 pour l'ensemble de ses transports.

Produit	Poids (kg)	Unité fonctionnelle (tkm)	Référence Ecoinvent
Panneau Solaire	34,3	27,10	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 APOS, U
Boîte de jonction			
Déchets finaux			
PRC TOTAL évacuation :		0,09	(KgCO ₂ eq/panneau)

Tableau 7 - Détail des transports en Fin de Vie pour les panneaux photovoltaïques

Traitement des déchets

Les panneaux JINKO sont considérés comme recyclés par PV Cycle. Le processus de recyclage du panneau est principalement basé sur le diagramme de flux suivant de Fraunhofer IPB :

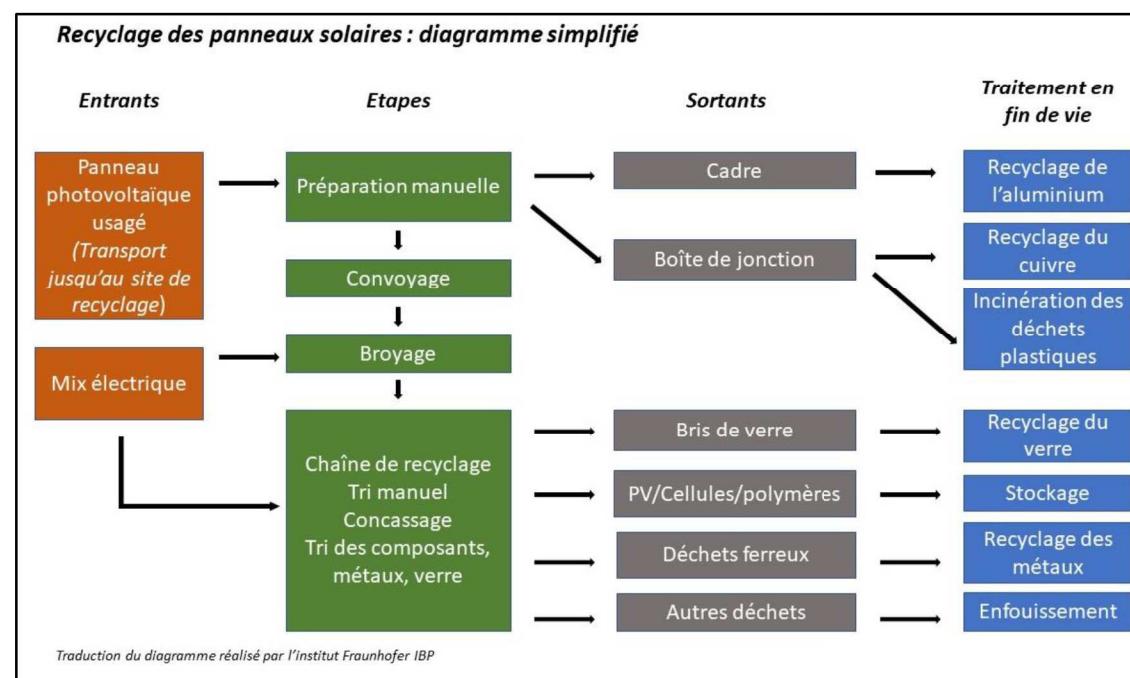


Figure 3 : Diagramme de recyclage de Fraunhofer IPB.

L'ensemble du processus se fait uniquement par la technique mécanique.

Le module PV est déconstruit manuellement, séparé principalement en un cadre en aluminium, la boîte de jonction et le module photovoltaïque. Par la suite, le module est d'abord découpé en lamelles puis broyé. Un procédé mécanique permet de séparer les broyats en fractions différentes (verre, métaux ferreux, métaux non ferreux, polymères, silicium et déchets finaux).

Scénario de gestion des déchets des panneaux photovoltaïques

Composition	Quantité [kg]	Valorisation
Traitement PV Cycle	34,3	Used industrial electronic device {GLO} treatment of, mechanical treatment APOS, U
Verre	24,29	Recyclé: le bénéfice du recyclage n'est pas considéré dans une ACV du berceau à la tombe
Cadre	4,37	Recyclé: le bénéfice du recyclage n'est pas considéré dans une ACV du berceau à la tombe
Silicium	0,95	Recyclé: le bénéfice du recyclage n'est pas considéré dans une ACV du berceau à la tombe
Junction Box	0,23	Recyclé: le bénéfice du recyclage n'est pas considéré dans une ACV du berceau à la tombe
Métaux	0,38	Recyclé: le bénéfice du recyclage n'est pas considéré dans une ACV du berceau à la tombe
Polymères	2,46	Municipal solid waste {FR} treatment of, incineration APOS, U
Pertes	1,62	Municipal solid waste {RoW} treatment of, sanitary landfill APOS, U
TOTAL	34,31	Ce poids est majorant par rapport au poids du panneau: l'hypothèse est conservatoire.
PRC retraitement	32,29	(KgCO2eq/panneau)
PRC évacuation	0,09	(KgCO2eq/panneau)
PRC TOTAL fin de vie	32,38	(KgCO2eq/panneau)

Tableau 8 - Traitement Fin de vie des panneaux photovoltaïques

5% du poids du module est considéré comme non recyclé. Il est valorisé en temps que déchet ultime. 7% du poids du module est valorisé en temps que combustible de récupération. Le reste (88%) est recyclé.

27

6) Résultats des émissions des panneaux photovoltaïques.

Phase	Résultat pour 1 panneau	Résultat pour l'ensemble de l'installation	Résultat ramené au kWc installé	Résultat ramené au kWh produit
Fabrication	322,5	1,80E+07	586,4	2,06E-02
Distribution	10,4	5,79E+05	18,9	6,62E-04
Installation	0,4	2,37E+04	0,8	2,71E-05
Opération	0,5	2,80E+04	0,9	3,20E-05
Fin de vie	17,8	9,92E+05	32,4	1,14E-03
TOTAL	351,6	1,96E+07	639,3	2,24E-02
Valeurs par défaut de l'ADEME	1826,0	1,02E+08	3320,0	1,16E-01

Tableau 9 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des panneaux photovoltaïques

28

B. Estimation des émissions de CO2 de la centrale électrique

La centrale électrique est composée des éléments suivants :

- Onduleur
- Transformateur

1) Onduleurs

L'onduleur utilisé pour ce projet est un Onduleur string avec protection intégrée SUN2000-185KTL-H1 de marque Huawei, d'une puissance de 185kVA, et d'un poids de 84kg. La fiche technique de cet onduleur est disponible en annexe de ce rapport.

133,0 onduleurs sont utilisés dans la centrale photovoltaïque.

Huawei a publié une analyse du cycle de vie pour ce produit (voir annexes): HUAWEI - SYBH(G)06278351

Phase	PRC de référence [kgCO2/UF]	PRC pour 1 onduleur remplacé à mi-vie [kgCO2/pcs]	Résultat pour l'ensemble de l'installation
Fabrication	2614,5	5229	6,95E+05
Distribution	2,7	5,4	7,18E+02
Installation	0	0	0,00E+00
Opération	0	0	0,00E+00
Fin de vie	1,1	2,2	2,93E+02
TOTAL		5236,6	696467,8

Tableau 10 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des onduleurs

	PRC calculé [kCO2 eq]	Valeurs par défaut de l'ADEME
Résultat pour l'ensemble de l'installation	6,96E+05	1,33E+06
Résultat ramené au kWc installé	22,7	43,4
Résultat ramené au kWh produit	7,97E-04	1,52E-03

Tableau 11 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des onduleurs

2) Transformateur

Des transformateurs de puissances différentes seront installés, le transformateur de référence (la quantité est ramenée à la puissance de ce transformateur) est un transformateur conducteur aluminium ZENA0017843 de marque CG Power system, d'une puissance de 4 000 kVA, et d'un poids de 7 270kg. La fiche technique de ce transformateur est disponible en annexe de ce rapport.

5 transformateurs sont utilisés dans la centrale photovoltaïque.

Pour le moment CG Power system n'a publié aucune déclaration environnementale sur son produit. Une fiche Référentiel méthodologique ADEME, émise par l'ADEME, est utilisée. Elle porte sur:

- Transformateurs
- avec une durée de vie de référence de 30 ans
- un poids approximatif non défini
- dont l'unité fonctionnelle est: 1 kVA

Cette déclaration est pour un transformateur moins puissant que celui considéré. Nous considérons qu'une extrapolation des émissions de CO₂, à partir du poids des deux transformateurs, conduira à un score conservateur, du fait des effets d'échelle.

La documentation de référence Référentiel méthodologique ADEME système PV > 250kVA installé au sol prend en compte pour la phase d'utilisation, la perte énergétique occasionnée par la résistivité de l'appareil. Dans le cas d'une centrale photovoltaïque, seule la consommation en veille est à prendre en compte. La consommation en veille est inclue dans le calcul du productible communiqué par le client.

Phase	PRC de référence [kgCO ₂ /pcs]	PRC pour 1 Transformateur [kgCO ₂ /pcs]	Résultat pour l'ensemble de l'installation
Fabrication			
Distribution			
Installation	10900	43600	2,18E+05
Opération			
Fin de vie			
TOTAL		43600	218000

Tableau 12 - Bilan des émissions en Kg CO₂eq sur l'ensemble du cycle de vie des transformateurs

	PRC calculé [kCO ₂ eq]	Valeurs par défaut de l'ADEME
Résultat pour l'ensemble de l'installation	2,18E+05	2,18E+05
Résultat ramené au kWc installé	7,1	7,1
Résultat ramené au kWh produit	2,50E-04	2,50E-04

Tableau 13 - Bilan des émissions en Kg CO₂eq sur l'ensemble du cycle de vie des transformateurs

C. Estimation des émissions de CO₂ de la connexion électrique

1) Armoires

L'armoire utilisée pour ce projet est une armoire électrique métallique non définie de marque non définie, et d'un poids indéterminé.

Une seule armoire est utilisée dans la centrale photovoltaïque.

Le fabricant étant non déterminé à ce stade de l'étude, une fiche Donnée environnementale par défaut, émise par le Ministère de l'Environnement de l'énergie et de la mer et le Ministère du logement et de l'habitat durable, est utilisée. Elle porte sur:

- Armoire électrique métallique
- avec une durée de vie de référence de 20 ans
- un poids approximatif non défini
- dont l'unité fonctionnelle est: 1 unité - Protéger les personnes contre le contact direct des éléments actifs sous tension et assurer le regroupement de matériel de contrôle par une armoire électrique métallique pendant une durée de vie typique de 20 ans

Cette fiche fait partie de la base de données INIES en France (voir Bibliographie).

Cette déclaration est pour une armoire standard, sans poids défini. Elle sera appliquée sans extrapolation.

Bien que la durée de vie de l'équipement dans le document de référence soit plus courte, nous considérons une durée de vie de référence d'une armoire de 30 ans, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

Phase	PRC de référence [kgCO ₂ /pcs]	PRC pour 1 Armoire [kgCO ₂ /pcs]	PRC pour l'ensemble de l'installation [kg CO ₂]
Fabrication	2171	2171	2,17E+03
Distribution	5,5	5,5	5,48E+00
Installation	0	0	0,00E+00
Opération	0	0	0,00E+00
Fin de vie	2,1	2,1	2,10E+00
TOTAL		2178,6	2,18E+03
PRC de l'installation ramené au kWc			0,1
PRC de l'installation ramené au kWh			2,50E-06

Tableau 14 - Bilan des émissions en Kg CO₂eq sur l'ensemble du cycle de vie des armoires

2) Disjoncteurs unitaires

Le disjoncteur unitaire utilisé pour ce projet est non défini, et d'un poids indéterminé.

5 disjoncteurs unitaires sont utilisés dans la centrale photovoltaïque.

Le fabricant étant non déterminé à ce stade de l'étude, une fiche Donnée environnementale par défaut, émise par le Ministère de l'Environnement de l'énergie et de la mer et le Ministère du logement et de l'habitat durable, est utilisée. Elle porte sur:

- Disjoncteur
- avec une durée de vie de référence de 20 ans
- un poids approximatif non défini
- dont l'unité fonctionnelle est: 1 unité - Protéger un circuit contre les surcharge et les courts-circuits, disjoncteur de 10, 15 et 25kA, pour une durée de vie typique de 20 ans

31

Cette fiche fait partie de la base de données INIES en France (voir Bibliographie).

Cette déclaration est pour un disjoncteur unitaire standard, sans poids défini. Elle sera appliquée sans extrapolation.

Bien que la durée de vie de l'équipement dans le document de référence soit plus courte, nous considérons une durée de vie de référence d'un disjoncteur unitaire de 30 ans, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

Phase	PRC de référence [kgCO ₂ /pcs]	PRC pour 1 Disjoncteur [kgCO ₂ /pcs]	PRC pour l'ensemble de l'installation [kg CO ₂]
Fabrication	0,96	0,96	4,82E+00
Distribution	0,01	0,01	5,63E-02
Installation	0	0	0,00E+00
Opération	0	0	0,00E+00
Fin de vie	0,01	0,01	5,38E-02
TOTAL		0,99	4,93E+00
PRC de l'installation ramené au kWc			0
PRC de l'installation ramené au kWh			5,64E-09

Tableau 15 - Bilan des émissions en Kg CO_{2eq} sur l'ensemble du cycle de vie des disjoncteurs unitaires

3) Disjoncteur général

Le disjoncteur général utilisé pour ce projet est non défini de marque non défini, et d'un poids indéterminé.

Un seul disjoncteur général est utilisé dans la centrale photovoltaïque.

Le fabricant étant non déterminé à ce stade de l'étude, une fiche Donnée environnementale par défaut, émise par le Ministère de l'Environnement de l'énergie et de la mer et le Ministère du logement et de l'habitat durable, est utilisée. Elle porte sur:

- Disjoncteur de branchement
- avec une durée de vie de référence de 20 ans
- un poids approximatif non défini
- dont l'unité fonctionnelle est: 1 unité - Assurer l'arrêt d'urgence de l'ensemble de l'installation en cas de problème, pour une durée de vie typique de 20 ans.

32

Cette fiche fait partie de la base de données INIES en France (voir Bibliographie).

Cette déclaration est pour un disjoncteur général standard, sans poids défini. Elle sera appliquée sans extrapolation.

Bien que la durée de vie de l'équipement dans le document de référence soit plus courte, nous considérons une durée de vie de référence d'un disjoncteur général de 30 ans, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

Phase	PRC de référence [kgCO ₂ /pcs]	PRC pour 1 Disjoncteur [kgCO ₂ /pcs]	PRC pour l'ensemble de l'installation [kg CO ₂]
Fabrication		3,9	3,9
Distribution		0	0
Installation		0	0
Opération		0	0
Fin de vie		0,1	0,1
TOTAL		4	4,01E+00
PRC de l'installation ramené au kWc			0
PRC de l'installation ramené au kWh			4,59E-09

Tableau 16 - Bilan des émissions en Kg CO_{2eq} sur l'ensemble du cycle de vie des disjoncteurs généraux

4) Câblages

Cette section présente l'évaluation des câbles de l'installation, sans tenir compte des câbles de la boîte de jonction du panneau. Ceux-ci ont déjà été considérés dans les calculs pour le panneau PV.

Deux types de câbles sont considérés :

- Les câbles DC, reliant les panneaux solaires à l'onduleur de la centrale électrique
- Les câbles AC, reliant la centrale électrique au poste de livraison

Câblage DC

33

Le câblage DC est constitué d'une seule section de câble: Câble conducteur cuivre non défini de marque non défini, constitué de 2 câbles de (1x6) mm², et d'un poids de 0,076kg/ml. La fiche technique de ce câble est disponible en annexe de ce rapport.

334 368ml de ce câble sont utilisés dans la centrale photovoltaïque.

Pour le moment non défini n'a publié aucune déclaration environnementale sur son produit. Une fiche Donnée environnementale par défaut, émise par le Ministère de l'Environnement de l'énergie et de la mer et le Ministère du logement et de l'habitat durable, est utilisée. Elle porte sur:

- cable basse tension 0,6/1kV [5 mm² à 120 mm²]
- avec une durée de vie de référence de 30 ans
- un poids approximatif de 1,36kg/ml
- une section de référence de 1x120 mm²
- dont l'unité fonctionnelle est: 1 ml - Transporter de l'énergie, sur une distance de 1m, à l'aide d'un câble basse tension de tension nominale 0,6/1 kV, pendant une durée de vie de référence de 30 ans et à un taux d'utilisation de 70%, en conformité avec les normes en vigueur. Section conductrice entre 5 mm² et 120 mm².

Cette fiche fait partie de la base de données INIES en France (voir Bibliographie).

Cette déclaration est pour un cable de section de 1x120 mm². Elle sera appliquée en corrigeant les quantités en ml du ratio des sections.

La durée de vie de l'équipement dans le document de référence correspond au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b)..

Phase	PRC de référence [kgCO ₂ /pcs]	PRC pour 1 ml de câble [kgCO ₂]	PRC pour l'ensemble de l'installation [kg CO ₂]
Fabrication	6,7	6,7	2,25E+05
Distribution	1,8	1,8	5,95E+04
Installation	0	0	0,00E+00
Opération	0	0	0,00E+00
Fin de vie	1	1	3,25E+04
TOTAL		981,5	3,17E+05
PRC de l'installation ramené au kWc			10,3
PRC de l'installation ramené au kWh			3,63E-04

Tableau 17 - Bilan des émissions en Kg CO₂eq sur l'ensemble du cycle de vie du câblage DC

Câblage AC

Le câblage AC est constitué d'un seul type de câble: Câble conducteur aluminium NF C 33-226 12/20kV XPREMIO de marque Nexans, constitué de 1 câble de(3x150) mm², et d'un poids de 2,8kg/ml. La fiche technique de ce câble est disponible en annexe de ce rapport.

14 050ml de ce câble sont utilisés dans la centrale photovoltaïque.

Pour le moment Nexans n'a publié aucune déclaration environnementale sur son produit. Une fiche Extrapolation PEP-NEXANS + 20%, émise par Nexans et corrigée d'un facteur conservateur par PINK Strategy, est utilisée. Elle porte sur:

- cable moyenne tension 12/20 kV aluminium
- avec une durée de vie de référence de 40 ans
- un poids approximatif de 3,625kg
- dont l'unité fonctionnelle est: Transporter de l'énergie exprimée pour 1A sur une distance de 1km pendant 40 années et un taux d'utilisation de 100%, en conformité avec les normes en vigueur.

Cette fiche fait partie de la base de données INIES en France (voir Bibliographie).

Cette déclaration est pour un cable de section de 3X150 mm². Elle sera appliquée en corrigeant les quantités en ml du ratio des sections.

Bien que la durée de vie de l'équipement dans le document de référence soit plus longue, nous considérons une durée de vie de référence des câbles de 30 ans, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

La documentation de référence Extrapolation PEP-NEXANS + 20% NXNS-00061-V01.01-FR prend en compte pour la phase d'utilisation, la perte énergétique occasionnée par la résistivité de l'appareil. Dans le cas d'une centrale photovoltaïque, la contribution de la phase opération de la PEP sera donc neutralisée..

35

Phase	PRC de référence [kgCO2/pcs]	PRC pour 1 ml de câble [kgCO2]	PRC pour l'ensemble de l'installation [kg CO2]
Fabrication	31,2	31,2	4,38E+05
Distribution	0,3	0,3	4,89E+03
Installation	0	0	6,52E+02
Opération	0	0	0,00E+00
Fin de vie	0,5	0,5	6,74E+03
TOTAL		511,6	4,51E+05
PRC de l'installation ramené au kWc			14,7
PRC de l'installation ramené au kWh			5,16E-04

Tableau 18 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie du câblage AC

5) Résultats des émissions de la connexion électrique.

	PRC calculé [kCO2 eq]	Valeurs par défaut de l'ADEME
Résultat pour l'ensemble de l'installation	7,70E+05	2,15E+06
Résultat ramené au kWc installé	25,1	70,1
Résultat ramené au kWh produit	8,82E-04	2,46E-03

Tableau 19 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie de la connexion électrique

D. Estimation des émissions de CO2 des supports

La fixation des tables au sol est réalisée grâce à des pieux battus en acier galvanisé.

Au regard du terrain du site, un préforage est nécessaire pour ancrer les pieux.

La structure porteuse est constituée de tables d'un poids total de 600 tonnes. Les tables sont composées d'éléments de formes différentes mais pour la plupart en acier de la même composition.

La quantité totale d'acier utilisée pour l'installation est de 614 tonnes.

Le projet ne prévoit pas d'installation de traqueurs sur ce site..

1) Fondations

Les fondations de tables utilisées pour ce projet sont en pieux battus ou micropieux avec préforage, sans ajout de béton. Les pieux battus ou micropieux sont d'un poids de 18kg. 172 380kg de pieux battus ou micropieux sont utilisés dans la centrale photovoltaïque.

Le fabricant étant non déterminé à ce stade de l'étude, une fiche Donnée environnementale par défaut, émise par le Ministère de l'Environnement de l'énergie et de la mer et le Ministère du logement et de l'habitat durable, est utilisée. Elle porte sur:

- fondations en acier
- avec une durée de vie de référence de 100 ans
- un poids approximatif de 91,5kg
- dont l'unité fonctionnelle est: 1 ml - Assurer la fonction de support de charge et autres éléments sur 1 m linéaire avec une épaisseur de 0,012m pour une durée de vie typique de 100 ans.

Cette fiche fait partie de la base de données INIES en France (voir Bibliographie). Cette déclaration est pour des fondations en acier de 91,5kg. Nous considérons qu'une extrapolation des émissions de CO2, à partir du poids des fondations.

Bien que la durée de vie de l'équipement dans le document de référence soit plus longue, nous considérons une durée de vie de référence de fondationsl de 30 ans, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

Composant	Phase	PRC de référence [kgCO2/UF]	PRC pour 1kg de fondations [kgCO2]	PRC pour l'ensemble de l'installation [kg CO2]
Acier	Fabrication	531,0	1,1	1,09E+04
	Distribution	50,8	0,1	1,05E+03
	Installation	0,0	0,0	0,00E+00
	Opération	0,0	0,0	0,00E+00
	Fin de vie	63,3	0,1	1,30E+03
Préforage	Fabrication	0,5	69,5	7,97E+04
	Distribution	0,0	0,0	0,00E+00
	Installation	0,0	0,0	0,00E+00
	Opération	0,0	0,0	0,00E+00
	Fin de vie	0,0	0,0	0,00E+00
Béton	Fabrication	0,0	0,0	0,00E+00
	Distribution	0,0	0,0	0,00E+00
	Installation	0,0	0,0	0,00E+00
	Opération	0,0	0,0	0,00E+00
	Fin de vie	0,0	0,0	0,00E+00
	TOTAL		0,0	9,30E+04
	PRC de l'installation ramené au kWc			3,0
	PRC de l'installation ramené au kWh			1,06E-04

Tableau 20 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des fondations de structure

performances prescrites en phase de conception du projet, pour une durée de vie de référence de 100 ans, un module d'Young (élasticité) égal à 210 GPa, et les nuances d'acier S235, S275, S355 et S460 (définies dans la norme NF EN 10025).

Cette fiche fait partie de la base de données INIES en France (voir Bibliographie).

Cette déclaration est pour un Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature de 1kg. Nous considérons une extrapolation des émissions de CO2, à partir du poids des tables.

Bien que la durée de vie de l'équipement dans le document de référence soit plus longue, nous considérons une durée de vie de référence d'une table de 30 ans, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

39

Matériaux	Phase	PRC de référence [kgCO2/UF]	Valorisation
Acier	Fabrication	2,7	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Fabrication
	Distribution	0,0	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Distribution
	Installation	0,3	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Installation
	Opération	0,0	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Opération
	Fin de vie	0,0	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Fin de vie
Aluminium	Fabrication	8,8	Aluminium alloy, AlMg3 {GLO} market for APOS, U
	Fabrication	0,1	Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 APOS, U
	Distribution	0,0	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Distribution
	Installation	0,3	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Installation
	Opération	0,0	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Opération
	Fin de vie	0,2	FDES Collective-CTICM_Profilé reconstitué soudé en acier utilisé comme élément d'ossature {GLO} Fin de vie
	Fin de vie	0,1	Scrap aluminium {Europe without Switzerland} market for scrap aluminium APOS, U Transport, freight, lorry >32 metric ton, euro5 {RER} market for transport, freight, lorry >32 metric ton, EURO5 APOS, U

Tableau 21 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des tables

Phase	PRC pour 1kg de table [kgCO2/pcs]	PRC pour l'ensemble de l'installation [kg CO2]
Fabrication	2,7	1,63E+06
Distribution	0,0	1,08E+04
Installation	0,3	1,56E+05
Opération	0,0	0,00E+00
Fin de vie	0,0	2,58E+04
TOTAL	3	1,82E+06
PRC de l'installation ramené au kWc		59,3
PRC de l'installation ramené au kWh		2,08E-03

Tableau 22 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des tables

3) Résultats des émissions du support

	PRC calculé [kCO2 eq]	Valeurs par défaut de l'ADEME
Résultat pour l'ensemble de l'installation	1,91E+06	5,78E+06
Résultat ramené au kWc installé	0	188,6
Résultat ramené au kWh produit	6,23E+01	6,62E-03

Tableau 23 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des supports

E. Estimation des émissions de CO2 des traqueurs

Il n'est pas prévu d'installer des traqueurs sur ce projet.

Phase	PRC de référence [kgCO2/kg]	PRC pour 1 Traqueur [kgCO2/pcs]	PRC pour l'ensemble de l'installation [kg CO2]
TOTAL	8,03	0	0,00E+00
PRC de l'installation ramené au kWc			0,00
PRC de l'installation ramené au kWh			0,00E+00

Tableau 24- Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des traqueurs

F. Estimation des émissions de CO2 du Local technique, voirie et clôture

Les autres éléments de la centrale prévus au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b) sont :

- Le local technique
- La voirie
- La clôture

41

1) Local technique

Les données de modélisation du bilan carbone étant insuffisantes, l'impact du local technique sera calculé avec la méthodologie du Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

Phase	PRC de référence [kgCO2/UF]	PRC pour 1 local technique [kgCO2/pcs]	Résultat pour l'ensemble de l'installation
Fabrication			
Distribution			
Installation	7,3	7,3	2,23E+05
Opération			
Fin de vie			
TOTAL		7,3	223134,912

Tableau 25 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie du local technique

2) Voirie

Les voiries, pour ce projet, sont en graviers avec décaissement de 55cm:

Les pistes lourdes sont d'une largeur moyenne de 5,0m et nous considérons un terrassement conservateur de 55cm. Cela donne un poids de graviers de 4 400kg/m2 de piste. 0,6km de pistes lourdes sont prévus.

Les pistes légères sont de largeur 3m et nous considérons un terrassement conservateur de 5cm. Cela donne un poids de graviers de 2400kg/m2 de piste. 3km de pistes légères sont prévus. Aucune déclaration environnementale n'existant pour les pistes gravillonnées, l'impact carbone a été évalué par PINK Strategy dans Simapro. Ces opérations sont modélisées dans simapro en utilisant les valeurs gravel, crushed {RoW} | market for gravel, crushed | APOS, U et Excavation, skid-steer loader {GLO} | market for | APOS, U Un entretien de 20% tous les 5 ans a été considéré en phase opération, avec la même modélisation.

Nous considérons une durée de vie de référence de la voirie de 30 ans, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

42

Phase	PRC de référence [kgCO2/UF]	PRC pour 1 km de voirie [kgCO2/pcs]	Résultat pour l'ensemble de l'installation
Fabrication	43,1	43,1	1,35E+05
Distribution	0,0	0,0	0,00E+00
Installation	0,0	0,0	0,00E+00
Opération	8,6	8,6	2,71E+04
Fin de vie	0,0	0,0	0,00E+00
TOTAL		51,8	162556,818

Tableau 27 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des voiries

	PRC calculé [kCO2 eq]	Valeurs par défaut de l'ADEME
Résultat pour l'ensemble de l'installation	2,23E+05	2,23E+05
Résultat ramené au kWc installé	7,3	7,3
Résultat ramené au kWh produit	2,55E-04	2,55E-04

Tableau 26 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie du local technique

	PRC calculé [kCO2 eq]	Valeurs par défaut de l'ADEME
Résultat pour l'ensemble de l'installation	1,63E+05	9,55E+05
Résultat ramené au kWc installé	5,3	31,1
Résultat ramené au kWh produit	1,86E-04	1,09E-03

Tableau 28 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des voiries

3) Clôture

Les données de modélisation du bilan carbone étant insuffisantes, l'impact des clôtures sera calculé avec la méthodologie du Référentiel méthodologique ADEME_système PV > 250kVA installé au sol_Clôture {GLO}| Cradle to grave

Les clôtures, pour ce projet, sont en acier grillagé, d'une longueur totale de 1 100 ml.

Clôture

Cette déclaration est pour une clôture standard, sans poids défini. Elle sera appliquée sans extrapolation.

Nous considérons une durée de vie de référence de la voirie de 30 ans, conformément au Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b).

Phase	PRC de référence [kgCO2/UF]	PRC pour 1 ml de clôture [kgCO2/pcs]	Résultat pour l'ensemble de l'installation
Fabrication			
Distribution			
Installation	41,8	41,8	4,60E+04
Opération			
Fin de vie			
TOTAL		41,8	45980

Tableau 29 - Bilan des émissions en Kg CO2eq sur l'ensemble du cycle de vie des clôtures

IV. Résultats des émissions

A. Calcul des émissions totales de la centrale photovoltaïque

Potentiel de réchauffement climatique en Kg CO2 eq pour l'ensemble de la centrale						
Principaux composants	Fabrication	Distribution	Installation	Opération	Fin de vie	Total
Module Photovoltaïque	1,80E+07	5,79E+05	2,37E+04	2,80E+04	9,92E+05	1,96E+07
Onduleurs	6,95E+05	7,18E+02	0,00E+00	0,00E+00	2,93E+02	6,96E+05
Transformateur	2,18E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,18E+05
Connexion électrique	6,66E+05	6,44E+04	6,52E+02	0,00E+00	3,93E+04	7,70E+05
Support	1,72E+06	1,18E+04	1,56E+05	0,00E+00	2,71E+04	1,91E+06
Traqueurs	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00
Local technique	2,23E+05	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	2,23E+05
Voirie	1,35E+05	0,00E+00	0,00E+00	2,71E+04	0,00E+00	1,63E+05
Clôture	4,60E+04	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	0,00E+00	4,60E+04
Installation						1,44E+05
Désinstallation						1,44E+05
Total	2,17E+07	6,56E+05	1,80E+05	5,51E+04	1,06E+06	2,39E+07

Tableau 30 - Bilan des émissions pour chaque composant et phase du cycle de vie.

Principaux composants	Kg CO2 eq / kWc		Kg CO2 eq / kWh			
	PRC calculé	Valeur par défaut ADEME ¹	PRC calculé	Valeur par défaut ADEME	PRC calculé	Valeur par défaut ADEME
Module Photovoltaïque	639,3	3320	2,24E-02	1,16E-01	81,9%	90,3%
Onduleurs	22,7	43,3	7,97E-04	1,52E-03	2,9%	1,2%
Transformateur	7,1	7,1	2,50E-04	2,50E-04	0,9%	0,2%
Connexion électrique	25,1	70,1	8,82E-04	2,46E-03	3,2%	1,9%
Support 45	62,3	188,5	2,19E-03	6,61E-03	8,0%	5,1%
Traqueurs	0	0	0,00E+00	0,00E+00	0,0%	0,0%
Local technique	7,3	7,3	2,55E-04	2,55E-04	0,9%	0,2%
Voirie	5,3	31,1	1,86E-04	1,09E-03	0,7%	0,8%
Clôture	1,5	1,5	5,26E-05	5,26E-05	0,2%	0,0%
Installation	4,7	4,7	1,65E-04	1,65E-04	0,6%	0,1%
Désinstallation	4,7	4,7	1,65E-04	1,65E-04	0,6%	0,1%
Surface occupée		0		0,00E+00		0,0%
Total	779,8	3678,4	2,74E-02	1,29E-01		

Tableau 31 - Bilan des émissions ramené au kWc et au kWh

Comme le montre le tableau ci-dessus, le résultat du bilan carbone de la centrale calculé par nos soins est nettement inférieur au bilan fait avec les valeurs par défaut de l'ADEME.

Cette différent est principalement due à l'utilisation des panneaux à faible empreinte carbone, comme l'atteste l'ECS joint à ce rapport. De plus, la valeur par défaut du référentiel ADEME datant de 2012 et le domaine du photovoltaïque faisant constamment l'objet d'innovations technologiques et d'améliorations industrielles, il est logique que l'empreinte carbone des panneaux ait considérablement baissé lors de la dernière décennie.

En complément, l'optimisation des quantités utilisées au niveau des connexions électriques et des supports permettent l'atteinte d'une empreinte carbone environ 2 fois plus faible que la valeur par défaut.

Enfin, la mise en place de voiries plus légères que celles définies par défaut permettent encore de baisser le bilan carbone global de l'installation.

¹ Les valeurs par défaut ADEME sont issues du document de référence : « Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie » mentionné en début de rapport et en accord avec les exigences du cahier des charges.

B. Retour sur investissement CO₂ de la centrale photovoltaïque sur la durée de vie de la centrale

En prenant en compte la valeur du mix énergétique de la France, telle que considérée dans l'arrêté tertiaire 3 mai 2020, soit 64gCO₂eq/kWh consommé, nous valorisons l'économie de potentiel de réchauffement climatique.

Description	Unité	Quantité	Valeurs par défaut ADEME
Puissance installée	kWc	30 650	30 650
Energie produite	MWh	873 494	878 512
Impact PRC de l'énergie produite	t CO ₂ eq	-55 904	-56 225
Impact PRC de la centrale photovoltaïque	t CO ₂ eq	23 912	112 744
Bilan PRC de la centrale	t CO ₂ eq	-31 992	56 519
Retour sur investissement carbone	Ans	11	> à la durée d'exploitation

Tableau 32 - Synthèse des résultats

46

V. Bibliographie

47

1. Ecopassport, PEP. "Règles de définition des catégories de produits relatives aux équipements électriques, électroniques et de génie climatique". [En ligne] 02 Février 2016. <http://www.pep-ecopassport.org/index.php?eID=dumpFile&t=f&f=774&token=9b9c9aab8022a5efb89e88ad803a334e74bfee9d>. PCR-ed3-FR-2015 04 02.
2. CRE. « Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales au sol ». ». [En ligne] 29 Mai 2020. <https://www.cre.fr/Documents/Appels-d-offres/appel-d-offres-portant-sur-la-realisation-et-l-exploitation-d-installations-de-production-d-electricite-a-partir-de-l-energie-solaire-centrales-a>.
3. IBP, Fraunhofer. *LCA screening of a recycling process for silicon based PV modules*. Fraunhofer : Fraunhofer, 2012.
4. [En ligne] <https://pvcycle.fr/recyclage/silicium-cristallin/>.
5. Solution, Terral. *PEP Terral Solution PV3-1S*. France : PEP Ecopassport, 2017.
6. Ministère de l'Environnement de l'énergie et de la mer, Ministère du logement et de l'habitat durable. *Donnée environnementale par défaut Onduleurs triphasé [P=20kW]*. France : s.n., 2020. FDES. ID INIES 8290.
7. CTICM. *FDES Poutrelle en acier utilisée comme élément d'ossature*. France : INIES, 2016.
8. Ministère de l'Environnement de l'énergie et de la mer, Ministère du logement et de l'habitat durable. *Donnée environnementale par défaut Câble basse tension 0,6/1kV [Section conductive de 5 mm²]*. s.l. : INIES, 2019. ID INIES 13682.
9. Nexans. *Profil Environnemental Produit EDR MAX-FR-N20XA8E-AR NF C 33-226 1*. s.l. : PEP ecopassport, 2019. NXNS-00061-V01.01-FR.
10. Ministère de l'Environnement de l'énergie et de la mer, Ministère du logement et de l'habitat durable. *Donnée environnementale par défaut Transformateur*. s.l. : INIES, 2016.
11. Electric, Schneider. *Product Environmental Profile DOE 2016 ENERGY EFFICIENT EX TRANSFORMERS*. s.l. : PEP ecopassport, 2016. SCHN-00061-V01.01-EN.
12. Bouwkwaliteit, Stichting. *GWW assessment method*. Netherlands : s.n., 2014.
13. IEC. *Photovoltaic (PV) module performance testing and energy rating - Part 3: Energy rating of PV modules*. Switzerland : IEC Central Office, 2018. IEC 61853-3.

48

14. Strachala, Hylský, Vaněk, Fafilek, Jandová. *Methods for recycling photovoltaic modules and their impact on*. Slovackia : Acta Montanistica Slovaca, 2017. Volume 22.

VI. Glossaire

49

Terme	Définition
Analyse du Cycle de Vie (ACV)	Compilation et évaluation des intrants, des extrants et des impacts environnementaux potentiels d'un système de produits au cours de son cycle de vie. [ISO 14040, 2006]
Catégorie d'impact dite « intermédiaire » (« Midpointcategory »)	Classe représentant les points environnementaux étudiés à laquelle les résultats de l'inventaire du cycle de vie peuvent être affectés. [ISO 14040, 2006]
Catégorie de dommages (« Endpointcategory »)	Catégories permettant de représenter les changements de qualité de l'environnement à partir de l'agrégation de catégories d'impact intermédiaires. Exemple : santé humaine, ressources, réchauffement climatique
Champ photovoltaïque ou champ de modules photovoltaïque	Ensemble de groupes photovoltaïques en se référant à l'aspect visuel de l'arrangement des modules photovoltaïques. [Vocabulaire photovoltaïque ADEME, 2011]
Classification	Etape de l'ACV permettant d'attribuer les flux élémentaires aux différentes catégories d'impact.
CRE	Commission de régulation de l'énergie
Donnée conservatrice	Quantité de référence ou de facteur d'impact pénalisant les impacts d'un Inventaire du Cycle de Vie dans le sens où l'impact du processus sur l'environnement est maximisé. Note 1 : La donnée conservatrice a pour objectif d'inciter les fabricants de produits à développer leurs propres inventaires pour réduire l'empreinte environnementale de leurs systèmes. Note 2 : Si l'ICV d'un processus contient au moins une donnée pénalisante, on dira que l'ICV du processus est pénalisant.
Donnée non conservatrice	Quantité de référence ou de facteur d'impact ne pénalisant pas l'ICV. Note : La donnée non conservatrice n'a pas pour objectif d'inciter les fabricants de produits à développer leurs propres inventaires dans le sens où la donnée n'est pas pénalisante.
Ecoinvent	Base de données utilisée pour les analyses du Cycle de Vie
Energie consommée	L'énergie consommée correspond à l'énergie dite « autoconsommée » sur place par des appareils en cours de fonctionnement dans le cadre d'un contrat de vente du surplus au réseau. Note : Cette énergie consommée utile ne tient pas compte des pertes du réseau électrique interne et des consommations des auxiliaires de l'installation photovoltaïque (exemple : monitoring, ...).
Empreinte environnementale	Mesure de l'impact environnemental qu'exerce l'homme sur l'environnement.
EVA	Acétate d'éthylène-vinyle, polymère (plastique) utilisé pour l'encapsulation cellulaire, à l'avant et à l'arrière du module.

Evaluation d'impact du cycle de vie (EICV) (« Life cycle impact assessment » -LCIA)	Il s'agit de la troisième étape de l'ACV qui comprend la compilation et la quantification des flux entrants et sortants du système étudié (ISO14040 :2006) afin d'évaluer quantitativement les impacts environnementaux potentiels créés par les systèmes étudiés.
Facteur d'impact	Valeur d'impact associée à un ICV d'un système de produits et résultant de la multiplication des flux de l'ICV de ce système de produits par les facteurs de caractérisation correspondants.
Flux élémentaires	Matière ou énergie entrantes dans le système étudié, qui a été puisée dans l'environnement sans transformation humaine préalable, ou matière ou énergie sortant du système étudié, qui est rejetée dans l'environnement sans transformation humaine ultérieure. [ISO 14040, 2006]
Flux de référence	Mesure des extrants des processus, dans un système de produits donné, nécessaire pour remplir la fonction telle qu'elle est exprimée par l'unité fonctionnelle. [ISO 14040, 2006]
GES	Gaz à effet de serre
Granulométrie	Caractérise l'envergure du processus en termes de sous composants ou phases du cycle de vie inclus.
Installation photovoltaïque	Ensemble de tous les éléments d'un système photovoltaïque mis en œuvre sur un site donné et se référant aux codes et pratiques de sécurité et de protection des personnes et des biens. [Vocabulaire photovoltaïque ADEME, 2011]
Inventaire du Cycle de Vie (ICV)	Compilation et quantification des intrants et des extrants, pour un système de produits donné au cours de son cycle de vie. [ISO 14040, 2006]
Impacts environnementaux de référence	Les impacts environnementaux dits de référence sont rapportés au productible d'un site de référence représentatif d'une situation moyenne en France métropolitaine.
Kg-CO2eq	Équivalent grammes-CO2, unité quantifiant les émissions de gaz à effet de serre.
Module photovoltaïque	Unité de production d'énergie électrique (courant continu) la plus élémentaire constituée d'un assemblage de cellules photovoltaïques interconnectées, complètement protégé de l'environnement. Note : Les modules photovoltaïques sont les éléments de base d'un générateur photovoltaïque. Ils font l'objet de normes d'homologation en rapport avec la technologie utilisée. [Vocabulaire photovoltaïque ADEME, 2011]
PEP	Product Environmental Profile (1)
Performance Ratio (PR) ou Coefficient de performance d'un système photovoltaïque	Indicateur qui montre l'effet des pertes du système photovoltaïque par rapport à sa puissance nominale (unité : grandeur sans dimension exprimée en %). [Vocabulaire photovoltaïque ADEME, 2011]
PET	Polyéthylène téréphthalate, polymère (plastique), utilisé dans le film sur le dos des modules
PRC	Potentiel de réchauffement climatique

STRICTEMENT CONFIDENTIEL

STRICTEMENT CONFIDENTIEL

50

Processus	Ensemble d'activités corrélées ou interactives qui transforment des intrants en extrants. [ISO 9000, 2005]
Productible	Quantité d'électricité produite sur le cycle de vie d'une installation en fonction de sa situation géographique et de ses performances (Exprimé en kWh).
Puissance crête ou nominale d'un module photovoltaïque	Valeur de la puissance maximale mesurée aux conditions normales d'essai (STC), utilisée pour dénommer et identifier un module photovoltaïque (unité : W ; couramment utilisé Wc). Note : La puissance nominale est marquée sur le module ; c'est généralement une valeur arrondie. [Vocabulaire photovoltaïque ADEME, 2011]
Puissance crête ou puissance nominale du système PV	Somme des puissances crêtes de tous les modules photovoltaïques du système (unité : W ; couramment utilisé Wc).
Quantité de référence	valeur numérique d'extrants des processus. Flux de référence des processus qui alimentent directement le niveau 2 du système étudié (C'est-à-dire la réalisation du système photovoltaïque).
Rendement de conversion photovoltaïque	Rapport de la puissance électrique maximale de sortie au produit de la surface du dispositif photovoltaïque par l'éclairement incident mesuré dans des conditions définies, en général les conditions normales d'essai (STC). [Vocabulaire photovoltaïque ADEME, 2011]
Surface effective du champ PV	Surface totale de l'ensemble du système d'intégration (surface des modules et des zones neutres comprises) sans tenir compte des abermements périphériques éventuels (éléments de liaison entre le bâti et le champ PV) (unité : mètre carré).
Surface totale d'un module	Surface de la face avant d'un module photovoltaïque, exposée à l'éclairement, définie par ses bords extérieurs (unité : mètre carré). [Vocabulaire photovoltaïque ADEME, 2011] Note 1 : La surface totale d'un module comprend la surface totale des cellules photovoltaïques plus les espaces non couverts par les cellules ; la surface de la partie frontale (s'il y en a un) doit être incluse. Note 2 : Le rendement de conversion photovoltaïque d'un module doit se référer à sa surface totale.
Système photovoltaïque	Système électrique incluant la génération, la transformation, la distribution, voire le stockage d'énergie électrique obtenue par conversion photovoltaïque de l'énergie solaire. [Vocabulaire photovoltaïque ADEME, 2011]
MT HT	Moyenne tension / Haute Tension
Unité fonctionnelle	Performance quantifiée d'un système de produits destinée à être utilisée comme unité de référence dans une analyse du cycle de vie. [ISO 14044, 2006]

VII. Annexes

A. Annexe I. Fiche technique des panneaux photovoltaïques

www.jinkosolar.com



Tiger Pro 72HC-BDVP

525-545 Watt

BIFACIAL MODULE WITH DUAL GLASS

P-Type

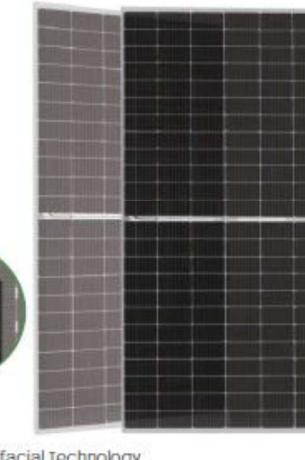
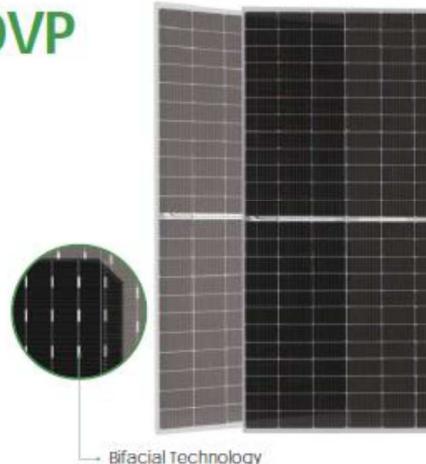
Positive power tolerance of 0~+3%

IEC61215(2016), IEC61730(2016)

ISO9001:2015: Quality Management System

ISO14001:2015: Environment Management System

ISO45001:2018: Occupational health and safety management systems



Bifacial Technology

Key Features



Multi Busbar Technology

Better light trapping and current collection to improve module power output and reliability.



Longer Life-time Power Yield

0.45% annual power degradation and 30 year linear power warranty.



PID Resistance

Excellent Anti-PID performance guarantee via optimized mass-production process and materials control.



Enhanced Mechanical Load

Certified to withstand: wind load (2400 Pascal) and snow load (5400 Pascal).

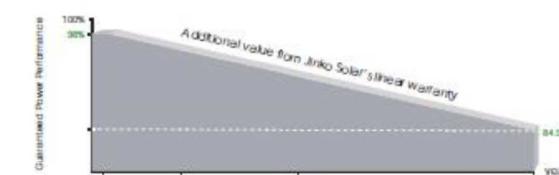


Higher Power Output

Module power increases 5-25% generally, bringing significantly lower LCOE and higher IRR.



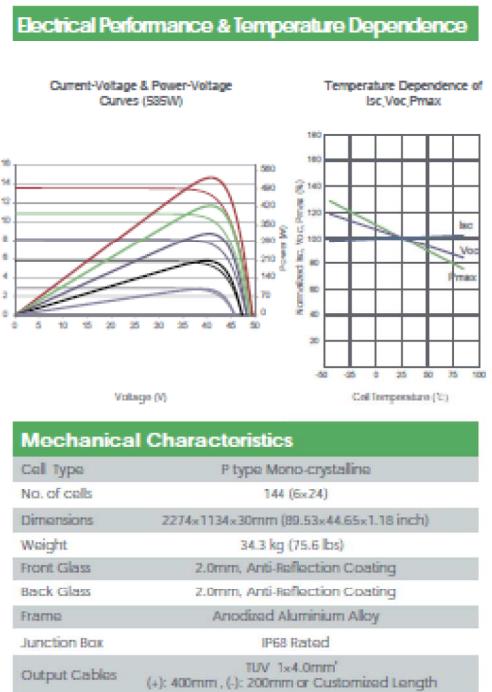
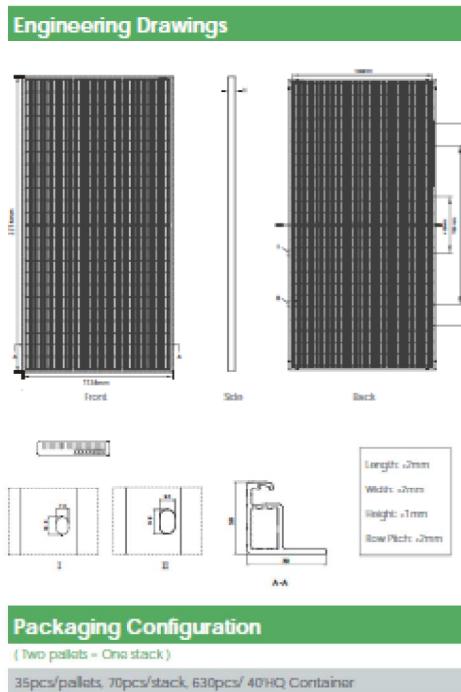
LINEAR PERFORMANCE WARRANTY



12 Year Product Warranty

30 Year Linear Power Warranty

0.45% Annual Degradation Over 30 years



SPECIFICATIONS

Module Type	JKM525M-72HL4-BDVP	JKM530M-72HL4-BDVP	JKM535M-72HL4-BDVP	JKM540M-72HL4-BDVP	JKM545M-72HL4-BDVP
STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	525Wp	530Wp	535Wp	540Wp	545Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	40.80V	37.81V	40.87V	37.88V	40.94V
Maximum Power Current (Imp)	12.87A	10.33A	12.97A	10.41A	13.07A
Open-circuit Voltage (Voc)	49.42V	46.65V	49.48V	46.70V	49.54V
Short-circuit Current (Isc)	13.63A	11.01A	13.73A	11.09A	13.83A
Module Efficiency STC (%)	20.36%	20.55%	20.75%	20.94%	21.13%
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C				
Maximum system voltage	1500VDC (IEC)				
Maximum series fuse rating	30A				
Power tolerance	0~+3%				
Temperature coefficients of Pmax	-0.35%/°C				
Temperature coefficients of Voc	-0.28%/°C				
Temperature coefficients of Isc	0.048%/°C				
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C				
Refer. Bifacial Factor	70±5%				

BIFACIAL OUTPUT-REARSIDE POWER GAIN

	5%	15%	25%		
Maximum Power (Pmax)	551Wp	604Wp	656Wp	557Wp	610Wp
Module Efficiency STC (%)	21.38%	23.41%	25.45%	21.58%	23.64%
Module Efficiency NOCT (%)	21.19%	24.30%	26.42%	21.78%	23.86%

*STC: Irradiance 1000W/m² Cell Temperature 25°C
NOCT: Irradiance 800W/m² Ambient Temperature 20°C AM-1.5 Wind Speed 1m/s

©2020 Jinko Solar Co., Ltd. All rights reserved.
Specifications included in this datasheet are subject to change without notice.

JKM525-545M-72HL4-BDVP-F1-EN

B. Annexe II. Méthodologie CRE

Extrait du « Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'Installations de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales au sol ». » du 29 mai 2020.

Annexe 2 : Méthodologie de l'évaluation carbone simplifiée

I. Hypothèses et périmètre d'évaluation de la méthode d'évaluation carbone simplifiée

L'évaluation carbone simplifiée de la centrale photovoltaïque se fonde uniquement sur l'évaluation carbone simplifiée du laminé photovoltaïque (module photovoltaïque sans cadre). Les émissions de gaz à effet de serre liées aux autres composants de la centrale ne sont pas considérées.

Par souci de simplicité et de traçabilité, seules les étapes de fabrication suivantes sont prises en compte pour l'évaluation carbone simplifiée du module :

Filière silicium cristallin :

- Fabrication du polysilicium
- Fabrication du lingot
- Fabrication de la plaquette (wafer) ;
- Fabrication de la cellule ;
- Fabrication du module ;
- Fabrication du verre et du verre trempé ;
- Fabrication de l'EVA, du PET et du PVF.

Filière couche mince :

- Fabrication du module ;
- Fabrication du verre et du verre trempé ;
- Fabrication de l'EVA, du PET et du PVF.

Les émissions de gaz à effet de serre provenant des autres étapes du cycle de vie du module ne sont pas considérées (transport vers le site de mise en service et d'exploitation, installation, utilisation, fin de vie). Il est précisé ici que le transport des intrants relativement à un procédé donné doit être pris en compte dans le périmètre de l'ACV. Les hypothèses prises quant aux modes de transport seront détaillées.

On se limite donc à l'évaluation des émissions de GES liées à la production du module, aux équipements de procédés, aux bâtiments et utilités (hors administratif et R&D). L'énergie grise, c'est-à-dire l'énergie nécessaire à la fabrication, des équipements bâtiments et utilités est prise en compte dans le calcul des émissions de gaz à effet de serre.

II. Formule de calcul utilisée

L'évaluation carbone simplifiée des modules utilisés pour la centrale photovoltaïque se base sur la formule 1 suivante :

Formule 1

$$G = \sum_{i \text{ composants du module}} G_i$$

Formule dans laquelle :

43/73

- **Modules en m² de modules.** Cette valeur est la surface de module nécessaire pour faire 1 kWc que ce soit pour les modules cristallins ou en couches minces. Les éléments présents dans le module (diodes et boîtes de jonctions) seront également inventoriés.
- **Verre en kg.** Cette valeur est la masse de verre nécessaire pour faire 1 kWc (ramenée donc à la surface et l'épaisseur de verre, masse volumique de référence 2700 kg/m³).
- **Verre trempé en kg.** Cette valeur est la masse de verre trempé nécessaire pour faire 1 kWc (ramenée donc à la surface et l'épaisseur de verre trempé, masse volumique de référence 2700 kg/m³).
- **EVA en kg.** Cette valeur est la masse d'EVA nécessaire pour faire 1 kWc (ramenée donc à la surface et l'épaisseur d'EVA, masse volumique de référence 963 kg/m³).
- **PET en kg.** Cette valeur est la masse de PET nécessaire pour faire 1 kWc (ramenée donc à la surface et l'épaisseur de PET, masse volumique de référence 1400 kg/m³).
- **PVF en kg.** Cette valeur est la masse de PVF nécessaire pour faire 1 kWc (ramenée donc à la surface et l'épaisseur de PVF, masse volumique de référence 1400 kg/m³).

III.2/ Identification du ou des sites de fabrication de chaque composant

Le calcul de l'évaluation carbone simplifiée nécessite de connaître les sites de fabrication de chacun des composants du module photovoltaïque. En effet, la quantité de gaz à effet de serre émise directement ou indirectement (production d'électricité) en conséquence est fortement dépendante du pays de fabrication.

Le site et le pays de fabrication de chaque composant doivent obligatoirement être reportés dans les colonnes 4 et 5 du tableau 1.

Si un même composant i provient de différents sites de fabrication j, les coefficients de répartition x_{ij} des sources d'approvisionnement sur les différents sites de production (moyennés sur une année d'approvisionnement) doivent être indiqués dans la colonne 6 du tableau 1 (pour chaque composant i, la somme sur j des x_{ij} est égale 1).

III.3/ Détermination de la quantité de gaz à effet de serre en équivalent CO₂ émise directement ou indirectement lors de la fabrication du composant i par unité de quantification du composant dans le site de fabrication j (termes GWP_{ij} unitaire de la formule 1)

Les termes GWP_{ij} unitaires peuvent être déterminés de 2 uniques façons. La seconde méthode de calcul étant à l'initiative du fabricant, il revient à chaque candidat de choisir de prendre en compte ou non une telle évaluation par son (ou ses) fabricant(s) dans son dossier.

1^{ère} méthode de calcul :

Les GWP_{ij} unitaires sont déterminés en utilisant les valeurs fournies dans le tableau 3 selon la méthodologie décrite dans le paragraphe ci-dessous. Le tableau 3 donne les valeurs d'émission de gaz à effet de serre en CO_{2eq} pour les étapes de fabrication des composants du module photovoltaïque selon le pays ou la zone géographique du pays de fabrication.

Chaque ligne du tableau correspond à un type de technologie de module photovoltaïque : monocristallin, multicristallin, silicium amorphe (a-Si ou a-Si/ μ -Si), film CdTe ou film CIGS.

- si le (ou les) pays de fabrication est connu et figure dans le tableau, la valeur d'émission spécifique de CO_{2eq} de la colonne correspondante devra être utilisée ;
- si le (ou les) pays de fabrication est connu et ne figure pas dans le tableau 3 : une valeur d'émission spécifique conservatrice dans le monde sera utilisée si le pays ne fait pas partie de l'Espace Économique Européen (colonnes "others").

2^{ème} méthode de calcul :

Dans le cas où le fabricant du composant i développerait un procédé de fabrication innovant et peu énergivore et qu'il souhaiterait le valoriser, les valeurs de GWP_{ij} unitaires associées à cette étape de fabrication peuvent être différentes de celles indiquées dans le tableau 3.

La nouvelle valeur utilisée pour cette étape de procédé doit alors être issue d'une analyse de cycle de vie complète et récente (à compter de 2011) réalisée sur ce procédé de fabrication selon la norme ISO 14040 : 2006 et ayant fait l'objet d'une revue critique indépendante par un bureau d'études ayant déjà établi des ACV sur la chaîne de fabrication de modules photovoltaïques. La revue critique indépendante sera menée dès le début du travail d'ACV afin de mieux en contrôler la qualité et la transparence.

Cette analyse de cycle de vie fera preuve de la plus grande transparence dans son inventaire. Entre autres, l'origine des données, les périodes d'inventaires et la description fine des flux de matières et énergétiques seront détaillés. Les hypothèses relatives à la répartition ou allocations des flux seront explicitées. Enfin, les facteurs d'impacts utilisés et les procédés associés seront clairement mentionnés.

Dans un souci de cohérence, cette analyse de cycle de vie doit prendre en compte les mêmes hypothèses ayant permis l'établissement du tableau 3, à savoir :

- les GWP_{ij} sont obtenus en utilisant les valeurs des émissions de GES pour la fabrication des composants correspondant à des valeurs en CO₂-EQUIVALENTS calculées selon la méthode IPCC2007-GWP100a. Ces calculs doivent se baser sur le mix électrique du pays de fabrication j du composant i dont les facteurs d'émission sont fournis dans le tableau 4 (données Ecoinvent 3.1). Le candidat a pour obligation d'utiliser ces facteurs d'émission.

- les économies liées au recyclage du module en fin de vie ne sont pas prises en compte pour limiter la valeur du GWP_{ij} unitaire spécifique à la fabrication du composant i.

De plus, pour être utilisée, cette valeur de GWP_{ij} unitaire doit avoir été validée par l'ADEME.

Ainsi, s'il est souhaité de recourir à cette méthode, le fabricant de module doit envoyer à l'ADEME sa demande conforme à l'annexe 2.bis, accompagnée de l'analyse de cycle de vie qui a permis de la calculer :

Pour les demandes concernant des coefficients qui ont déjà été validés, l'ADEME enverra au fabricant une attestation dans un délai de 1 mois.

- Pour les demandes concernant des coefficients qui doivent être validés pour la première fois, l'ADEME analysera l'ensemble des demandes reçues le 1er de chacun des mois suivants : janvier, mars, mai, juillet, septembre, et novembre, et enverra au fabricant l'attestation dans un délai de 2 mois.

L'ADEME évaluera la qualité de l'ACV ayant conduit à l'établissement du GWPij au vu des critères mentionnés plus haut.

Si la demande concerne plusieurs coefficients GWPij, le mail de demande doit inclure le tableau de synthèse ci-dessous complété :

Fabricant de composant	Fabricant de module	Pays de fabrication du composant	Composant	Nouvelle valeur proposée par le candidat	Valeur déjà validée par l'ADEME ?	Unité

Le document confirmant la validation de l'ADEME pour la nouvelle valeur de GWPij unitaire doit être joint à l'évaluation carbone simplifiée. Le document confirmant la validation de l'ADEME pour la nouvelle valeur de GWPij unitaire est valable pendant toute la durée et toutes les périodes de dépôt du présent appel d'offres. Au vu du changement de méthode, les attestations délivrées par l'ADEME dans le cadre d'appels d'offres antérieurs ne sont pas applicables pour le présent appel d'offres, à l'exception de la dérogation prévue au 3.2.5 pour la première, la deuxième, troisième et quatrième période de candidature. À partir de la septième période, l'évaluation carbone simplifiée du laminé photovoltaïque ne peut prendre en compte un taux de silicium recyclé (valeurs de GWPij obtenu par la 2ème méthode de calcul, cf. supra) supérieur à :

- 25% dans le cas des panneaux photovoltaïques polycristallins (famille « Multi ») ;
- 33% dans le cas des panneaux photovoltaïques monocristallins hors monolite (famille « Mono ») ;
- 34% dans le cas des panneaux photovoltaïques monolite (famille « Monolite »).

La famille « Multi » désigne les produits dont le lingot est élaboré par solidification directionnelle.

La famille « Mono » désigne les produits dont le lingot est élaboré par les procédés dits CZ (pour Czochralski).

III.4/ Calcul Final de G

Le calcul final de G à partir de la formule 1 se fait grâce à l'addition des Gi pour tous les composants i du module ou film photovoltaïque.

Tableau 1 :

- Inventaire de la composition d'un kilowatt crête de module ou de film photovoltaïque (Qi)
- Identification des sites de fabrication et de la répartition des sources d'approvisionnements pour un composant pouvant provenir de plusieurs sites de fabrication

- Valeurs des GWPij (Global Warming Potential) pour chaque composant du module ou film photovoltaïque, issues du tableau 3

	Quantification de chaque composant nécessaire à la fabrication d'1 kWc de Puissance. Qi (unité selon le composant considéré)	Référence type du composant	Site(s) de fabrication	Pays de fabrication j	Coefficients de répartition des sources d'approvisionnement sur les différents sites de fabrication (valeur des coefficients xij entre 0 et 1 ; pour chaque composant la somme sur j des xij =1)	Valeurs de GWPij unitaire (en kg eq CO ₂ /unité de quantification du composant)
Polysilicium	Unité : kg		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₁₁ : X ₁₂ :	kg eqCO ₂ / kg kg eqCO ₂ / kg
Lingots	Unité : kg		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₂₁ : X ₂₂ :	kg eqCO ₂ / kg kg eqCO ₂ / kg
Plaquettes (wafer)	Unité : nombre de wafers		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₃₁ : X ₃₂ :	kg eqCO ₂ / wafer kg eqCO ₂ / wafer
Cellules	Unité : nombre de cellules		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₄₁ : X ₄₂ :	kg eqCO ₂ / cellule kg eqCO ₂ / cellule
Modules	Unité : m ²		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₅₁ : X ₅₂ :	kg eqCO ₂ / m ² kg eqCO ₂ / m ²
Verre	Unité : kg		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₆₁ : X ₆₂ :	kg eqCO ₂ / kg kg eqCO ₂ / kg
Verre trempé	Unité : kg		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₇₁ : X ₇₂ :	kg eqCO ₂ / kg kg eqCO ₂ / kg
EVA	Unité : kg		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₈₁ : X ₈₂ :	kg eqCO ₂ / kg kg eqCO ₂ / kg
PET	Unité : kg		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₉₁ : X ₉₂ :	kg eqCO ₂ / kg kg eqCO ₂ / kg
PVF ou Tedlar	Unité : kg		Site 1 Site 2 ...	Pays 1 Pays 2 ...	X ₁₀₁ : X ₁₀₂ :	kg eqCO ₂ / kg kg eqCO ₂ / kg

C. Annexe III. Note de calcul ECS du panneau considéré pour l'appel d'offre



Page 1/2

Tableau 2: coefficients de pertes et casses pour les produits intermédiaires.

Etape de procédé/matiériaux	Quantité de matériau nécessaire à la fabrication du produit intermédiaire incluant les pertes et casses
ingot, mono, as-grown	1.04 kg polySi/kg ingot
ingot, multi and monolike, as-grown	1.01 kg polySi/kg ingot
wafer, mono, 156mm x 156mm	2.9e-2 kg mono-ingot/wafer
wafer, multi and monolike, 156mm x 156mm (sciage slurry)	3.3e-2 kg multi-ingot/wafer
wafer, multi and monolike, 156mm x 156mm (sciage diamant)	2.5e-2 kg multi-ingot/wafer
cell, mono, 156mm x 156mm	1.03 wafers/cell
cell, multi and monolike, 156mm x 156mm	1.04 wafers/cell
module, mono/multi, number of cells, 156mm x 156mm	1.02 x nb cells/module
glass	1.01 kg glass/kg glass in module
glass tempering	1.01 kg glass/kg glass in module
EVA foil	1.01 kg EVA/kg EVA in module
PET granulate	1.01 kg PET/kg PET in module
PVF film	1.01 kg PVF/kg PVF in module
modules, a-Si	Non concerné
modules, a-Si/μc-Si	Non concerné
modules, CdTe, First Solar	Non concerné
modules, CIGS	Non concerné

59

60

Evaluation Carbone simplifiée

ECS CRE4 N°029 -2021_004

Titulaire du certificat :	Site de production modules:	Site de production cellules :	Site de production wafers:
Jinko Solar Technology Co. Ltd. No.58 Yuanxi Road, Yuanhua Industrial Park, Haining, Zhejiang, CHINE	Zhejiang Jinko Solar Co., Ltd Yuan Xi Road, Technical Functional Zone, Yuan Hua Town, Haining, 314416 Zhejiang CHINE	Zhejiang Jinko Solar Co., Ltd Yuan Xi Road, Technical Functional Zone, Yuan Hua Town, Haining, 314416 Zhejiang CHINE	JINKO Solar Co., Ltd NO.1 Jinko Road Shangrao Economic Development Zone Jiangxi Province 334100 - CHINE

Produits concernés (modules de la production courante) :

Modules monocristallins biverre : JKMyxxM-72HL4-BDVP (demi-cellules) : 525W à 545W

Méthodologie :

- Cahier des charges de l'appel d'offres portant sur la réalisation et l'exploitation d'installations :
- de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales au sol de puissance comprise entre 500 kWc et 30 MWc » (Cahier des Charges modifié du 05/09/2019) **le présent certificat est accepté à partir de la sixième période de candidature de l'Appels d'offres.**
 - de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « Centrales sur bâtiments, serres et hangars agricoles et ombrries de parking de puissance comprise entre 100 kWc et 8 MWc » (CDC du 18/06/2019) : **le présent certificat est accepté à partir de la septième période de candidature de l'Appels d'offres.**
 - de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables en autoconsommation et situées en métropole continentale (Cahier des Charges modifié du 18/06/2019). **le présent certificat est accepté à partir de la cinquième période de candidature de l'Appels d'offres.**
 - de production d'électricité à partir de l'énergie solaire « transition énergétique du territoire de Fessenheim » (Cahier des Charges modifié du 07/10/2019). **Le présent certificat est accepté à partir de la deuxième période de candidature de l'Appels d'offres.**
 - de production d'électricité à partir de l'énergie solaire et situées dans les zones non interconnectées (Cahier des Charges du 12/07/2019)
 - de production d'électricité à partir d'énergies renouvelables en autoconsommation et situées dans les zones non interconnectées (Cahier des Charges du 12/07/2019)

Inventaire de la composition des modules : Origine des sites de production :

JKMyxxM-72HL4-BDVP		Coefficients répartition / Sites fabrication / Pays fabrication	
		JKMyxxM-72HL4-BDVP	
Technologie	Monocristalline	Polysilicium	33% Recyclé Xinjiang – Chine
Puissance en W	525 à 545	Lingots	67% Xinjiang – Chine
Polysilicium (kg)	0,83	Wafer	100% Xinjiang Workshop n°2 – Chine
Lingots (kg)	0,83	Cellules	100% Haining - Chine
Wafer (nbre)	98,00	Modules	100% Haining - Chine
Cellules (nbre)	98,00	Verre	25,57
Modules (m²)	2,56	Trempe (kg)	25,57
Verre (kg)	25,57	EVA (kg)	2,59
Trempe (kg)	25,57	(Quantité pour un module)	
EVA (kg)	2,59		

CERTISOLIS TC atteste de l'origine et de la réalité de l'approvisionnement des composants déclarés pour les produits visés ci-dessus et que les données ont été vérifiées au cours d'un audit documentaire.

Résultats :

Puissance Tolérance 0/+3%	JKMyxxM-72HL4-BDVP				
	525W	530W	535W	540W	545W
G (kg eq CO ₂ /kWc)	539,785	534,692	529,695	524,791	519,976

Rev0
Ce certificat CRE4 N°029-2021_004 comprend 2 pages.
CERTISOLIS TC - SAS au capital de 80 000 € - RCS Chambéry : 517 720 470 - N° Siret : 517 720 47000015
Siège social : Savoie Technolac - BP 364 - 39 allée du Lac de Côme - 73372 LE BOURGET-DU-LAC Cédex
Filière du groupe CSTB et du LNE

STRICTEMENT CONFIDENTIEL

pink
DARE PINK, GO GREEN

STRICTEMENT CONFIDENTIEL

pink
DARE PINK, GO GREEN

49/73

Détail du calcul :



Page 2/2

61

TEST CERTIFICATION PHOTOVOLTAIQUE					
Modules monocrystallins					
JKMxxxM-72HL4-BDVP					
	525W	530W	535W	540W	545W
Polysilicium	214,742	212,716	210,728	208,777	206,861
Lingots	90,539	89,685	88,847	88,025	87,217
Wafers	17,258	17,095	16,935	16,778	16,625
Cellules	99,008	98,074	97,157	96,258	95,375
Modules	34,519	34,194	33,874	33,561	33,253
Verre	57,263	56,723	56,193	55,673	55,162
Verre trempé	11,954	11,842	11,731	11,622	11,516
EVA	14,500	14,363	14,229	14,098	13,968
G (kg eq CO ₂ /kWc)	599,785	594,692	599,695	594,791	599,976

Typologie du numéro de série des modules :

XXXX XX XXXXXXXXXXXXXXXXX X

- X : identification module
- X : identification cellule
- XX : spécifications module
- XX : usine de production (OA-E pour l'usine de Haining)
- XXXXXX : date de production
- XXXXXXX : ordre de production
- XXXX : numéro de série chronologique pour chaque module

Marking label: XX XX XX XX XX

- 1st-2nd: Polysilicon (12: Xinte)
- 3rd-4th: Ingot (23: Jinko Xinjiang)
- 5th-6th: Wafer (33: Jinko Shangrao)
- 7th-8th: Cell (41: Jinko Haining)
- 9th-10th: Module (41: Jinko Haining)

Informations :

Les calculs ont été effectués sur la base des valeurs par défaut (Tableau 2 : Valeurs des émissions de GES en CO₂eq pour la fabrication des composants) de la méthodologie citée ci-dessus à l'exception des valeurs :

- du procédé de fabrication du « Poly-Si recyclé » (Site de Xinjiang - Chine) – validée par ADEME le 01/11/2020,
 - du procédé de fabrication du « Poly-Si » (Site de Xinjiang - Chine) – validée par ADEME le 01/11/2020,
 - du procédé de fabrication des « Ingot mono » (Site de Xinjiang Workshop n°2 - Chine) – validée par ADEME le 31/12/2020,
 - du procédé de fabrication des « Wafers mono 156x156 » (site de Shangrao - Chine) – validée par ADEME le 01/11/2020,
 - du procédé de fabrication des « modules processing, biverre 144 demi-cells mono » (site de Haining - Chine) – validée par ADEME le 01/11/2020
- qui sont issues d'une Analyse de cycle de vie récente. Les coefficients GWPIj issus d'ACV sont les suivants :

	GWPIj
Recycled Poly-Si (Chine)	0,379
Poly-Si (Chine)	68,452
Ingot mono (Chine)	20,165
Wafers processing mono 156mmx156mm (Chine)	0,088
Modules processing, biverre 144 demi cells mono (Chine)	7,087

Date du dernier audit réalisé par un organisme accrédité sur le site d'assemblage des modules (Haining) : Mai 2020

Validité :

Certificat CRE4 N°029-2021_004 valide du 03/02/2021 au 31/12/2021

Le Bourget-du-lac, le 03 février 2021

Le Président

Laurent PRIEUR

Rev0

Ce certificat CRE4 N°029-2021_004 comprend 2 pages.

CERTISOLIS TC - SAS au capital de 80 000 € - RCS Chambéry : 517 720 470 - N° Siret : 517 720 47000015
Siège social : Savoie Technolac - BP 364 - 39 allée du Lac de Côme - 73372 LE BOURGET-DU-LAC Cédex

Filière du groupe CSTB et du LNE

STRICTEMENT CONFIDENTIEL

D. Annexe IV. Fiche technique de l'onduleur



SUN2000-185KTL-H1

Smart String Inverter



9 MPP Trackers



99.0% Max. Efficiency



String-level Management



Smart I-V Curve Diagnosis Supported



MBUS Supported



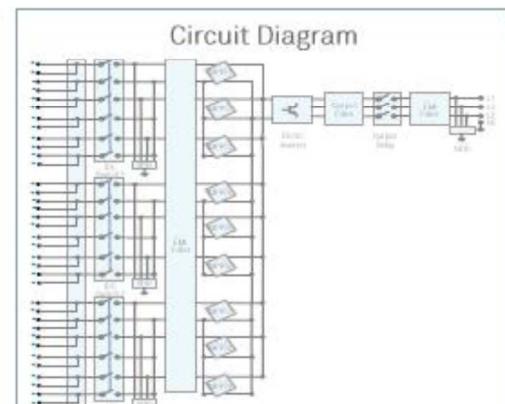
Fuse Free Design



Surge Arresters for DC & AC



IP66 Protection



STRICTEMENT CONFIDENTIEL

SUN2000-185KTL-H1
Technical Specifications

Efficiency	
Max. Efficiency	99.03%
European Efficiency	98.69%
Input	
Max. Input Voltage	1,500 V
Max. Current per MPPT	26 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	550 V
MPPT Operating Voltage Range	500 V ~ 1,500 V
Nominal Input Voltage	1,080 V
Number of Inputs	18
Number of MPP Trackers	9
Output	
Nominal AC Active Power	175,000 W @40°C, 168,000 W @45°C, 160,000W @50°C
Max. AC Apparent Power	185,000VA
Max. AC Active Power ($\cos\phi=1$)	185,000W
Nominal Output Voltage	800 V, 3W + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Nominal Output Current	126.3 A @40°C, 121.3 A @45°C, 115.5 A@50°C
Max. Output Current	134.9 A
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%
Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Communication	
Display	LED Indicators, WLAN + APP
USB	Yes
MBUS	Yes
RS485	Yes
General	
Dimensions (W x H x D)	1,035 x 700 x 365 mm (40.7 x 27.6 x 14.4 inch)
Weight (with mounting plate)	84 kg (185.2 lb.)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude without Derating	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0 ~ 100%
DC Connector	Staubli MC4 EV02
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP66
Topology	Transformerless
Standard Compliance (more available upon request)	
Certificate	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683, IEC 61727, P.O. 12.3, RD 1699, RD 661, RD 413, RD 1565, RD 1663, UNE 206007-1, UNE 206006

SOLAR.HUAWEI.COM

DARE PINK, GO GREEN

A. Annexe V. Fiche technique du transformateur



Caract. Techn.

CG Power Systems Ireland Ltd., Dublin Rd., Cavan, Ireland, H12 KV20

pt_Info	Révision: 1	
Caractéristiques Générales		
Fabricant	CG Power Systems Ireland Ltd.	ZENA0017843
Référence du produit	4000 kVA	Numéro de conception
Puissance assignée kVA	Industrie légère	Refroidissement
Industrie	Installation	l'extérieur
Installation	Altitude	< 1000 m
Altitude	Phases	3
Phases	Norme	
	Essais de routine inclus suivant norme CEI 60078	
Caractéristiques Électriques		
Tension primaire (V)	20000V	Tension secondaire (V)
Tension d'isolation	24kV	Tension d'isolation
Tension de tenue à l'onde de choc	125kV	Tension de tenue à l'onde de choc
Tension de tenue à fréquence industrielle	50kV	Tension de tenue à fréquence industrielle
Bornes	3	Bornes
High Voltage Taps	±2x2.5	Perdes à Vide (W) @ 75 °C
Type de régulateur	hors circuit	Perdes En Charge (W) @ 75 °C
Couplage	Dyn11	Tension de court-circuit (Ucc)
Courant à vide (%)	0,094	Courant d'enclenchement maximum
Caractéristiques mécaniques		
Type de cuve	Cuve à ailettes	
Matière des enroulements	Al / Al	E680-000 MINERAL OIL - IEC60296
Type de diélectrique	Couleur	RAL 7033
Couleur	Couvercle	Boulonné
Couvercle	Conservateur	Non
Conservateur	Exécution	Hermétique à Remplissage Intégral
Exécution	Protection anti-corrosion	standard
Protection anti-corrosion	Galets de roulement	Standard DIN/IEC
Masses & Dimensions générales (Approx.)		
Masses Decuves	3555kg	Longueur (mm)
Masses Liquide Dielectrique	1785kg	LARGEUR (mm)
Masses Totale	7270kg	Hauteur (mm)
Accessoires		
Capot de protection		
Pas de protection de température - bouchon pour doigt de gant		
Robinet de vidange en laiton avec verrouillage au fond de la cuve selon EN 50216-4		
Manchon de mise à la terre M12 sur le chariot		
Borne de terre M12 sur le couvercle		
Verrouillage des bornes embrochables HT		
Borne embrochable HT acc. EN 50180		
Anneaux de levage		
Borne BT type PASSE BARRE		
Goujon pour montage du capot BT		
Marquage à côté des bornes suivant norme		
Plaque d'identification		
Crochet tendeur		
IE - Pipe with Sealing Cap for 2nd Filling Opening		
IE - Earthingboss M12 diagonal to LS-Neutral		
Relais DGPT2 avec 4 contacts NO/NF		
Notes		
Max inrush 5		
Ecran Electrostatique		
Surcharge 10% pendant 6H toutes les 24h		



Estimation de l'empreinte carbone sur l'ensemble du cycle de vie d'une installation photovoltaïque

Résumé du rapport PNK_ACV_030_EDF_002

Etude réalisée pour le compte de : **EDF RENOUVELABLES**

Appel d'offre concerné : Appel public à manifestation d'intérêt lancé le 15/01/2021, par le Ministère des Armées dans le cadre du Plan national "Place au Soleil"

Pour le site : **Zone de desserrement de Strasbourg, Grand Est, Entzheim, (67)**

Document de référence
Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b)

PINK Strategy
SAS au capital de 100 euros - RCS Paris 880 960 190
Code NAF : Ingénierie, études techniques (7112 B) - TVA intracommunautaire : FR 43 519 589 402
38 avenue Léon Gaumont 75020 Paris - www.pink-strategy.fr - Tel : +33 (0)1 83 62 13 29 Fax : +33 (0)1 83 62 13 47



Résultats

• Nombre de panneaux installés	55 728 JINKO JKM550M-72HL4-BDVP (550 Wc)
• Puissance installée	30 650 kWc
• Productible annuel	1 145 kWh/kWc/an
• Electricité produite par la centrale	873 494 MWh sur 27 ans

→ Emissions de CO2 évitée grâce à l'électricité produite **2 070,50 Tonnes CO2eq/an**

Calcul avec utilisation des valeurs par défaut de l'ADEME

• Productible	1 152 kWh/kWc/an
• Electricité produite par la centrale	878 512 MWh sur 27 ans
• Emissions de CO2 évitée grâce à l'électricité produite	2 082,4 Tonnes CO2eq/an

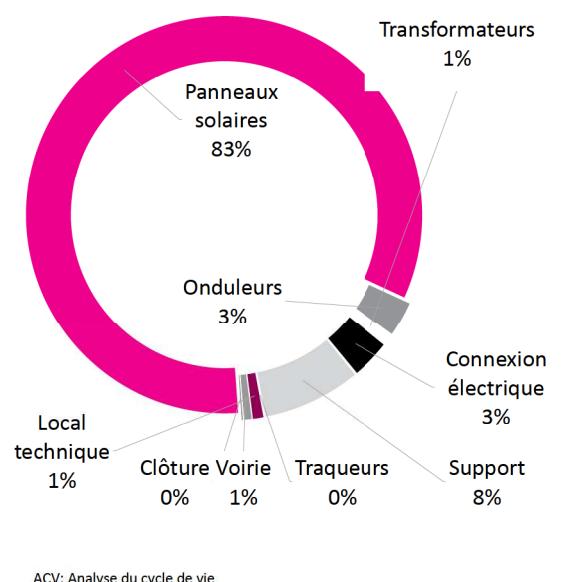
Sur 27 ans

• Empreinte carbone de la centrale	23 912 Tonnes CO2eq
• Empreinte carbone du kWh	27 gCO2eq/kWh
• Emissions carbone évitées	-55 904 Tonnes CO2eq
• Bilan carbone de la centrale	-31 992 Tonnes CO2eq
• Retour sur investissement Carbone	11 ans
• Bilan global au kWh	-37 kgCO2eq/kWh

Méthode par défaut ADEME
112 744 Tonnes CO2eq
128 gCO2eq/kWh
-56 225 Tonnes CO2eq
56 519 Tonnes CO2eq
> à la durée d'exploitation
64 kgCO2eq/kWh

NB : Pour ce projet en particulier, l'évaluation est basée sur une étude technique préliminaire.
Les quantités considérées sont conservatoires et les équipements mentionnés le sont à titre d'hypothèse.

Répartition de l'empreinte carbone par équipement



Principaux entrants

- Les panneaux solaires représentent près de 82% de l'empreinte carbone globale de la centrale.
- Les supports constituent le deuxième poste d'émissions carbone avec environ 8% de l'empreinte
- Les onduleurs, considérés comme remplacés au cours de la vie de la centrale, représentent environ 3% de l'empreinte carbone totale.

Ecart aux valeurs ADEME par défaut

- L'utilisation d'un panneau solaire disposant d'une empreinte ECS de 515kgCo2eq/kWc, donne une empreinte carbone 81% inférieure à la valeur par défaut de l'ADEME.
- L'ACV réalisée à partir des informations de dimensionnement de la centrale, correspondant aux technologies utilisées, impacte fortement les émissions carbone des équipements suivants : Onduleurs, Connexion électrique, Support, Voirie



PINK Strategy
SAS au capital de 100 euros - RCS Paris 880 960 190
Code NAF : Ingénierie, études techniques (7112 B) - TVA intracommunautaire : FR 43 519 589 402
38 avenue Léon Gaumont 75020 Paris - www.pink-strategy.fr - Tel : +33 (0)1 83 62 13 29 Fax : +33 (0)1 83 62 13 47

Estimation de l'empreinte carbone sur l'ensemble du cycle de vie d'une installation photovoltaïque

Résumé du rapport PNK_ACV_030_EDF_002

Etude réalisée pour le compte de : **EDF RENOUVELABLES**

Appel d'offre concerné : Appel public à manifestation d'intérêt lancé le 15/01/2021, par le Ministère des Armées dans le cadre du Plan national "Place au Soleil"

Pour le site : **Zone de desserrement de Strasbourg, Grand Est, Entzheim, (67)**

Document de référence

Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b)

PINK Strategy
SAS au capital de 100 euros - RCS Paris 880 960 190
Code NAF : Ingénierie, études techniques (7112 B) - TVA intracommunautaire : FR 43 519 589 402
38 avenue Léon Gaumont 75020 Paris - www.pink-strategy.fr - Tel : +33(0)1 83 62 13 29 Fax : +33(0)1 83 62 13 47



Résultats

• Nombre de panneaux installés	55 728 JINKO JKM550M-72HL4-BDVP (550 Wc)
• Puissance installée	30 650 kWc
• Productible annuel	1 145 kWh/kWc/an
• Electricité produite par la centrale	963 440 MWh sur 30 ans

→ Emissions de CO2 évitées grâce à l'électricité produite **2 055,34 Tonnes CO2eq/an**

Calcul avec utilisation des valeurs par défaut de l'ADEME

• Productible	1 152 kWh/kWc/an
• Electricité produite par la centrale	968 974 MWh sur 30 ans
• Emissions de CO2 évitées grâce à l'électricité produite	2 067,1 Tonnes CO2eq/an

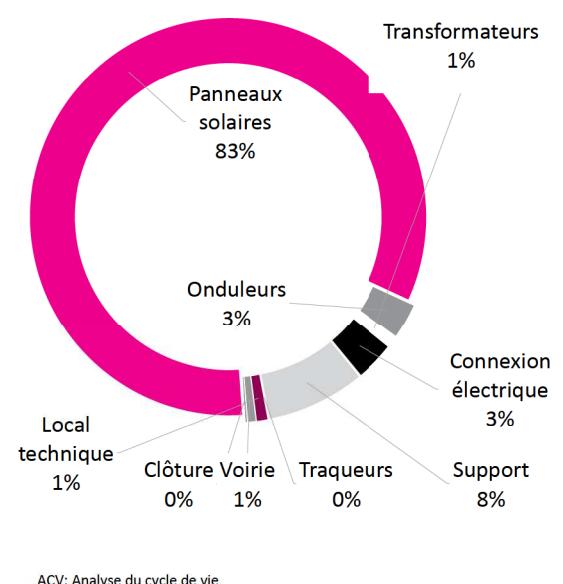
Sur 30 ans

• Empreinte carbone de la centrale	23 915 Tonnes CO2eq
• Empreinte carbone du kWh	25 gCO2eq/kWh
• Emissions carbone évitées	-61 660 Tonnes CO2eq
• Bilan carbone de la centrale	-37 745 Tonnes CO2eq
• Retour sur investissement Carbone	11 ans
• Bilan global au kWh	-39 kgCO2eq/kWh

Méthode par défaut ADEME
112 744 Tonnes CO2eq
116 gCO2eq/kWh
-62 014 Tonnes CO2eq
50 730 Tonnes CO2eq
> à la durée d'exploitation
52 kgCO2eq/kWh

NB : Pour ce projet en particulier, l'évaluation est basée sur une étude technique préliminaire.
Les quantités considérées sont conservatoires et les équipements mentionnés le sont à titre d'hypothèse.

Répartition de l'empreinte carbone par équipement



Principaux entrants

- Les panneaux solaires représentent près de 82% de l'empreinte carbone globale de la centrale.
- Les supports constituent le deuxième poste d'émissions carbone avec environ 8% de l'empreinte
- Les onduleurs, considérés comme remplacés au cours de la vie de la centrale, représentent environ 3% de l'empreinte carbone totale.

Ecart aux valeurs ADEME par défaut

- L'utilisation d'un panneau solaire disposant d'une empreinte ECS de 515kgCo2eq/kWc, donne une empreinte carbone 81% inférieure à la valeur par défaut de l'ADEME.
- L'ACV réalisée à partir des informations de dimensionnement de la centrale, correspondant aux technologies utilisées, impacte fortement les émissions carbone des équipements suivants : Onduleurs, Connexion électrique, Support, Voirie

PINK Strategy
SAS au capital de 100 euros - RCS Paris 880 960 190
Code NAF : Ingénierie, études techniques (7112 B) - TVA intracommunautaire : FR 43 519 589 402
38 avenue Léon Gaumont 75020 Paris - www.pink-strategy.fr - Tel : +33(0)1 83 62 13 29 Fax : +33(0)1 83 62 13 47



Estimation de l'empreinte carbone sur l'ensemble du cycle de vie d'une installation photovoltaïque

Résumé du rapport PNK_ACV_030_EDF_002

Etude réalisée pour le compte de : **EDF RENOUVELABLES**

Appel d'offre concerné : Appel public à manifestation d'intérêt lancé le 15/01/2021, par le Ministère des Armées dans le cadre du Plan national "Place au Soleil"

Pour le site : **Zone de desserrement de Strasbourg, Grand Est, Entzheim, (67)**

Document de référence
Référentiel d'évaluation des impacts environnementaux des systèmes photovoltaïques par la méthode d'analyse du cycle de vie - ADEME - 2013 (Catégorie 3.b)

PINK Strategy
SAS au capital de 100 euros - RCS Paris 880 960 190
Code NAF : Ingénierie, études techniques (7112 B) - TVA intracommunautaire : FR 43 519 589 402
38 avenue Léon Gaumont 75020 Paris - www.pink-strategy.fr - Tel : +33 (0)1 83 62 13 29 Fax : +33 (0)1 83 62 13 47



Résultats

• Nombre de panneaux installés	55 728 JINKO JKM550M-72HL4-BDVP (550 Wc)
• Puissance installée	30 650 kWc
• Productible annuel	1 145 kWh/kWc/an
• Electricité produite par la centrale	1 108 873 MWh sur 35 ans

→ Emissions de CO2 évitées grâce à l'électricité produite **2 027,65 Tonnes CO2eq/an**

Calcul avec utilisation des valeurs par défaut de l'ADEME

• Productible	1 152 kWh/kWc/an
• Electricité produite par la centrale	1 115 243 MWh sur 35 ans
• Emissions de CO2 évitées grâce à l'électricité produite	2 039,3 Tonnes CO2eq/an

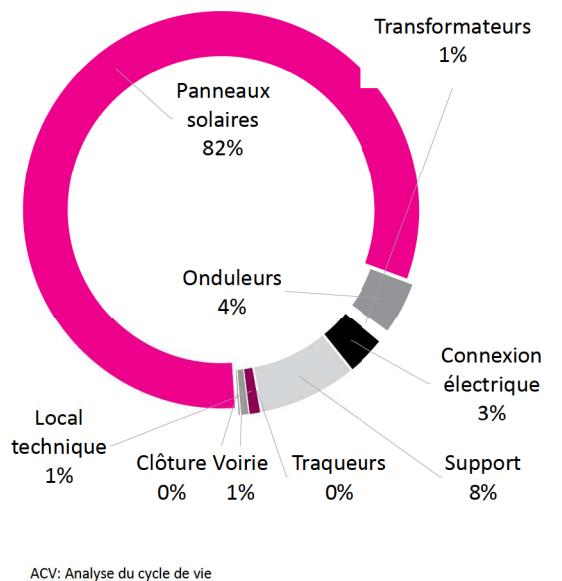
Sur 35 ans

• Empreinte carbone de la centrale	24 268 Tonnes CO2eq
• Empreinte carbone du kWh	22 gCO2eq/kWh
• Emissions carbone évitées	-70 968 Tonnes CO2eq
• Bilan carbone de la centrale	-46 700 Tonnes CO2eq
• Retour sur investissement Carbone	11 ans
• Bilan global au kWh	-42 kgCO2eq/kWh

<i>Méthode par défaut ADEME</i>
112 744 Tonnes CO2eq
101 gCO2eq/kWh
-71 376 Tonnes CO2eq
41 368 Tonnes CO2eq
> à la durée d'exploitation
37 kgCO2eq/kWh

*NB : Pour ce projet en particulier, l'évaluation est basée sur une étude technique préliminaire.
Les quantités considérées sont conservatoires et les équipements mentionnés le sont à titre d'hypothèse.*

Répartition de l'empreinte carbone par équipement



Principaux entrants

- Les panneaux solaires représentent près de 81% de l'empreinte carbone globale de la centrale.
- Les supports constituent le deuxième poste d'émissions carbone avec environ 8% de l'empreinte
- Les onduleurs, considérés comme remplacés au cours de la vie de la centrale, représentent environ 4% de l'empreinte carbone totale.

Ecarts aux valeurs ADEME par défaut

- L'utilisation d'un panneau solaire disposant d'une empreinte ECS de 515kgCo2eq/kWc, donne une empreinte carbone 81% inférieure à la valeur par défaut de l'ADEME.
- L'ACV réalisée à partir des informations de dimensionnement de la centrale, correspondant aux technologies utilisées, impacte fortement les émissions carbone des équipements suivants : Connexion électrique, Support, Voirie



PINK Strategy
SAS au capital de 100 euros - RCS Paris 880 960 190
Code NAF : Ingénierie, études techniques (7112 B) - TVA intracommunautaire : FR 43 519 589 402
38 avenue Léon Gaumont 75020 Paris - www.pink-strategy.fr - Tel : +33 (0)1 83 62 13 29 Fax : +33 (0)1 83 62 13 47

Annexe 9 : Acronymes

APPB	Arrêté Préfectoral de Protection de Biotope	SRCAE	Schéma Régional du Climat, de l'Air et de l'Energie
AEP	Alimentation en Eau Potable	SRCE	Schéma Régional de Cohérence Ecologique
AFES	Association Française d'Etude des Sols	TVB	Trame Verte et Bleue
AVAP	Aire de Valorisation de l'Architecture et du Patrimoine	UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières	UICN	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
BSS	Banque de Données du Sous-Sol	VRD	Voiries et Réseaux Divers
CDCE	Cahier Des Charges Environnemental	ZICO	Zone Importante pour la Conservation des Oiseaux
CET	Contribution Economique Territoriale	ZIP	Zone d'implantation potentielle
CFE	Cotisation Foncière des Entreprises	ZNIEFF	Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique
CNPN	Conseil National de Protection de la Nature	ZPPAUP	Zone de Protection du Patrimoine Architectural, Urbain et Paysager
CVAE	Cotisation sur la Valeur Ajoutée des Entreprises	ZPS	Zones de Protection Spéciale
DCE	Directive Cadre sur l'Eau	ZRE	Zones de Répartition des Eaux
DDRM	Dossier Départemental des Risques Majeurs	ZSC	Zones Spéciales de Conservation
DDT(M)	Direction Départementale des Territoires (et de la Mer)		
DGAC	Direction Générale de l'Aviation Civile		
DREAL	Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement		
EBC	Espace Boisé Classé		
EDF	Electricité De France		
ELD	Entreprise Locale de Distribution		
ERC	Evitement Réduction Compensation		
GES	Gaz à Effet de Serre		
ICPE	Installations classées pour la protection de l'environnement		
IFER	Imposition Forfaitaire pour les Entreprises de Réseaux		
IGN	Institut national de l'information géographique		
INPN	Inventaire National du Patrimoine Naturel		
INSEE	Institut national de la Statistique et des Etudes Economiques		
IOTA	Installations, Ouvrages, Travaux et Activités		
ISO	International Organization for Standardization / Organisation internationale de normalisation		
LPO	Ligue pour la Protection des Oiseaux		
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturelle		
MNT	Modèle Numérique de Terrain		
OBV-NA	Observatoire de la Biodiversité Végétale de Nouvelle-Aquitaine		
OGM	Organisme génétiquement modifié		
OLD	Obligation Légale de Débroussaillage		
ONCFS	Office National de la Chasse et de la Faune Sauvage		
PAQ	Plan Assurance Qualité		
PDL	Poste De Livraison		
PLU	Plan Local d'Urbanisme		
PME	Programme de Management Environnemental		
PNA	Plan National d'Action		
PNA	Plan National d'Actions		
PNR	Parc Naturel Régional		
PPRI	Plan de Prévention des Risques Inondations		
PPRn	Plans de Prévention des Risques Naturels		
PPRT	Plans de Prévention des Risques Technologiques		
PRGI	Plan de gestion des risques d'inondation		
RNN	Réserves Naturelles Nationales		
RNR	Réserves Naturelles Régionales		
RPG	Registre Parcellaire Graphique		
RTE	Réseau de transport d'électricité		
S3REnR	Schémas Régionaux de Raccordement au Réseau des Énergies Renouvelables		
SAGE	Schéma d'Aménagement et de Gestion des Eaux		
SAS	Société par Actions Simplifiée		
SCOT	Schéma de Cohérence Territoriale		
SDAGE	Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux		
SEOF	Société d'Etudes Ornithologiques de France		
SIC	Site d'Intérêt Communautaire		
SME	Système de Management Environnemental		
SOPAE	Schéma Organisationnel du Plan d'Assurance Environnement		
SRADDET	Schéma Régional d'Aménagement, de Développement Durable et d'Égalité des Territoires		

Annexe 10 : Glossaire

Aire d'étude	Zone géographique potentiellement soumise aux effets temporaires et permanents, directs et indirects du projet <i>Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement, Michel Patrick, BCEOM, MEDD, 2001</i>	Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement, MICHEL Patrick, BCEOM, MEDD, 2001 L'impact est la transposition d'un effet sur une échelle de valeurs.
Cadrage préalable	Phase de préparation de l'étude d'impact d'un projet ou d'un document de planification, qui consiste à préciser le contenu des études à réaliser ; pour cela, le maître d'ouvrage peut faire appel à l'autorité décisionnaire qui consulte pour avis l'autorité environnementale et les collectivités territoriales intéressées par le projet. <i>Source: Ministère du développement durable</i>	Mesure compensatoire Les mesures compensatoires ont pour objet d'apporter une contrepartie aux effets négatifs notables, directs ou indirects du projet qui n'ont pu être évités ou suffisamment réduits. Elles sont mises en œuvre en priorité sur le site endommagé ou à proximité de celui-ci afin de garantir sa fonctionnalité de manière pérenne. Elles doivent permettre de conserver globalement, et si possible, d'améliorer la qualité environnementale des milieux. <i>Source : article R. 122-14 II du Code de l'environnement</i> Les mesures compensatoires des impacts sur le milieu naturel, en particulier, doivent permettre de maintenir, voire d'améliorer l'état de conservation des habitats, des espèces, les services écosystémiques rendus, et la fonctionnalité des continuités écologiques concernés par un impact négatif résiduel significatif. Elles doivent être équivalentes aux impacts du projet et additionnelles aux engagements publics et privés. <i>Source : Doctrine nationale relative à la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu naturel</i>
Effet	L'effet décrit une conséquence d'un projet sur l'environnement indépendamment du territoire qui sera affecté. <i>Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement Michel Patrick, BCEOM, MEDD, 2001</i>	Mesure d'évitement / de suppression Mesure intégrée dans la conception du projet, soit du fait de sa nature même, soit en raison du choix d'une solution ou d'une alternative, qui permet d'éviter un impact intolérable pour l'environnement. <i>Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement MICHEL Patrick, BCEOM, MEDD, 2001</i>
Effet cumulatif	Résultat du cumul et de l'interaction de plusieurs effets directs et indirects provoqués par un même projet ou par plusieurs projets dans le temps et l'espace. <i>Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement MICHEL Patrick, BCEOM, MEDD, 2001</i>	Mesure de réduction / d'atténuation Mesure pouvant être mise en œuvre dès lors qu'un impact négatif ou dommageable ne peut être supprimé totalement lors de la conception du projet. S'attache à réduire, sinon prévenir l'apparition d'un impact. <i>Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement MICHEL Patrick, BCEOM, MEDD, 2001</i>
Enjeu environnemental	Valeur prise par une fonction ou un usage, un territoire ou un milieu au regard de préoccupations écologiques, patrimoniales, paysagères, sociologiques, de qualité de la vie et de santé. <i>Source : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie</i>	Sensibilité La sensibilité exprime le risque que l'on a de perdre tout ou une partie de la valeur d'un enjeu environnemental du fait de la réalisation d'un projet. <i>Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement MICHEL Patrick, BCEOM, MEDD, 2001</i> L'effet et la sensibilité ont peu ou prou la même signification. La sensibilité au photovoltaïque est une notion utilisée notamment dans le chapitre sur les solutions de substitution envisagées.
Espèce patrimoniale	Notion subjective qui attribue une valeur d'existence forte aux espèces qui sont plus rares que les autres et qui sont bien connues. Par exemple, cette catégorie informelle (non fondée écologiquement) regrouperait les espèces prises en compte au travers de l'inventaire ZNIEFF (déterminantes ZNIEFF), les espèces Natura 2000, beaucoup des espèces menacées... <i>Source : INPN</i> Généralement, on peut parler d'espèce « plus patrimoniale que d'autres ».	Variante Solution ou option étudiée dans le cadre d'un projet (localisation, capacité, process technique...). <i>Source : Guide de l'étude d'impact sur l'environnement MICHEL Patrick, BCEOM, MEDD, 2001</i>
Etat de conservation	L'état de conservation, qui porte sur un habitat ou sur une espèce, est défini par l'article 1er de la directive « Habitats, faune, flore » 92/43/CEE. <ul style="list-style-type: none"> - <u>Etat de conservation d'un habitat naturel</u> : « effet de l'ensemble des influences agissant sur un habitat naturel ainsi que sur les espèces typiques qu'il abrite, qui peuvent affecter à long terme sa répartition naturelle, sa structure et ses fonctions ainsi que la survie à long terme de ses espèces typiques sur le territoire visé à l'article 2 ». - <u>Etat de conservation d'une espèce</u> : « effet de l'ensemble des influences qui, agissant sur l'espèce, peuvent affecter à long terme la répartition et l'importance de ses populations sur le territoire visé à l'article 2 (territoire européen des Etats membres où le traité s'applique) ». 	
Etat actuel de l'environnement	État d'un site et des milieux avant l'implantation d'une installation industrielle ou d'un aménagement. <i>Source : Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie</i>	
Facteur	Définition à préciser	
Incidence notable	Définition à préciser	
Impact	Croisement entre l'effet et la composante de l'environnement touchée par le projet.	

Annexe 11 : K-Bis (mis à jour)

Greffre du Tribunal de Commerce de Nanterre
4 RUE PABLO NERUDA
92020 NANTERRE CEDEX
N° de gestion 1991B04782

Code de vérification : 4Bx2oBiP0G
<https://controle.infogreffre.fr/controle>



Extrait Kbis

EXTRAIT D'IMMATRICULATION PRINCIPALE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIETES à jour au 27 juin 2024

IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE

Immatriculation au RCS, numéro 379 677 636 RCS Nanterre
Date d'immatriculation 17/10/1991
Dénomination ou raison sociale EDF Renouvelables
Forme juridique Société anonyme
Capital social 226 755 000,00 Euros
Adresse du siège 43 Boulevard des Bouvets Cs 90310 92741 Nanterre Cedex
Durée de la personne morale Jusqu'au 30/10/2089
Date de clôture de l'exercice social 31 décembre

GESTION, DIRECTION, ADMINISTRATION, CONTROLE, ASSOCIES OU MEMBRES

Président du conseil d'administration - Directeur général - Administrateur
Nom, prénom BUFFON Béatrice-Sophie
Date et lieu de naissance Le 21/04/1974 à Vincennes (94)
Nationalité Française
Domicile personnel 13 Rue Pasteur 78110 Le Vésinet
Directeur général délégué - Administrateur
Nom, prénom FYOT Bruno
Date et lieu de naissance Le 26/10/1961 à Cognac (16)
Nationalité Française
Domicile personnel 968 Chemin Célestin Freinet 06140 Vence
Administrateur
Dénomination edf développement environnement sa
Forme juridique Société anonyme à conseil d'administration
Adresse 10 Place de la Défense 92974 Paris La Défense Cedex
Immatriculation au RCS, numéro 380 414 482 RCS Nanterre
Représentant permanent DUMONT Agnès
Nom, prénom DUMONT Agnès
Date et lieu de naissance Le 10/06/1970 à Annecy (74)
Domicile personnel 5 Rue Rigaud 92200 Neuilly-sur-Seine
Administrateur
Nom, prénom FELIX Carine
Nom d'usage DE BOISSEZON
Date et lieu de naissance Le 27/07/1976 à Sarcelles (95)
Nationalité Française
Domicile personnel 9 Avenue Sainte-Foy 92200 Neuilly-sur-Seine
Administrateur représentant les salariés
Nom, prénom DE MUYNCK Pascale
Date et lieu de naissance Le 31/01/1978 à Pontoise (95)
Nationalité Française
Domicile personnel 1 Rue du Capitaine Guynemer 78400 CHATOU
Administrateur représentant les salariés
Nom, prénom CASSEGRAIN Marie Claire véronique francoise
Date et lieu de naissance Le 04/10/1965 à Château-Renault (37)
Nationalité Française

Greffre du Tribunal de Commerce de Nanterre
4 RUE PABLO NERUDA
92020 NANTERRE CEDEX

N° de gestion 1991B04782

Domicile personnel

Commissaire aux comptes titulaire

Dénomination KPMG S.A.
Forme juridique Société anonyme
Adresse Tour Eqho 2 Avenue Gambetta 92066 Paris La Défense Cedex
Immatriculation au RCS, numéro 775 726 417 RCS Nanterre

RENSEIGNEMENTS RELATIFS A L'ACTIVITE ET A L'ETABLISSEMENT PRINCIPAL

Adresse de l'établissement 43 Boulevard des Bouvets Cs 90310 92741 Nanterre Cedex
Activité(s) exercée(s)
Prises de participations dans toutes sociétés industrielles et commerciales, en particulier dans le domaine de l'énergie, et dans tout autre domaine, en France et à l'étranger l'achat la vente de tous biens immeubles bâti ou non, situés tant en France Qu'a l'étranger ainsi que toutes activités annexes et connexes financières immobilières et autres, ayant pour conséquence directes ou indirectes de faciliter cette activité
Date de commencement d'activité 13/09/1990
Origine du fonds ou de l'activité
Mode d'exploitation Exploitation directe

IMMATRICULATIONS HORS RESSORT

R.C.S. Aix-en-Provence
R.C.S. Caen
R.C.S. Béziers
R.C.S. Montpellier
R.C.S. Nantes
R.C.S. Saint-Nazaire
R.C.S. Lorient
R.C.S. Le Havre
R.C.S. Poitiers

OBSERVATIONS ET RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES

- Mention du 17/10/1991
 - Mention du 02/02/1999
 - Mention du 15/10/2002
- La société ne conserve aucune activité à son ancien siège
Fusion-absorption de l'immobilière Saint Paul (Rcs Nanterre b407539212) - à compter du : 30-12-1998
Mise en harmonie des statuts avec la loi 2001-420 du 15 mai 2001 de l'assemblée générale du 27/06/2002

Le Greffier



FIN DE L'EXTRAIT

Greffé du Tribunal de Commerce de Nanterre
4 RUE PABLO NERUDA
92020 NANTERRE CEDEX

N° de gestion 2001B00892

Code de vérification : a1ATOtSHeb
<https://controle.infogreff.fr/controle>



Extrait Kbis

EXTRAIT D'IMMATRICULATION PRINCIPALE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIÉTÉS
à jour au 27 juin 2024

IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE

Immatriculation au RCS, numéro 434 689 915 RCS Nanterre
Date d'immatriculation 20/02/2001
Dénomination ou raison sociale EDF Renouvelables France
Forme juridique Société par actions simplifiée (Société à associé unique)
Capital social 400 500 000,00 Euros
Adresse du siège 43 Boulevard des Bouvets Cs 90310 92741 Nanterre Cedex
Durée de la personne morale Jusqu'au 20/02/2100
Date de clôture de l'exercice social 31 décembre

GESTION, DIRECTION, ADMINISTRATION, CONTROLE, ASSOCIES OU MEMBRES

Président
Dénomination EDF Renouvelables
Forme juridique Société anonyme
Adresse 43 Boulevard des Bouvets Cs 90310 92741 Nanterre Cedex
Immatriculation au RCS, numéro 379 677 636 RCS Nanterre
Commissaire aux comptes titulaire
Dénomination KPMG S.A.
Forme juridique Société anonyme
Adresse Tour Ephem 2 Avenue Gambetta 92066 Paris La Défense Cedex
Immatriculation au RCS, numéro 775 726 417 RCS Nanterre

SOCIETE RESULTANT D'UNE FUSION OU D'UNE SCISSON

- Mention n° 44082 du 10/08/2020
Opération de fusion à compter du 06/08/2020. Société(s) ayant participé(s) à l'opération : EDF RENOUVELABLES OUTRE MER, SAS, Cœur Défense Tour B 100 Esplanade du Général de Gaulle 92932 Paris La Défense Cedex (RCS Nanterre 389475294)
- Mention n° 68105 du 02/07/2021
Opération de fusion à compter du 19/02/2021. Société(s) ayant participé à l'opération : THEOLIA FRANCE (société absorbée), Société par actions simplifiée à associé unique, 77 Rue Samuel Morse 34000 Montpellier (RCS Montpellier 480 039 825)
- Mention n° 93338 du 23/09/2021
Opération de fusion à compter du 01/03/2021. Société(s) ayant participé à l'opération : THEOLIA FRANCE, SAS, 77 rue Samuel Morse, immeuble Alliance 2, 34000 Montpellier (RCS Montpellier 480039825)

RENSEIGNEMENTS RELATIFS A L'ACTIVITE ET A L'ETABLISSEMENT PRINCIPAL

Adresse de l'établissement 43 Boulevard des Bouvets Cs 90310 92741 Nanterre Cedex
Activité(s) exercée(s)
La participation financière directe ou indirecte, par tous moyens, dans toute opération, entreprise, société ou groupement industriel ou commercial, en particulier dans le domaine de l'énergie et dans tout autre domaine, l'achat et la vente de tous biens immeubles, bâti ou non, situés tant en France qu'à l'étranger ainsi que toutes activités annexes et connexes, financières, immobilières et autres ayant pour conséquences directes ou indirectes, de faciliter cette activité assurer tout particulièrement toutes prestations de services dans les domaines relevant de l'activité ci-dessus
Date de commencement d'activité 05/01/2001
Origine du fonds ou de l'activité Crédit
Mode d'exploitation Exploitation directe

Greffé du Tribunal de Commerce de Nanterre
4 RUE PABLO NERUDA
92020 NANTERRE CEDEX

N° de gestion 2001B00892

IMMATRICULATIONS HORS RESSORT

R.C.S. Rodez
R.C.S. Aix-en-Provence
R.C.S. Marseille
R.C.S. Tarascon
R.C.S. Toulouse
R.C.S. Bordeaux
R.C.S. Béziers
R.C.S. Montpellier
R.C.S. Nantes
R.C.S. Saint-Nazaire
R.C.S. Bar-le-Duc
R.C.S. Strasbourg
R.C.S. Lyon
R.C.S. Pointe-à-Pitre

OBSERVATIONS ET RENSEIGNEMENTS COMPLEMENTAIRES

- Mention du 10/09/2002
- Mention du 13/01/2003

Mise en harmonie des statuts avec la loi 2001-420 du 15 mai 2001 -
FUSION ABSORPTION DE LA SOCIETE ENERGIE DU MIDI SARL
(RCS BEZIERS B 421044520) A COMPTER DU 27/12/2002

Le Greffier



FIN DE L'EXTRAIT

Greffé du Tribunal de Commerce de Nanterre

4 Rue Pablo Neruda
92020 Nanterre Cedex

N° de gestion 2017B10146



Extrait Kbis

EXTRAIT D'IMMATRICULATION PRINCIPALE AU REGISTRE DU COMMERCE ET DES SOCIETES
à jour au 3 juin 2024

IDENTIFICATION DE LA PERSONNE MORALE

<i>Immatriculation au RCS, numéro</i>	833 201 767 RCS Nanterre
<i>Date d'immatriculation</i>	08/11/2017
<i>Dénomination ou raison sociale</i>	CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE DE LA ZONE DE DESSERREMENT DE STRASBOURG
<i>Forme juridique</i>	Société par actions simplifiée (Société à associé unique)
<i>Capital social</i>	5 000,00 Euros
- <i>Mention n° 76901 du 24/08/2023</i>	Continuation de la société malgré un actif net devenu inférieur à la moitié du capital social. Décision du 08/06/2023
<i>Adresse du siège</i>	43 Boulevard des Bouvets Cs 90310 92741 Nanterre Cedex
<i>Activités principales</i>	Réalisation et exploitation d'installations solaires photovoltaïques destinées à produire de l'électricité ainsi que toutes activités annexes et connexes que nécessiterait son objet social.
<i>Durée de la personne morale</i>	Jusqu'au 08/11/2116
<i>Date de clôture de l'exercice social</i>	31 décembre

GESTION, DIRECTION, ADMINISTRATION, CONTROLE, ASSOCIES OU MEMBRES

Président	
<i>Dénomination</i>	EDF RENOUVELABLES FRANCE
<i>Forme juridique</i>	Société par actions simplifiée à associé unique
<i>Adresse</i>	43 Boulevard des Bouvets Cs 90310 92741 Nanterre Cedex
<i>Immatriculation au RCS, numéro</i>	434 689 915 RCS Nanterre

RENSEIGNEMENTS RELATIFS A L'ACTIVITE ET A L'ETABLISSEMENT PRINCIPAL

<i>Adresse de l'établissement</i>	43 Boulevard des Bouvets Cs 90310 92741 Nanterre Cedex
<i>Activité(s) exercée(s)</i>	Réalisation et exploitation d'installations solaires photovoltaïques destinées à produire de l'électricité ainsi que toutes activités annexes et connexes que nécessiterait son objet social.
<i>Date de commencement d'activité</i>	26/10/2017
<i>Origine du fonds ou de l'activité</i>	Création
<i>Mode d'exploitation</i>	Exploitation directe

IMMATRICULATIONS HORS RESSORT

R.C.S. Strasbourg

Le Greffier



FIN DE L'EXTRAIT