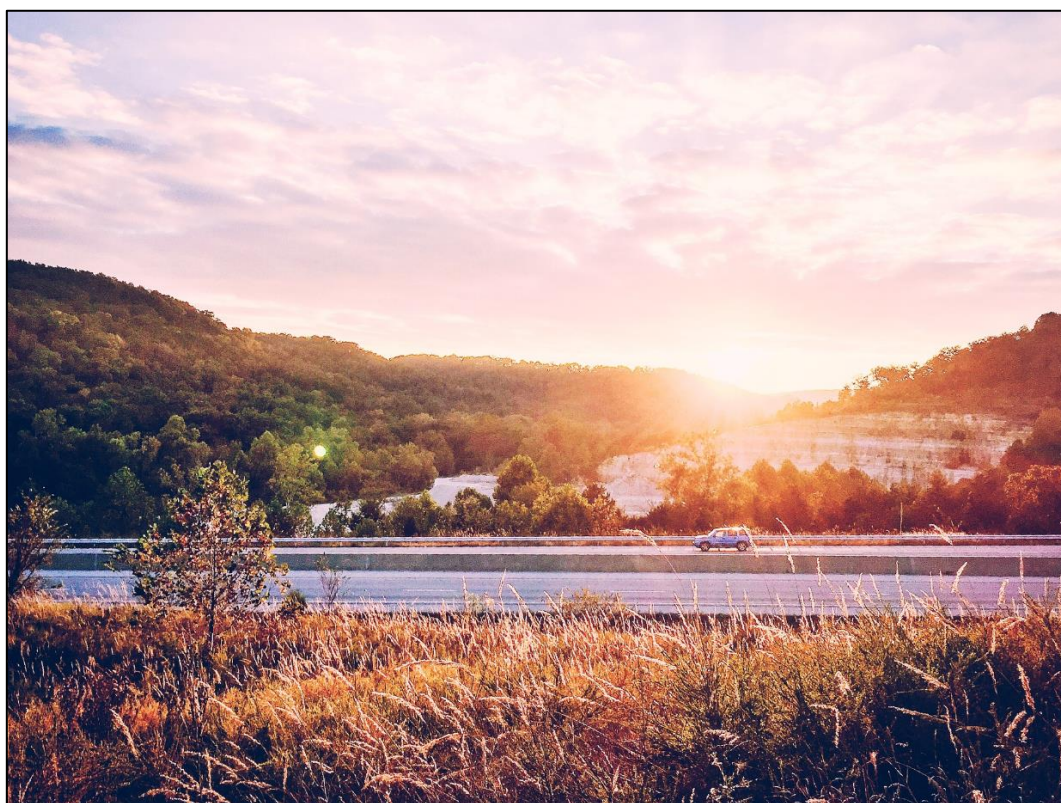




955, route des Lucioles
06 560 Valbonne Sophia Antipolis

Étude d'Éblouissement

Projet PV de Chéry-Chartreuve



EE AGRISOLAIRE 08

21 septembre 2023 – version 1

1. SOMMAIRE

1.	SOMMAIRE	2
2.	PRESENTATION GENERALE	3
2.1.	PRESENTATION DU DOCUMENT	3
2.2.	PRESENTATION DES INTERVENANTS	3
3.	PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDEREES	4
3.1.	PRESENTATION DU PROJET	4
	ZONE NORD	7
	ZONE SUD	7
3.2.	PRESENTATION DES ELEMENTS MODELISES	8
	LA TRAJECTOIRE DES VEHICULES	8
	LA TOPOGRAPHIE	9
	LES MODULES	10
	LA LUMINANCE DU SOLEIL	11
	LA COURSE DU SOLEIL	12
4.	ANALYSE	13
	ZONE SUD	14
	ZONES NORD	18
5.	CONCLUSION	20

2. PRESENTATION GENERALE

2.1. PRESENTATION DU DOCUMENT

Ce document présente l'étude d'éblouissement de l'installation agrivoltaïque de la société EE AGRISOLAIRE 08 localisé à Chéry-Chartreuve (Aisne), à proximité de la départementale D967. 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 en fonction de la date et de l'heure ainsi que de caractériser ces impacts.

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

EE AGRISOLAIRE 08

70, avenue de Clichy
75 017 Paris

Contact :

M. Eric VIRVAUX – e.virvaux@impulsion-groupe.fr

Cabinet d'Ingénierie



955, route des Lucioles
06 560 Sophia Antipolis

Contact :

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

3. PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTREES CONSIDEREES

3.1. PRESENTATION DU PROJET

Le projet de la société EE AGRISOLAIRE 08 consiste à réaliser une installation agrivoltaïque avec solution de suivi du soleil (*tracking*) 1-axe à Chéry-Chartreuve (Aisne), à proximité de la départementale D967.

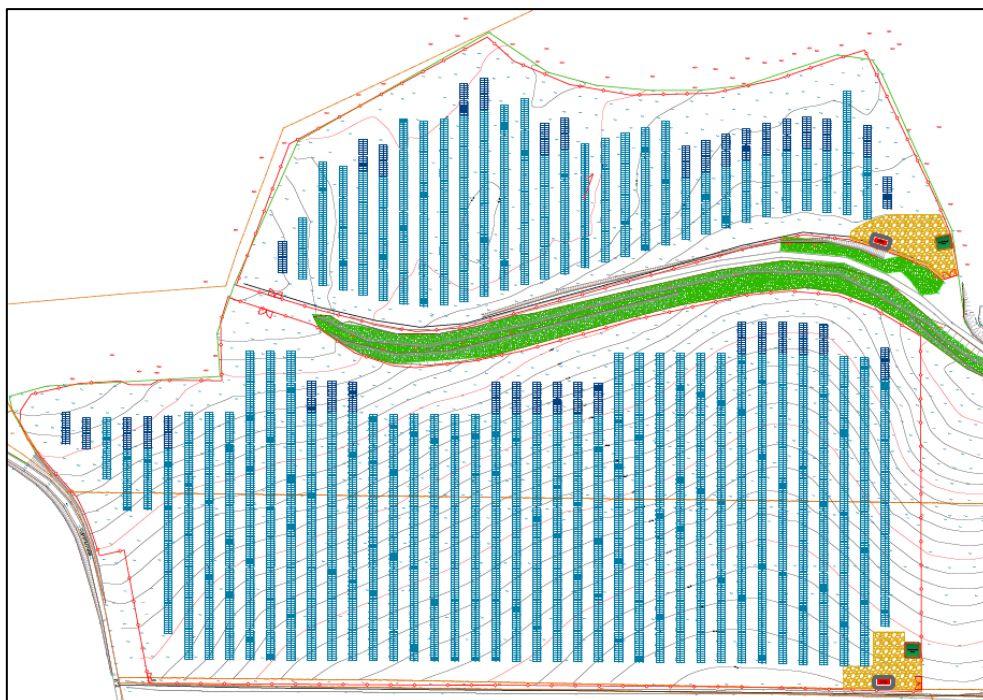
Intitulé	Latitude	Longitude
Installation agrivoltaïque avec tracking 1-axe	49,265693°	3,626041°

La figure suivante présente l'emprise au sol des structures PV lesquelles sont réparties sur trois zones, deux au Nord et une au Sud.

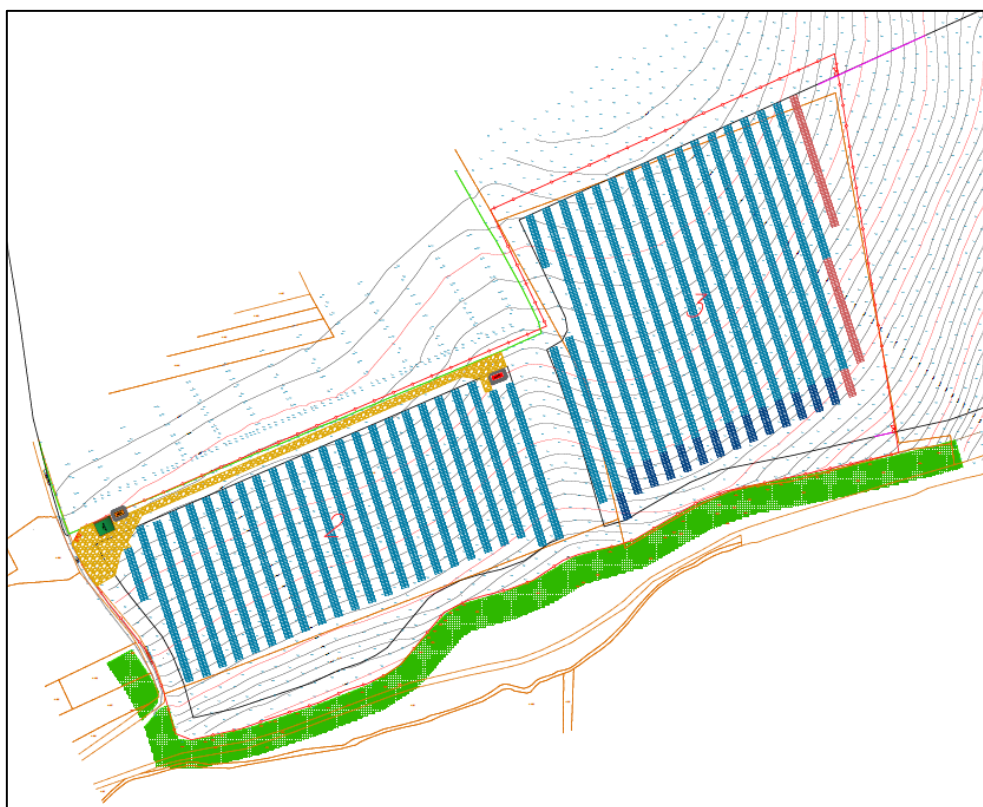


Les figures suivantes présentent l'implantation des structures PV dont les axes de rotation diffèrent suivant la zone PV.

Zones NORD

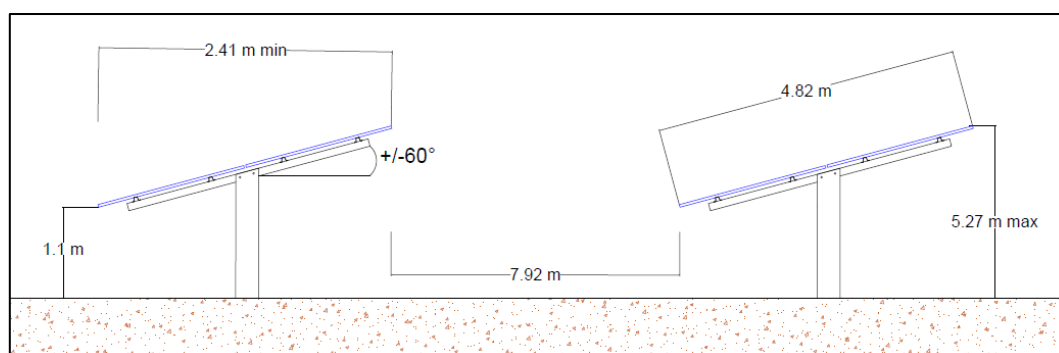


Zone SUD

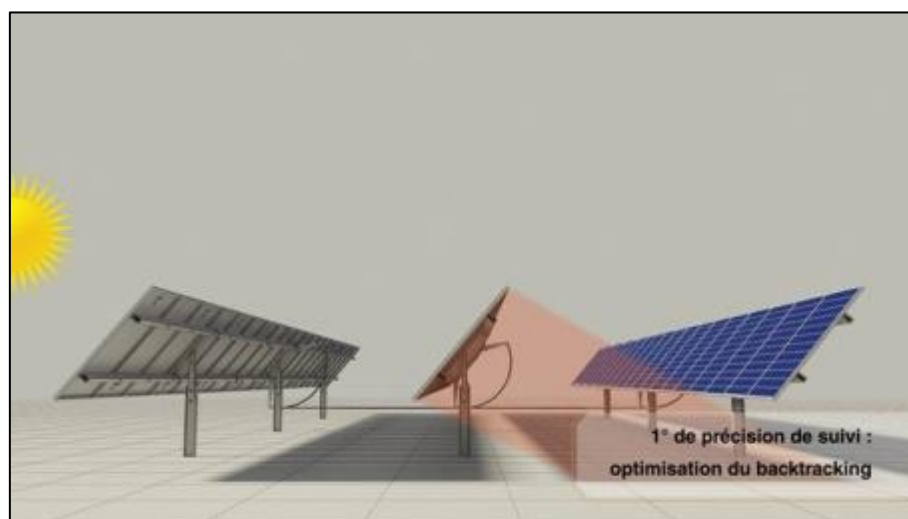


Le tableau suivant détaille les caractéristiques de l'installation agrivoltaïque.

Zone PV	Axe de rotation par rapport à l'axe nord-sud	Angle de rotation	Hauteur moyenne	Entraxe	Largeur de bande collectrice
Zones NORD	0° (axe Nord-Sud)	± 60°	3,20 m	12,7 m	4,82 m
Zone SUD	18° (axe Nord-Ouest / Sud-Est)				

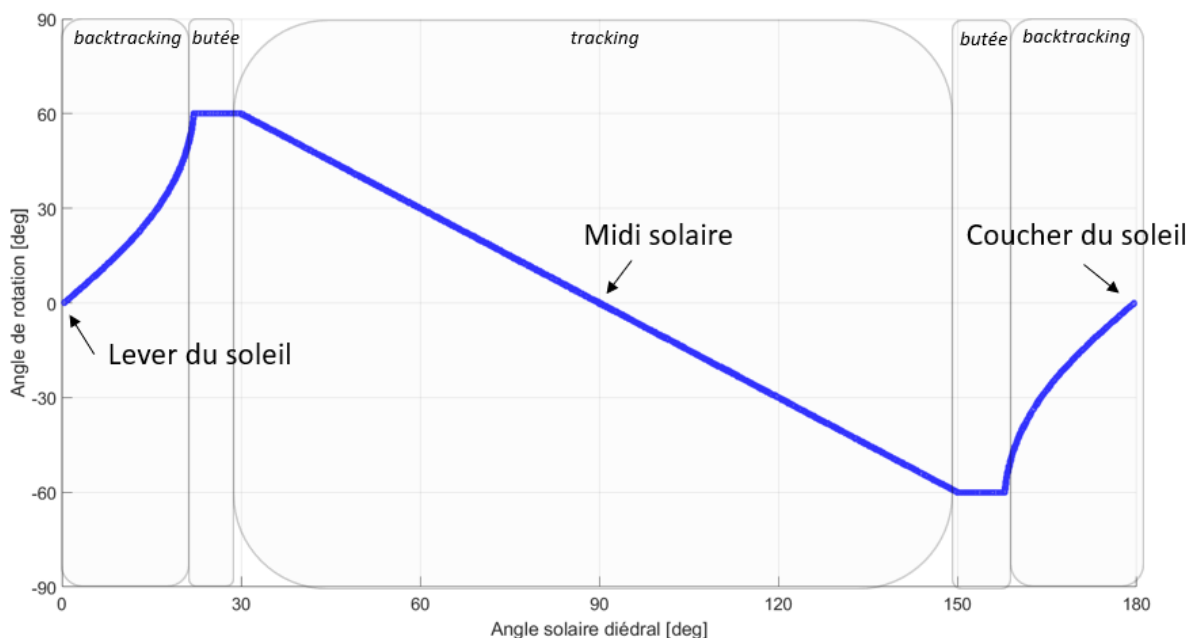


Ce système dispose d'un algorithme de backtracking permettant de limiter les ombrages mutuels en début et en fin de journée comme l'illustre la figure suivante.



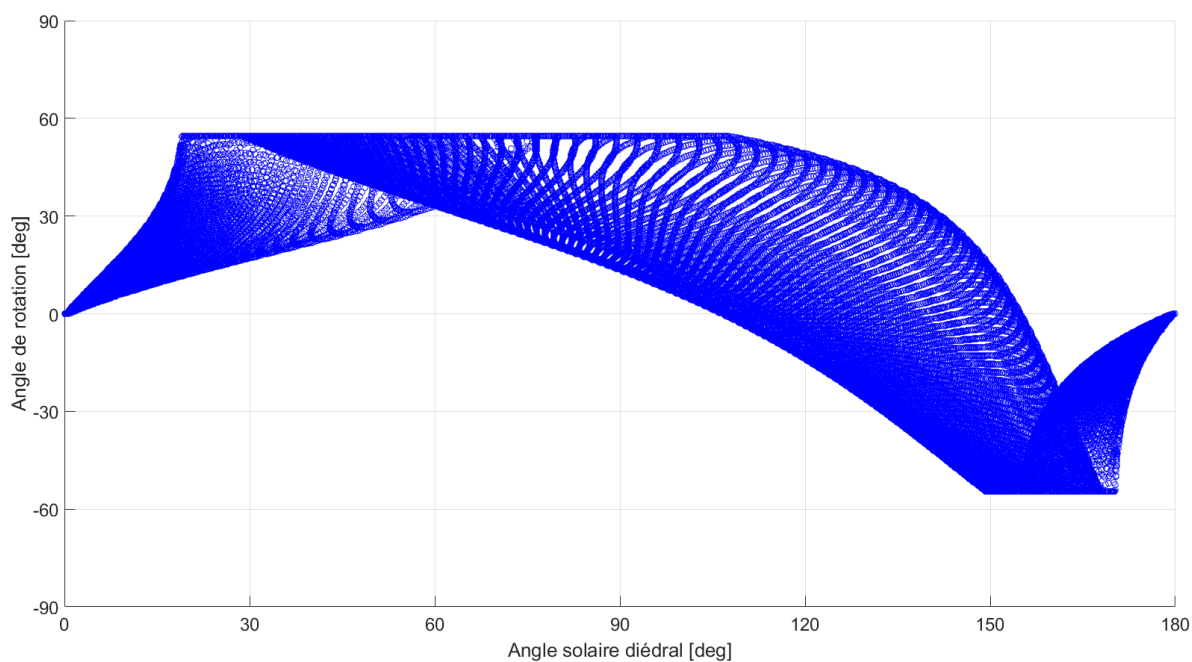
ZONE NORD

La figure suivante présente le profil quotidien de la cinématique utilisée pour la zone NORD dont l'axe de rotation est orienté Nord/Sud.



ZONE SUD

La figure suivante présente le profil quotidien de la cinématique utilisée pour la zone SUD dont l'axe de rotation est orienté Nord-Ouest / Sud-Est.



3.2. PRESENTATION DES ELEMENTS MODELISES

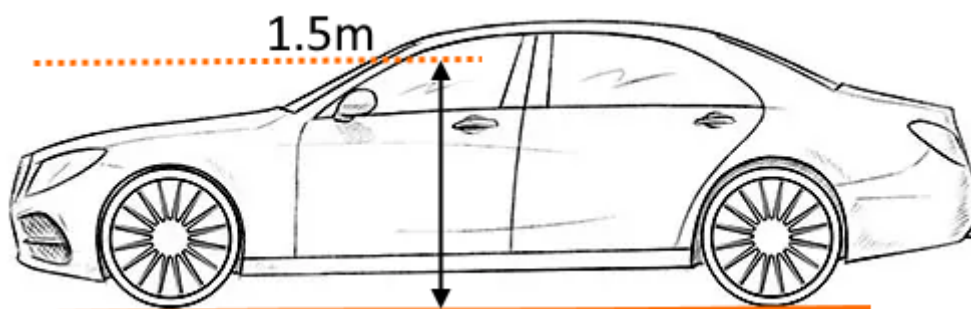
LA TRAJECTOIRE DES VEHICULES

La figure suivante présente la localisation du projet PV ainsi que les routes étudiées :

- En rouge l'emprise au sol de l'installation agrivoltaïque ;
- En bleu et cyan départementale D967 depuis l'Est et depuis l'Ouest.

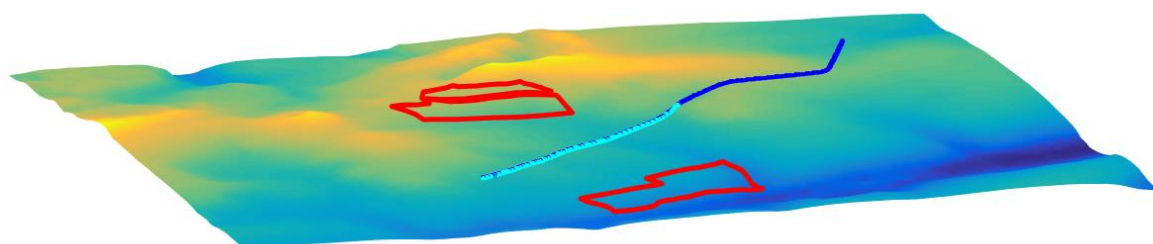
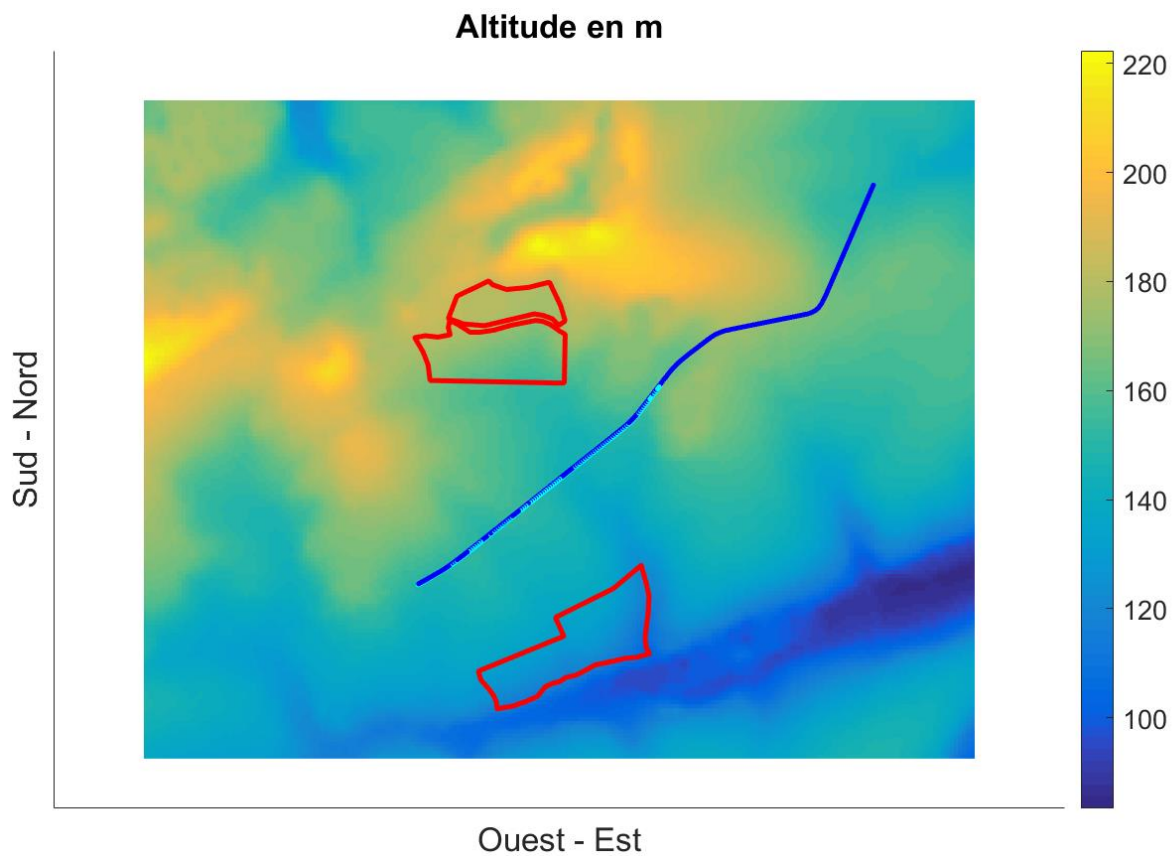


Une hauteur de 1,5 m au-dessus du sol a été considérée afin de prendre en compte les conducteurs des voitures sur la départementale.



LA TOPOGRAPHIE

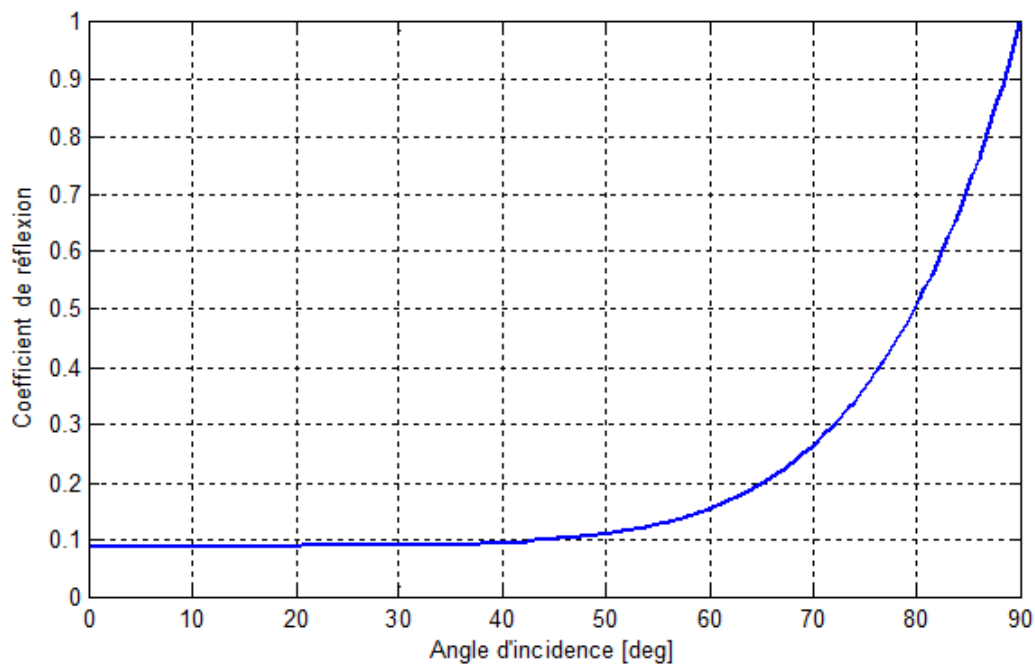
Un modèle numérique de terrain avec une maille de 30 m a été utilisé. L'installation agrivoltaïque est représentée en rouge, les trajectoires des véhicules en bleu et cyan. Le dégradé de couleur correspond à l'altitude du terrain en mètres.



LES MODULES

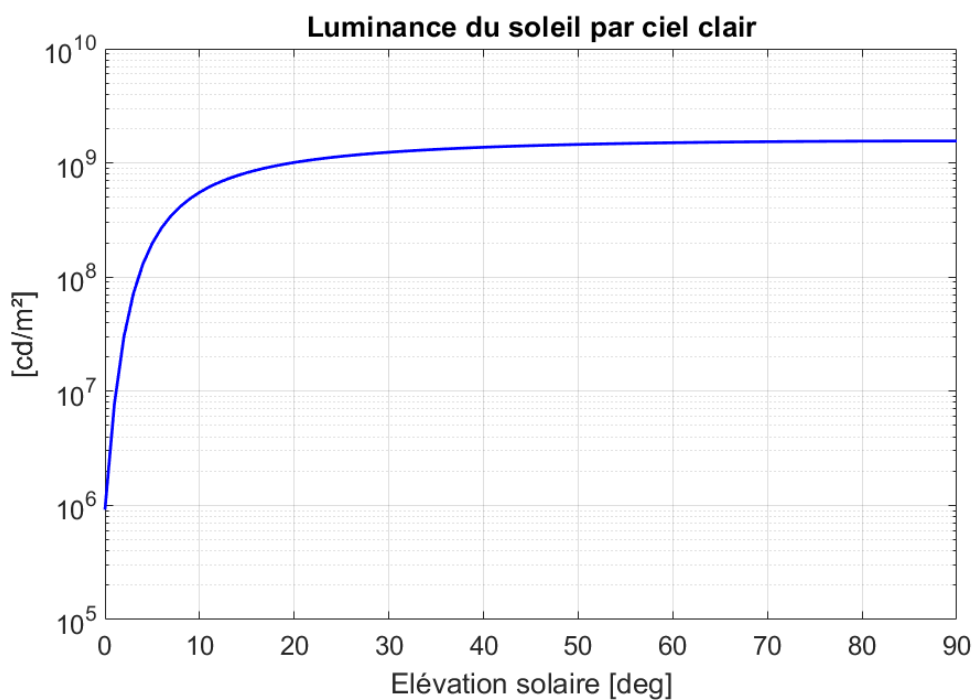
Les modules concernés utilisent une couche en verre susceptible de provoquer des cas d'éblouissement suivant l'angle d'incidence. Il convient donc d'effectuer une analyse fine des cas potentiels d'éblouissement.

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 représenté à la figure suivante.



LA LUMINANCE DU SOLEIL

La figure suivante présente le profil de luminance (en candéla par m², cd/m²) des rayons direct 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/m² au lever du soleil et culmine à 1,6 milliards de cd/m² lorsque le soleil est au zénith.

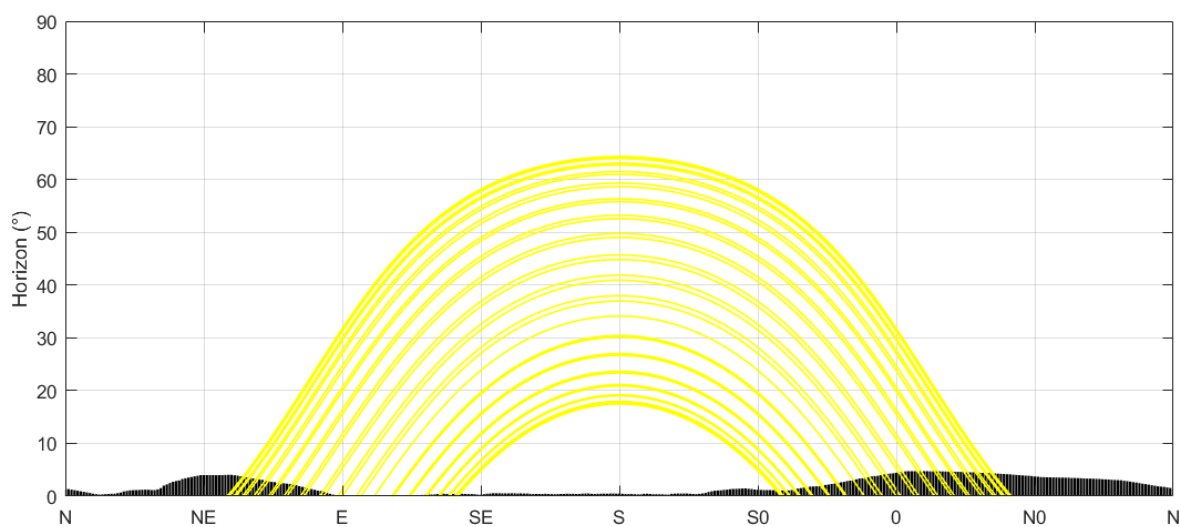


LA COURSE DU SOLEIL

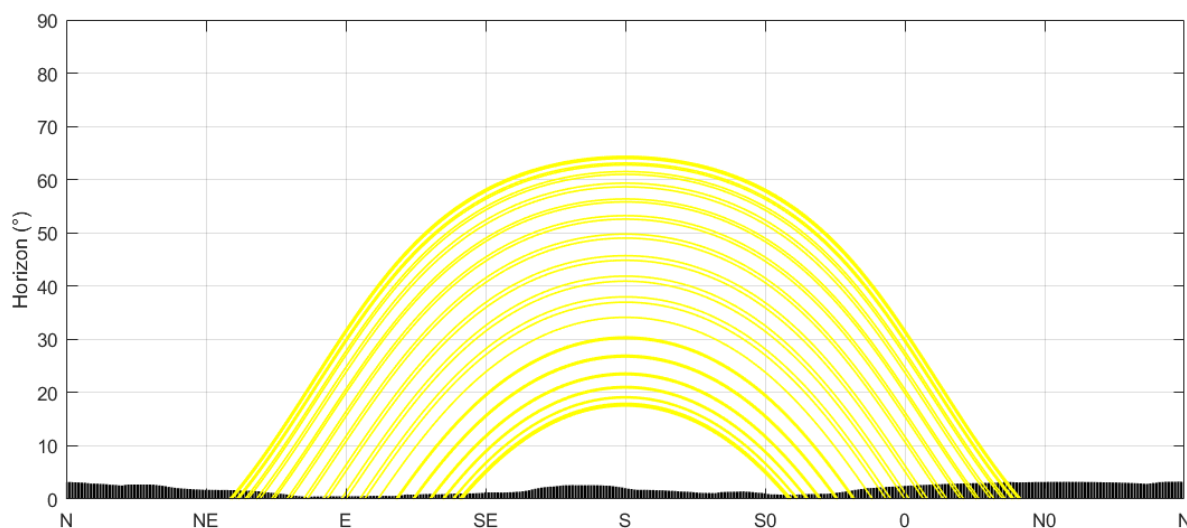
Les figures suivantes présentent pour le site étudié la course du soleil (en jaune) tout au long de l'année, le solstice d'été (21 juin) étant la courbe supérieure et le solstice d'hiver (21 décembre) la courbe inférieure :

- 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 d'éblouissement car il peut cacher les rayons directs du soleil et donc réduire les impacts identifiés.

Zones NORD



Zone SUD

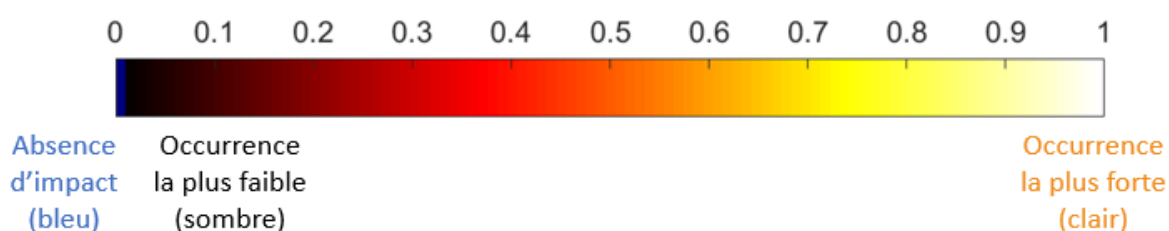


4. ANALYSE

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, cinq visuels permettent de caractériser les rayons réfléchis pouvant générer de l'éblouissement :

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

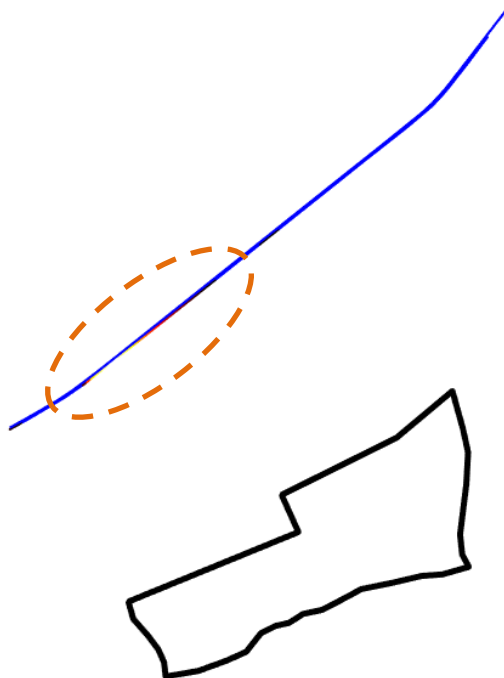


Un même code couleur est utilisé pour chaque visuel : plus la couleur est claire, plus l'occurrence des impacts est élevée, l'occurrence étant définie comme le nombre d'impacts identifiés par la simulation. Une occurrence nulle (i.e. absence d'impact) est indiquée en bleu.

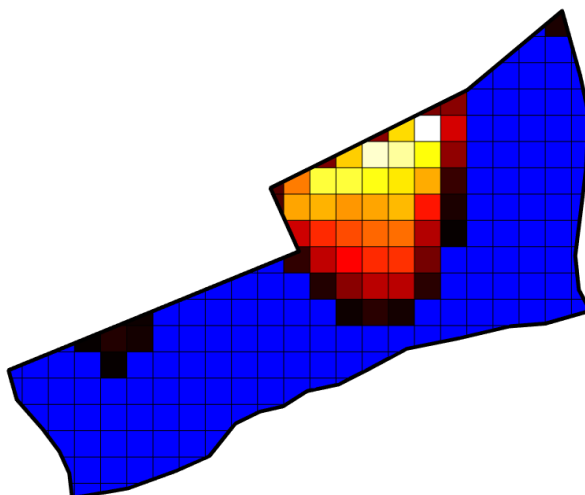
- Qualification de l'éblouissement à travers la distinction entre éblouissement d'inconfort et éblouissement d'incapacité tel que défini par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC) dans les spécifications adressées aux porteurs de projet PV.

ZONE SUD

La figure suivante identifie les trajectoires qui seront impactées par des rayons réfléchis (sont exclus les rayons réfléchis survenant dans le dos des conducteurs). Les impacts surviennent uniquement pour les conducteurs venant depuis l'Ouest, sur un tronçon d'environ 345 m, soit moins de 16 secondes à 80 km/h.



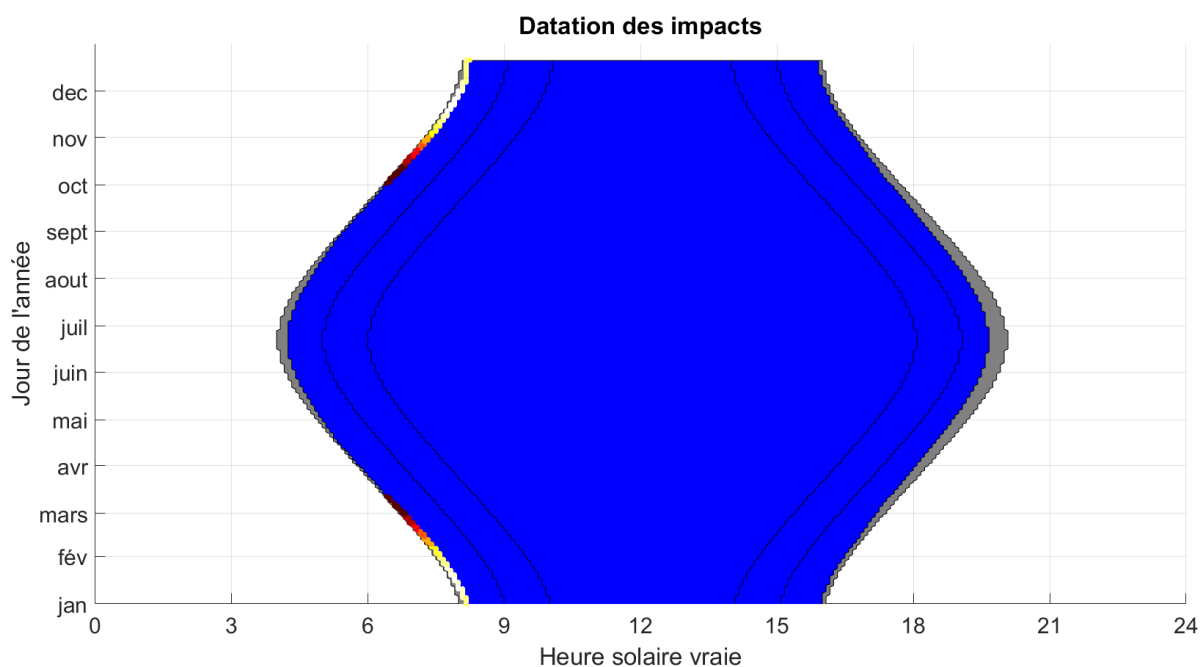
La figure suivante identifie les zones de l'installation agrivoltaïque qui vont générer ces rayons réfléchis. Environ 29 % de l'emprise au sol de la zone SUD est à l'origine de ces impacts.



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 ;
- 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.

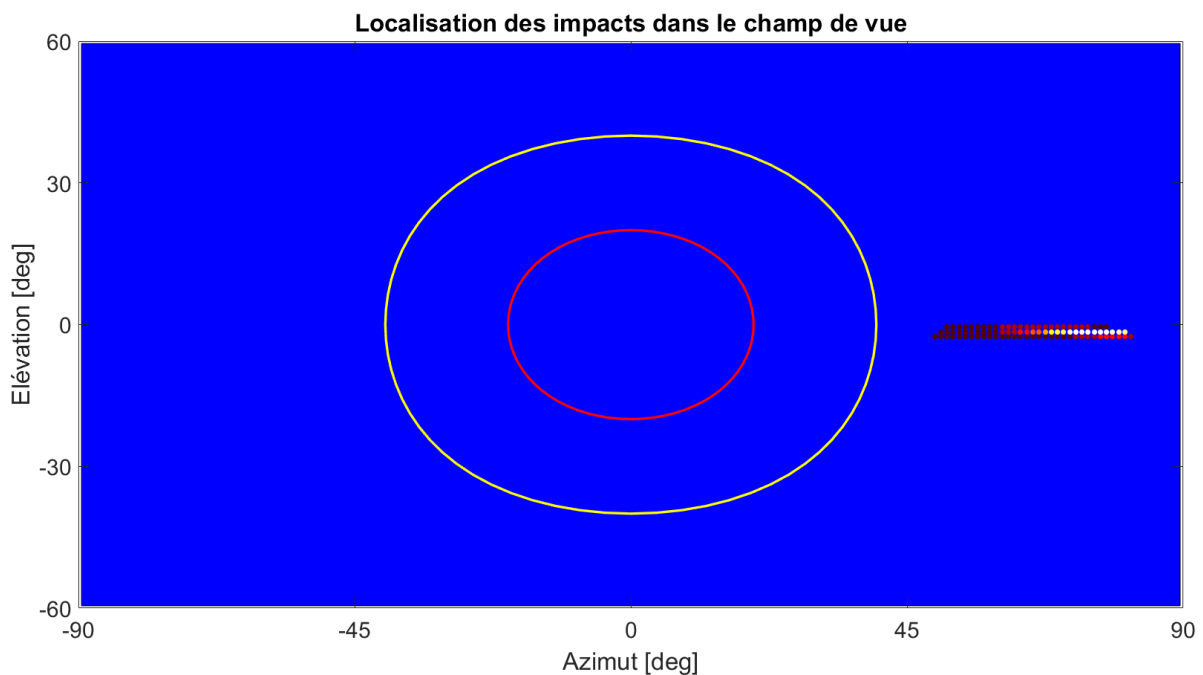
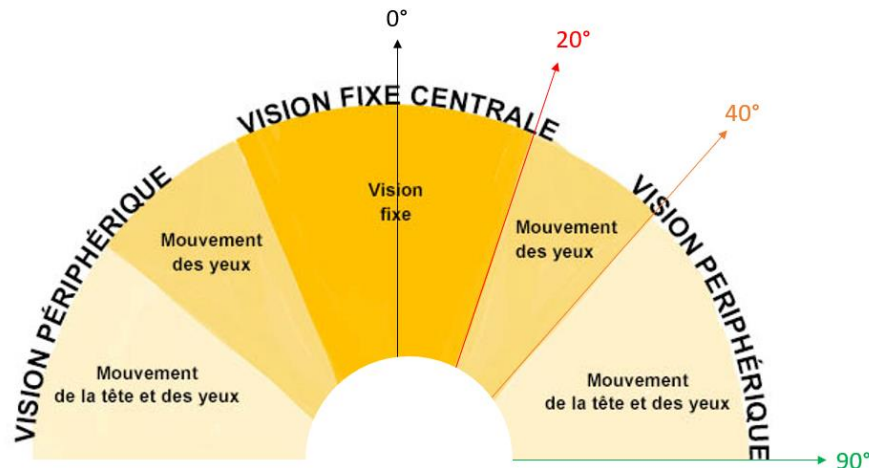


L'analyse montre que les rayons réfléchis surviennent au lever du soleil, alors que l'angle de rotation des trackers est inférieur à 5°, entre début octobre et mi-mars, sur une durée journalière inférieure à 10 minutes.

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

- 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).

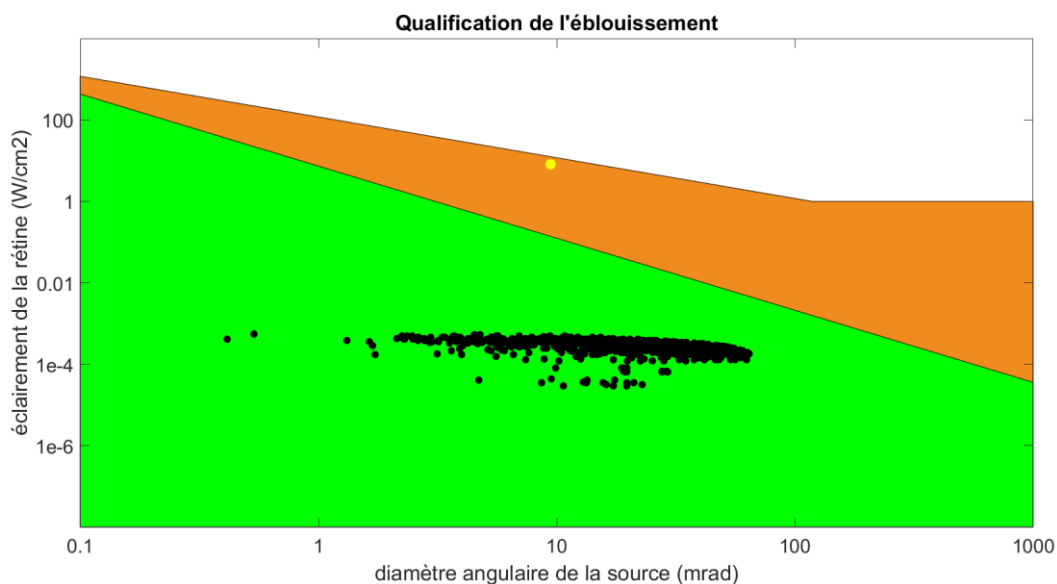
Les cercles rouge et jaune correspondent respectivement aux angles de 20 et 40° délimitant la vision fixe centrale et la vision périphérique tandis que le rectangle vert est le seuil au-delà duquel les rayons réfléchis surviennent dans le dos du conducteur.



L'analyse montre que, les rayons réfléchis arriveront en vision périphérique des conducteurs (> 50°).

La figure suivante présente la qualification de l'éblouissement entre incapacité et inconfort :

- L'éblouissement d'incapacité est démontré lorsque des occurrences identifiées (points noirs) se situe dans la zone orange ;
- L'éblouissement d'inconfort est observé lorsque des occurrences identifiées (points noirs) se situe dans la zone verte ;
- Le point jaune correspond à l'éblouissement généré par le soleil alors qu'il est au zénith.

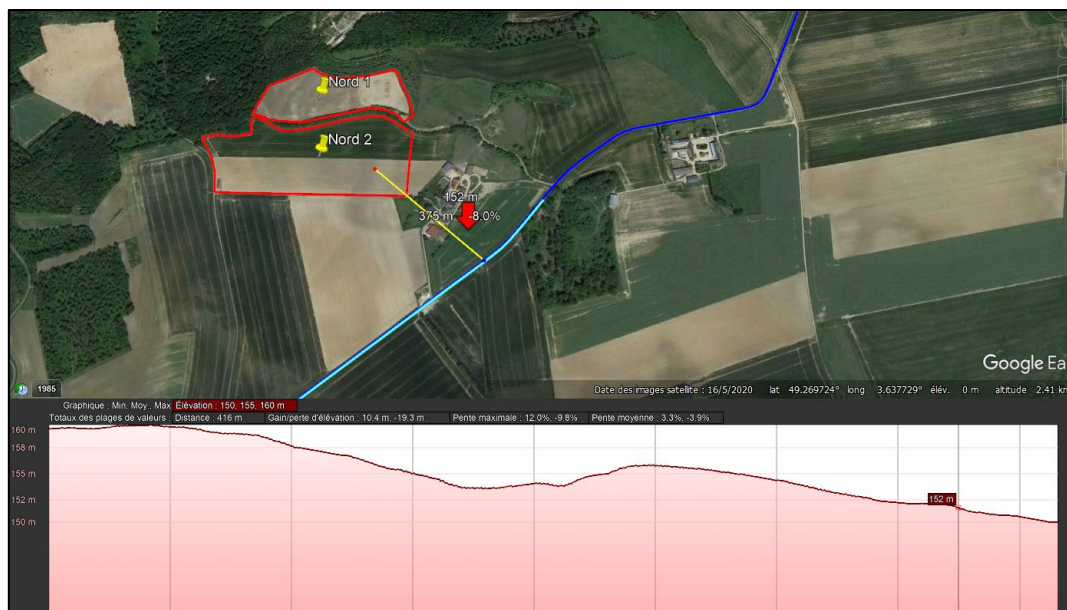


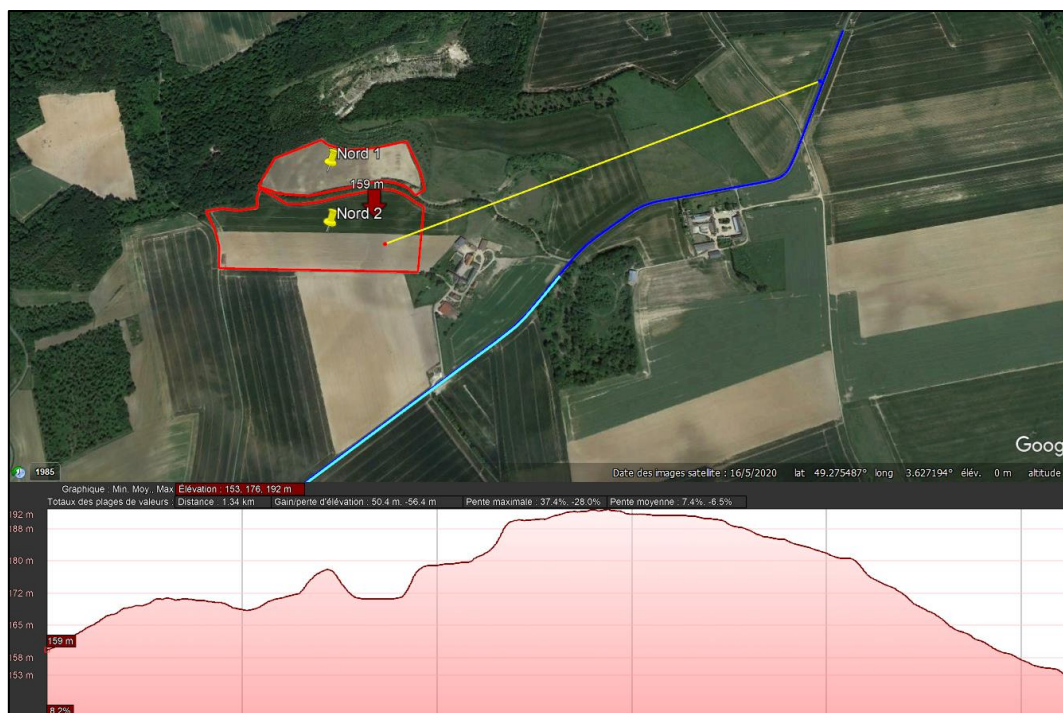
L'analyse met en avant la seule présence d'éblouissement d'inconfort si bien que la sévérité de l'éblouissement est très limitée voire nulle.

SYNTHESE DU CAS ETUDIE	
Zone PV	Zone SUD
Conclusion	Absence d'éblouissement incapacitant Présence d'éblouissement d'inconfort
Période	Entre début octobre et mi-mars Au lever du soleil
Angle de rotation	< 5°
Durée journalière	< 10 minutes
Élévation solaire	[1 – 2°]
Angle trajectoire / rayons	[50 – 82°] vision périphérique
Tronçon impacté	Uniquement depuis l'Ouest, sur un tronçon d'environ 345 m, soit moins de 16 secondes à 80 km/h

ZONES NORD

L'analyse fine pour ces deux zones NORD démontre l'absence de risque d'éblouissement, principalement dû à l'absence de covisibilité, comme l'illustre le profil altimétrique issu de Google Earth.





SYNTHESE DU CAS ETUDIE	
Zone PV	Zones NORD
Conclusion	Risque d'éblouissement absent

5. CONCLUSION

La figure suivante présente la localisation du projet PV ainsi que les routes étudiées :

- En rouge l'emprise au sol de l'installation agrivoltaïque ;
- En bleu et cyan départementale D967 depuis l'Est et depuis l'Ouest.



L'étude d'éblouissement montre que l'installation agrivoltaïque avec la configuration de tables proposée (tracking 1-axe) peut générer de l'éblouissement :

- Entre début octobre et mi-mars, sur une durée journalière inférieure à 10 minutes ;
- Au lever du soleil (élévation solaire $< 2^\circ$) alors que l'angle de rotation est inférieur à 5° ;
- Pour les seuls véhicules circulant depuis l'Ouest ;
- Sur un tronçon d'environ 345 m, soit moins de 16 secondes à 80 km/h.

Toutefois, la sévérité de l'éblouissement est très limitée voire nulle dans la mesure où l'analyse met en avant la seule présence d'éblouissement d'inconfort, tel que défini par la Direction générale de l'aviation civile (DGAC).