



55, allée Pierre Ziller  
06 560 Sophia Antipolis

## Etude de Réverbération

### Projet Photovoltaïque de Saint-Pierre-la-Cour - Routes Principales -



SPV de la Lande du Maine

12 mai 2021 – version 4

# 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 ENTRES CONSIDEREES ..... 4
  - 3.1. PRESENTATION DU PROJET ..... 4
  - 3.2. PRESENTATION DES ELEMENTS MODELISES ..... 5
    - LE GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE ..... 5
    - LA TRAJECTOIRE DES VEHICULES ..... 6
    - LA TOPOGRAPHIE ..... 7
    - LES MODULES ..... 8
    - COURSE DU SOLEIL ..... 9
- 4. ANALYSE ..... 10
  - 4.1. DEPARTEMENTALES D111 ET D857 ..... 11
    - FOCUS SUR LA COVISIBILITE IDENTIFIEE SUR LA D857 ..... 17
  - 4.2. NATIONALE N157 ..... 20
    - FOCUS SUR LA COVISIBILITE IDENTIFIEE SUR LA N157 ..... 24
  - 4.3. AUTOROUTE A81 ..... 26
- 5. CONCLUSION ..... 27

## 2. PRESENTATION GENERALE

### 2.1. PRESENTATION DU DOCUMENT

Ce document présente l'étude de réverbération du projet photovoltaïque de la société SPV LA LANDE DU MAINE localisé à Saint-Pierre-la-Cour, à proximité de départementales, d'une nationale et d'une autoroute. 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

## SPV de la Lande du Maine

4, allée des Terrasses  
78 230 Le Pecq

#### Contact :

Mme Sandrine VASSEUR – [s.vasseur@impulsion-innovation.org](mailto:s.vasseur@impulsion-innovation.org)

#### Cabinet d'Ingénierie



55, allée Pierre Ziller  
06 560 Sophia Antipolis

#### Contact :

M. Christophe VERNAY – [christophe.vernay@solais.fr](mailto:christophe.vernay@solais.fr)

### 3. PRESENTATION DU PROJET ET DES ENTRES CONSIDEREES

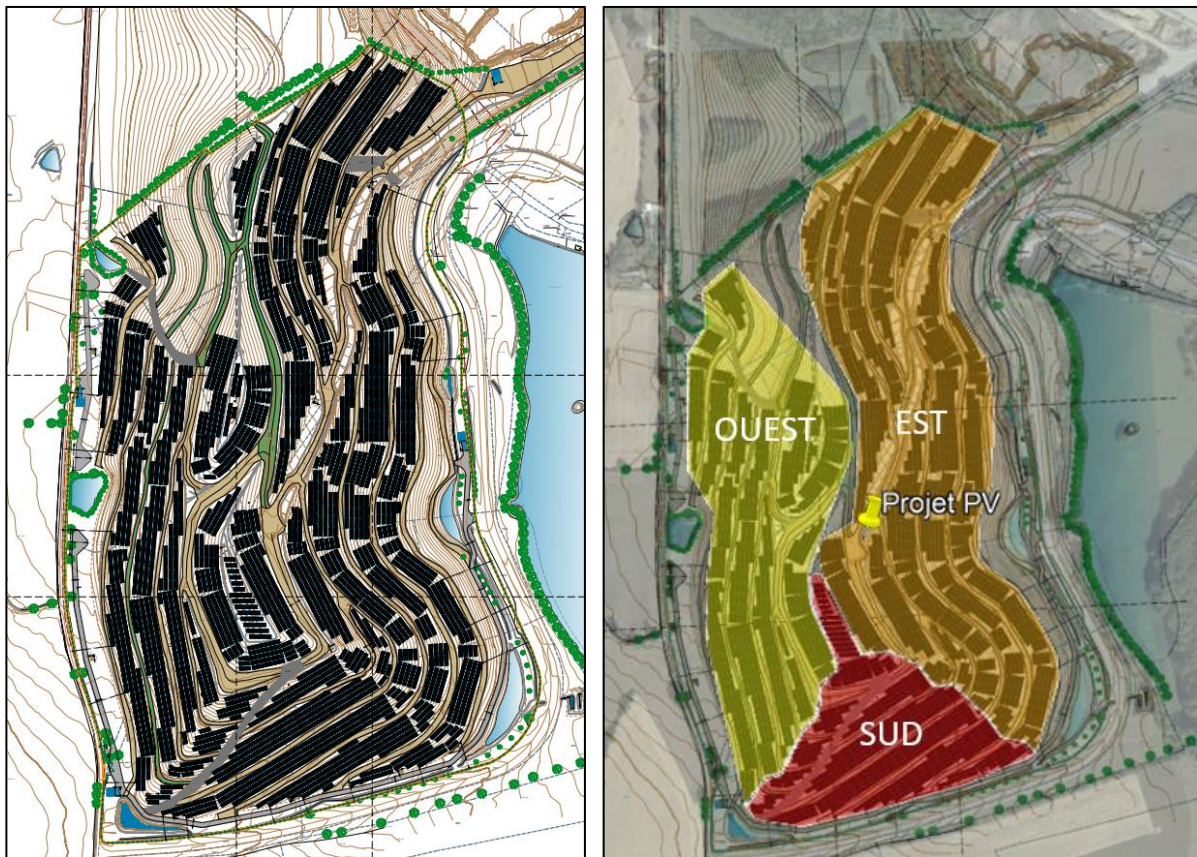
#### 3.1. PRESENTATION DU PROJET

Le projet de la société SPV LA LANDE DU MAINE consiste à réaliser une centrale photovoltaïque au sol à Saint-Pierre-la-Cour, à proximité de départementales, d’une nationale et d’une autoroute.

Intitulé	Latitude	Longitude
Centrale au sol fixe	48,095569°	-1,047611°

La figure suivante présente l’implantation des tables PV qui peuvent être regroupées en trois zones :

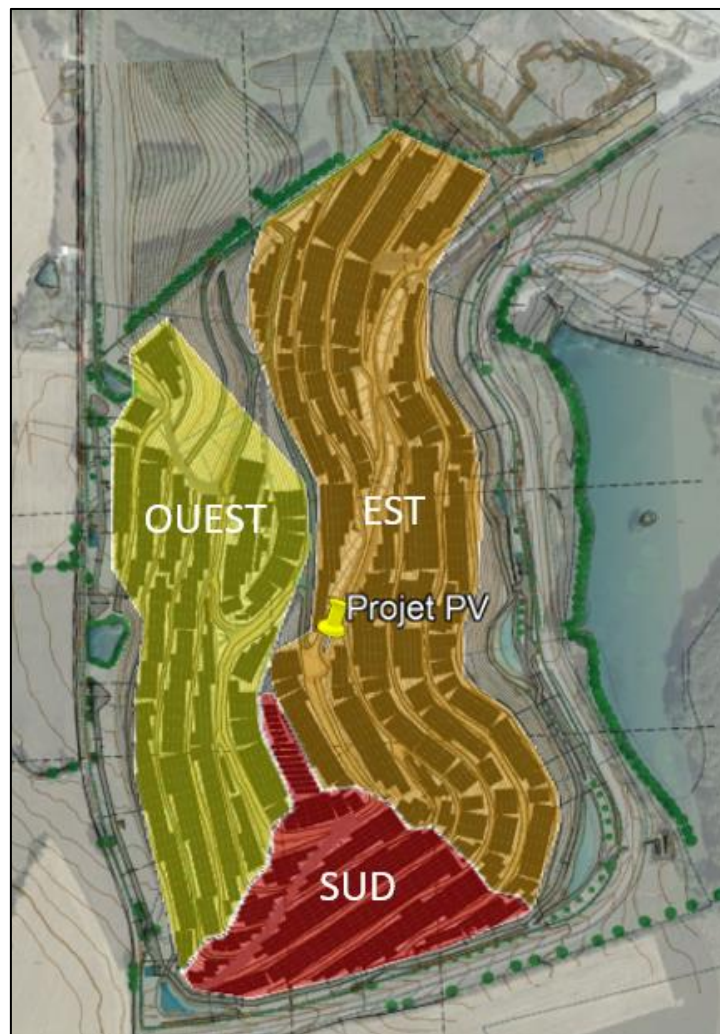
- Modules orientés EST (azimut 90°) et inclinés à 10° ;
- Modules orientés OUEST (azimut 270°) et inclinés à 10° ;
- Modules orientés SUD (azimut 180°) et inclinés à 15°.



### 3.2. PRESENTATION DES ELEMENTS MODELISES

#### LE GENERATEUR PHOTOVOLTAÏQUE

La figure suivante présente la modélisation du générateur à partir de trois polygones.



## LA TRAJECTOIRE DES VEHICULES

La figure suivante présente l'emprise au sol des modules photovoltaïques avec la localisation des différentes routes étudiées :

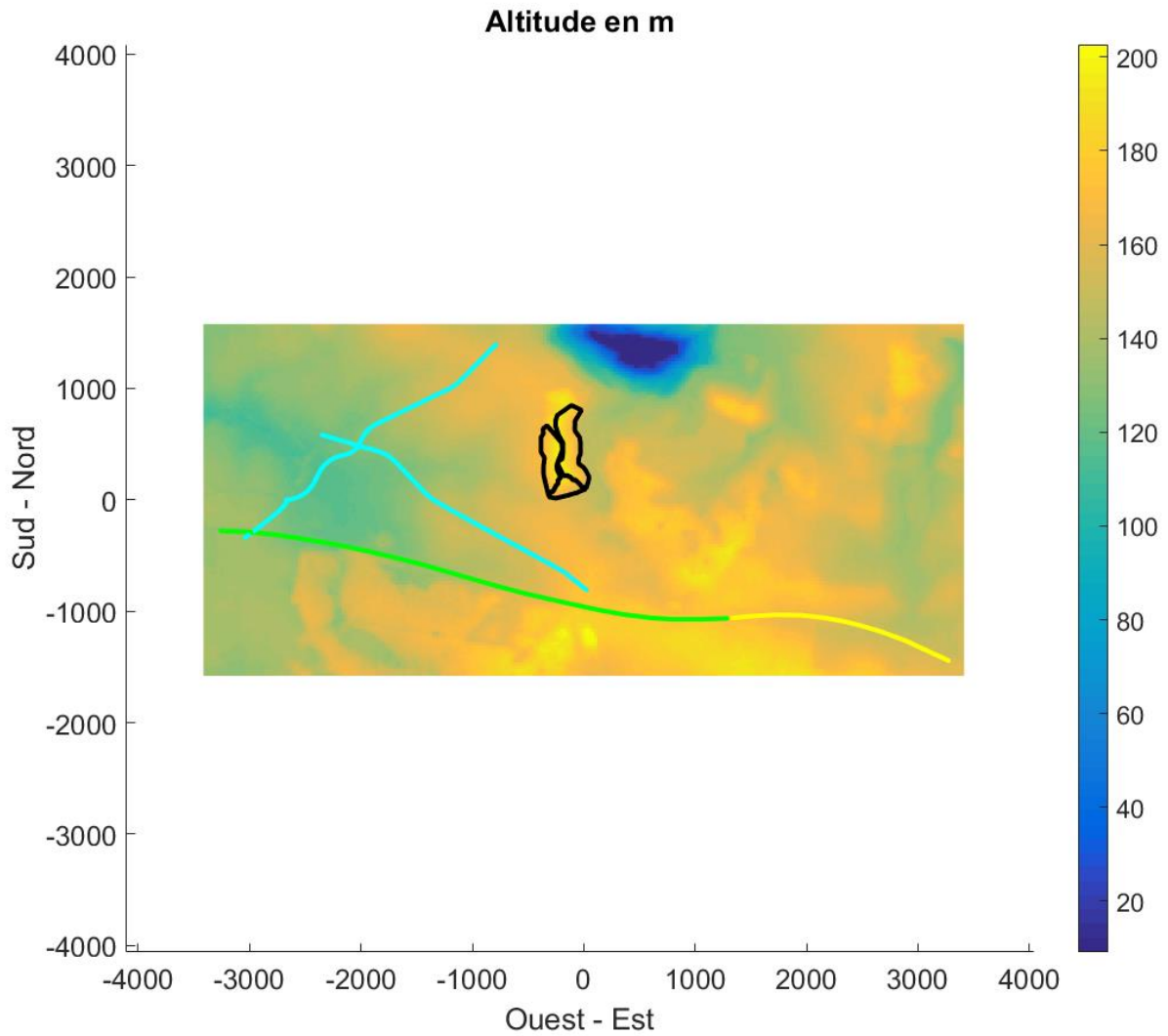
- Les routes départementales D111 et D857 en cyan ;
- La route nationale N157 en vert ;
- L'autoroute A81 en jaune.



- Une hauteur de 1,5 m a été considérée pour rendre compte du champ de vue des automobiles sur les deux départementales ;
- Une hauteur de 2,5 m a été considérée pour rendre compte du champ de vue des conducteurs de poids lourds sur la nationale et l'autoroute.

LA TOPOGRAPHIE

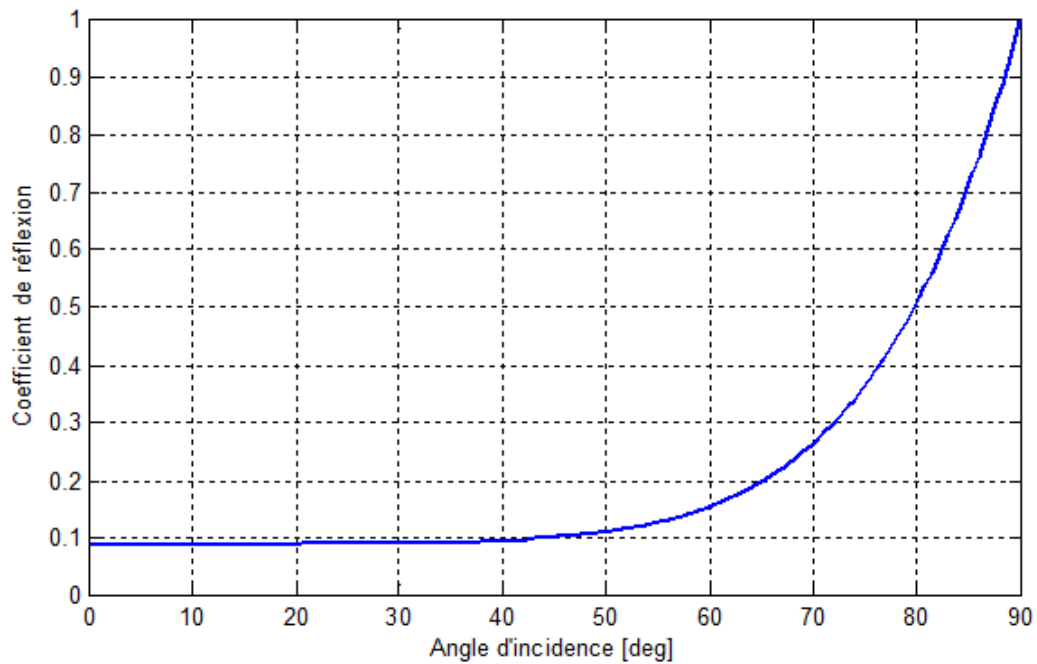
Un modèle numérique de terrain avec une maille de 30 m été utilisé pour cette étude. Le générateur est représenté en noir, les départementales en cyan, la nationale en vert et l'autoroute en jaune. Le dégradé de couleur correspond à l'altitude du terrain en mètres.



## 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.

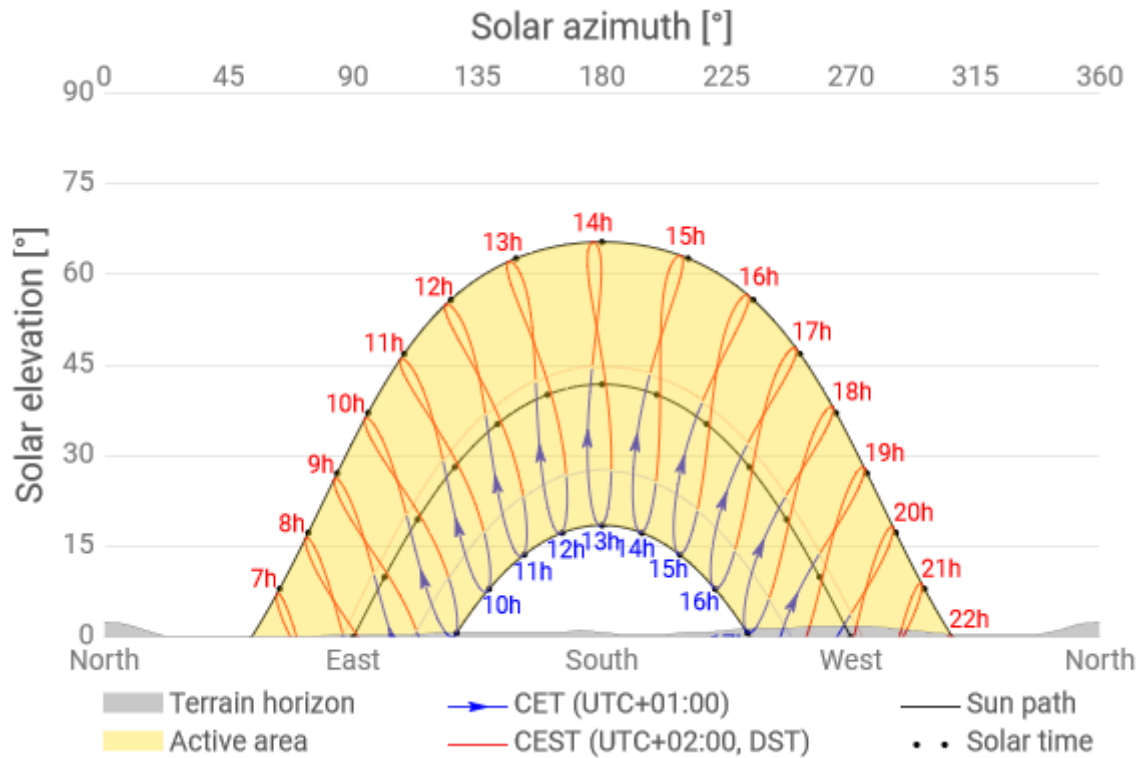




COURSE DU SOLEIL

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’élévation du soleil en degré.



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. Il est représenté en gris dans la même figure.

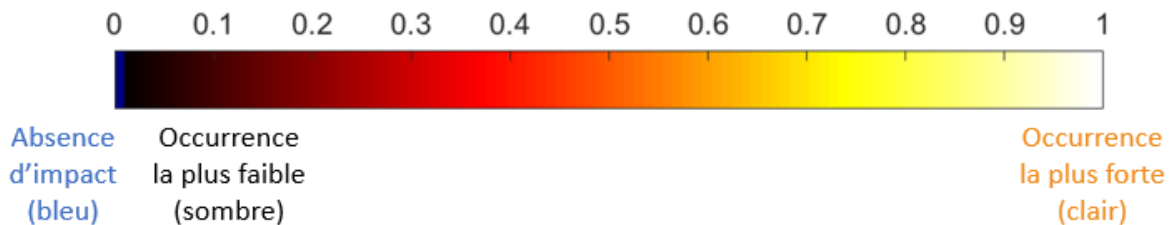
## 4. ANALYSE

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

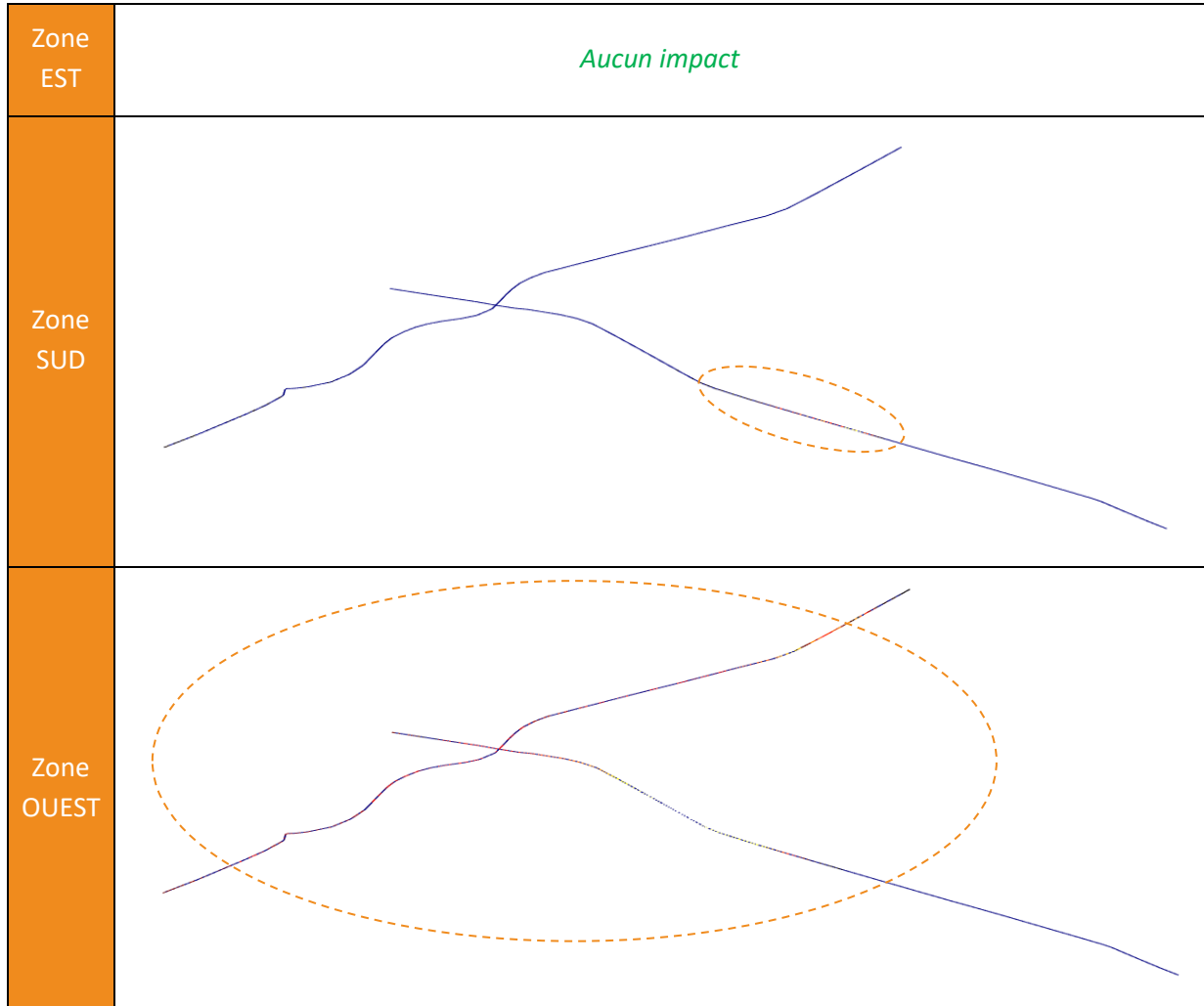
- Localisation des trajectoires impactées par des rayons réfléchis ;
- Localisation des zones du générateur photovoltaïque générant ces rayons réfléchis ;
- Datation dans l'année des impacts identifiés ;
- Localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des automobilistes.

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.



4.1. DEPARTEMENTALES D111 ET D857

Les figures suivantes identifient pour les automobiles circulant **sur les départementales D111 et D857**, les zones de la trajectoire qui seront impactées par des rayons réfléchis (sont exclus les rayons réfléchis survenant dans le dos des automobilistes).

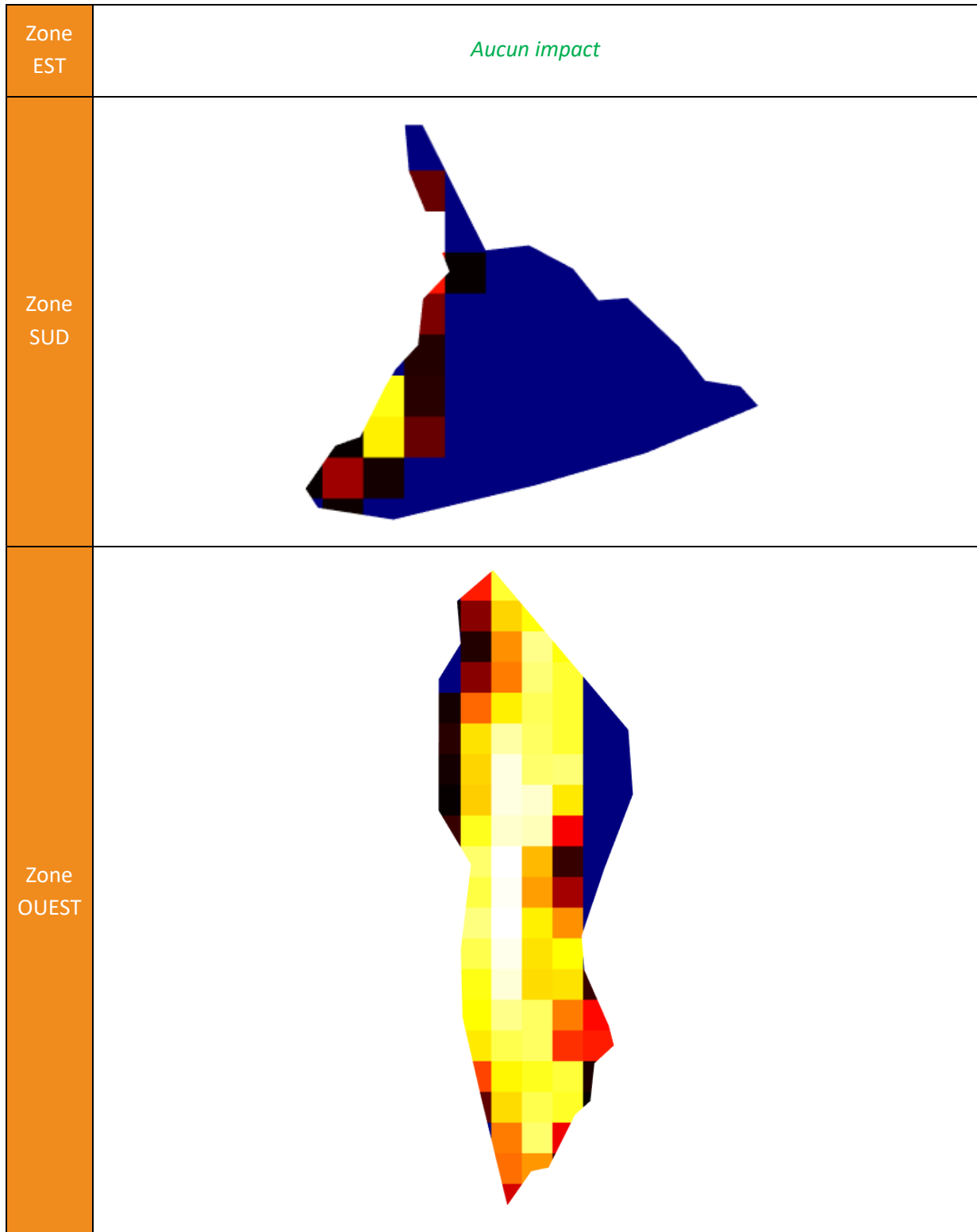


- *Les modules en zone EST ne génèrent aucun éblouissement ;*
- *Les modules en zone SUD génère en théorie un peu d'éblouissement sur les automobilistes circulant à l'Est de la D857 ;*
- *Les modules en zone OUEST génère en théorie de l'éblouissement sur les automobilistes circulant les deux départementales.*

Toutefois, l'analyse sous Google Street montre que la végétation, proche ou lointaine, présente tout au long de ces départementales supprime en partie la covisibilité entre les conducteurs et le générateur, si bien que le risque d'éblouissement est très limité pour la D857 et la D111.



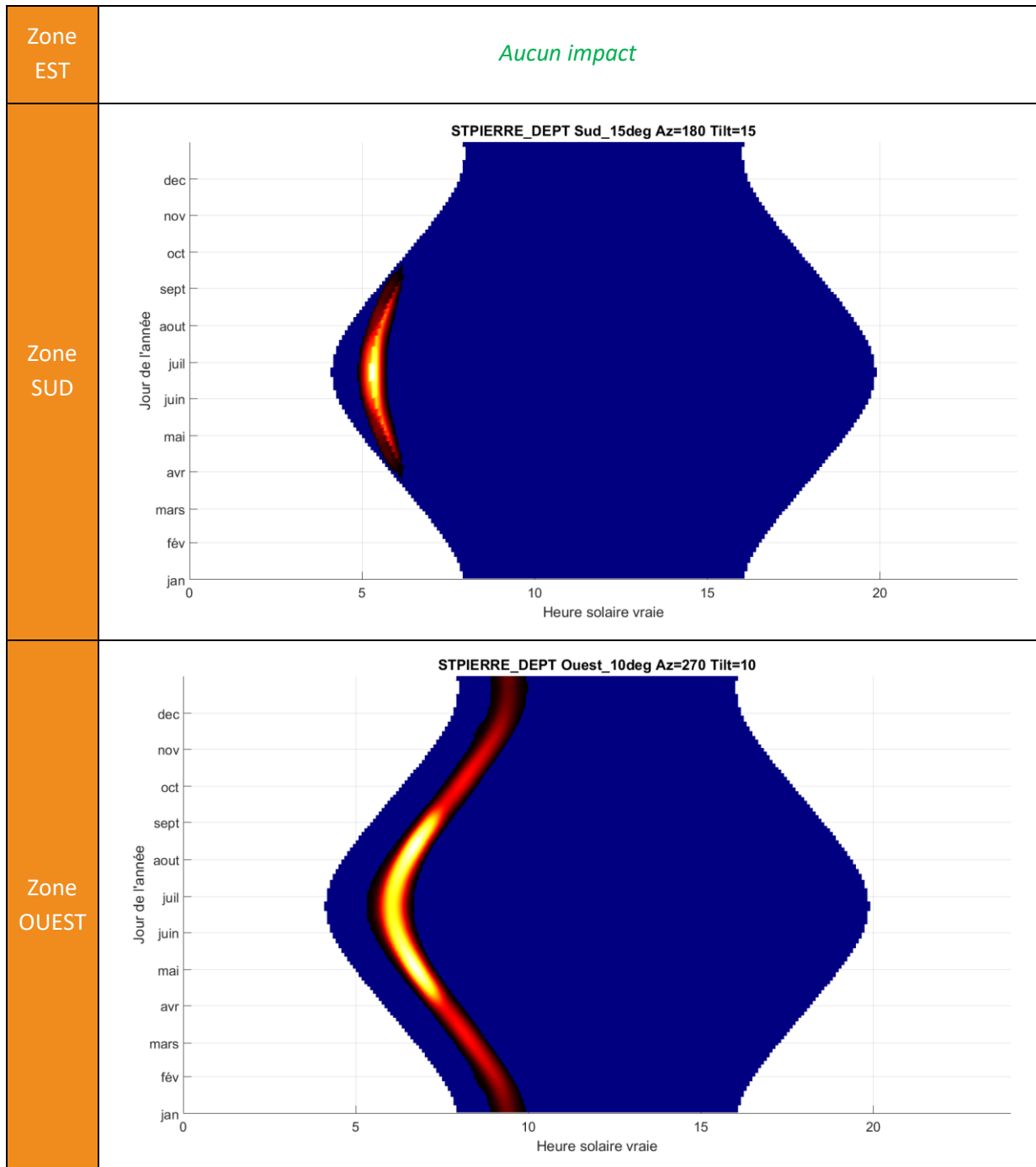
La figure suivante identifie les zones du générateur photovoltaïque qui vont générer ces rayons réfléchis.



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.

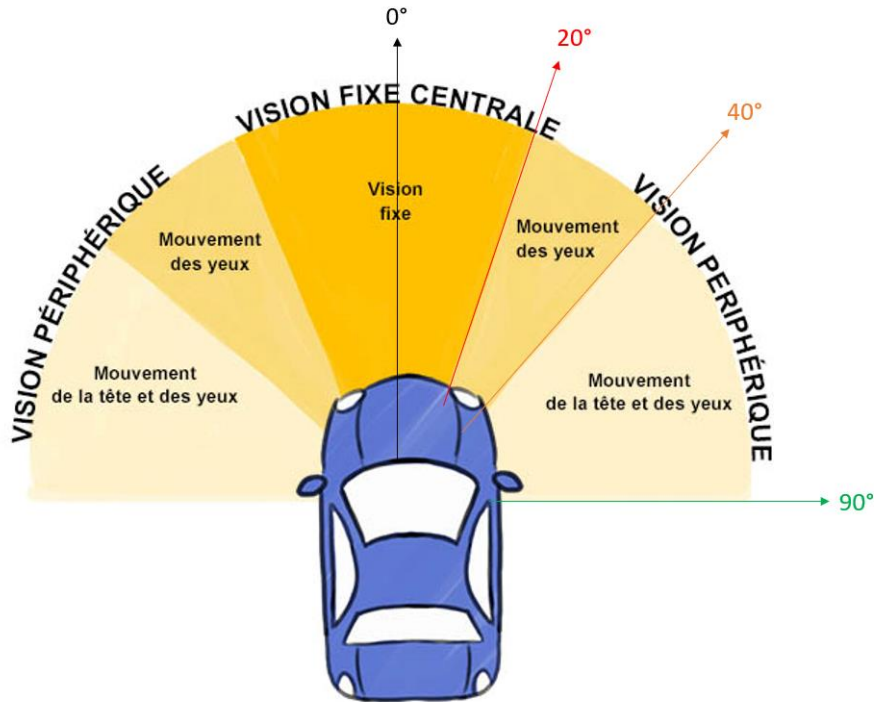
Les bords de la zone bleue correspondent aux lever et coucher du soleil, la forme rebondie traduisant le fait que la durée du jour est plus longue en été qu’en hiver.

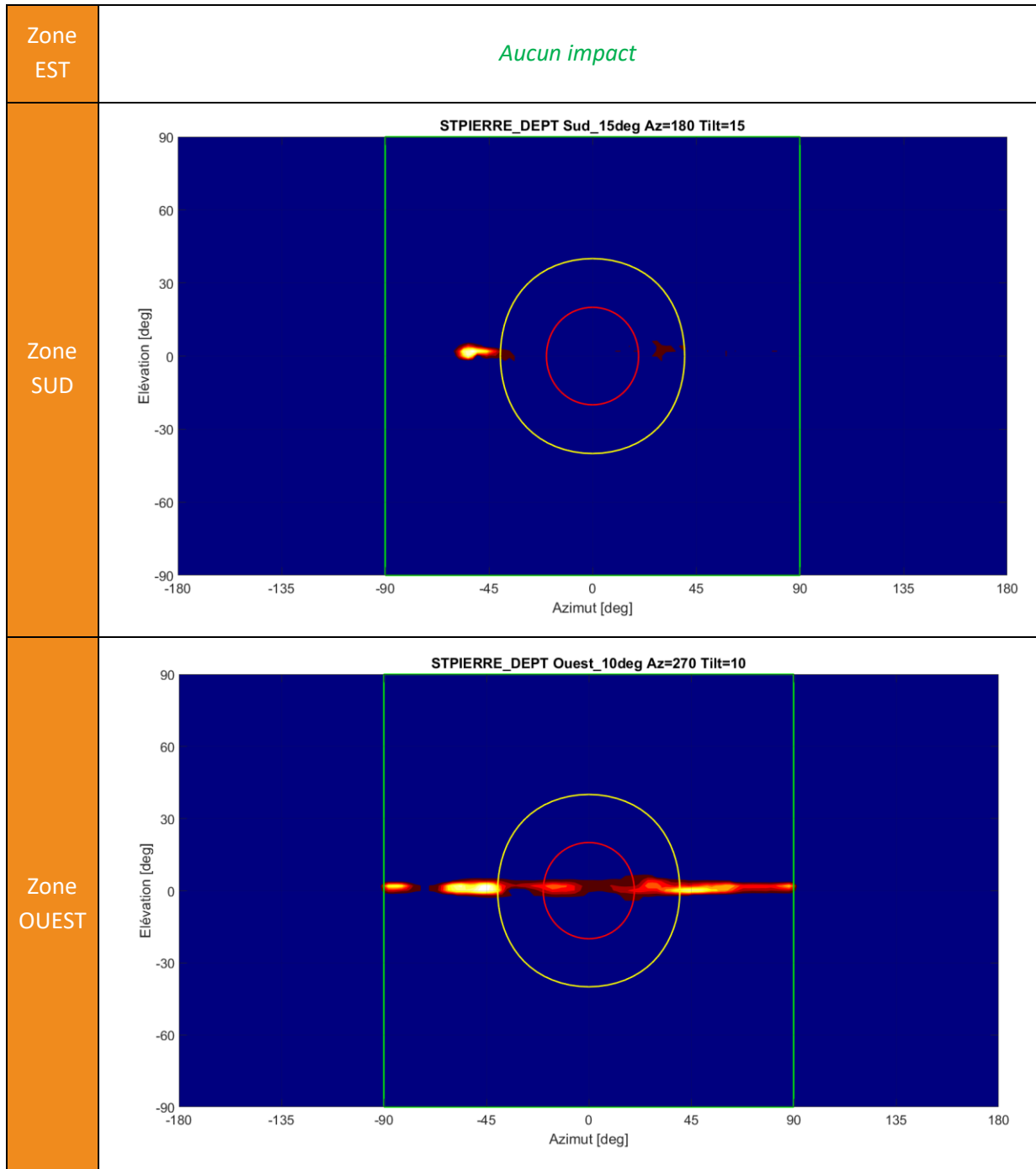


La figure suivante présente la localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des automobilistes :

- 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.

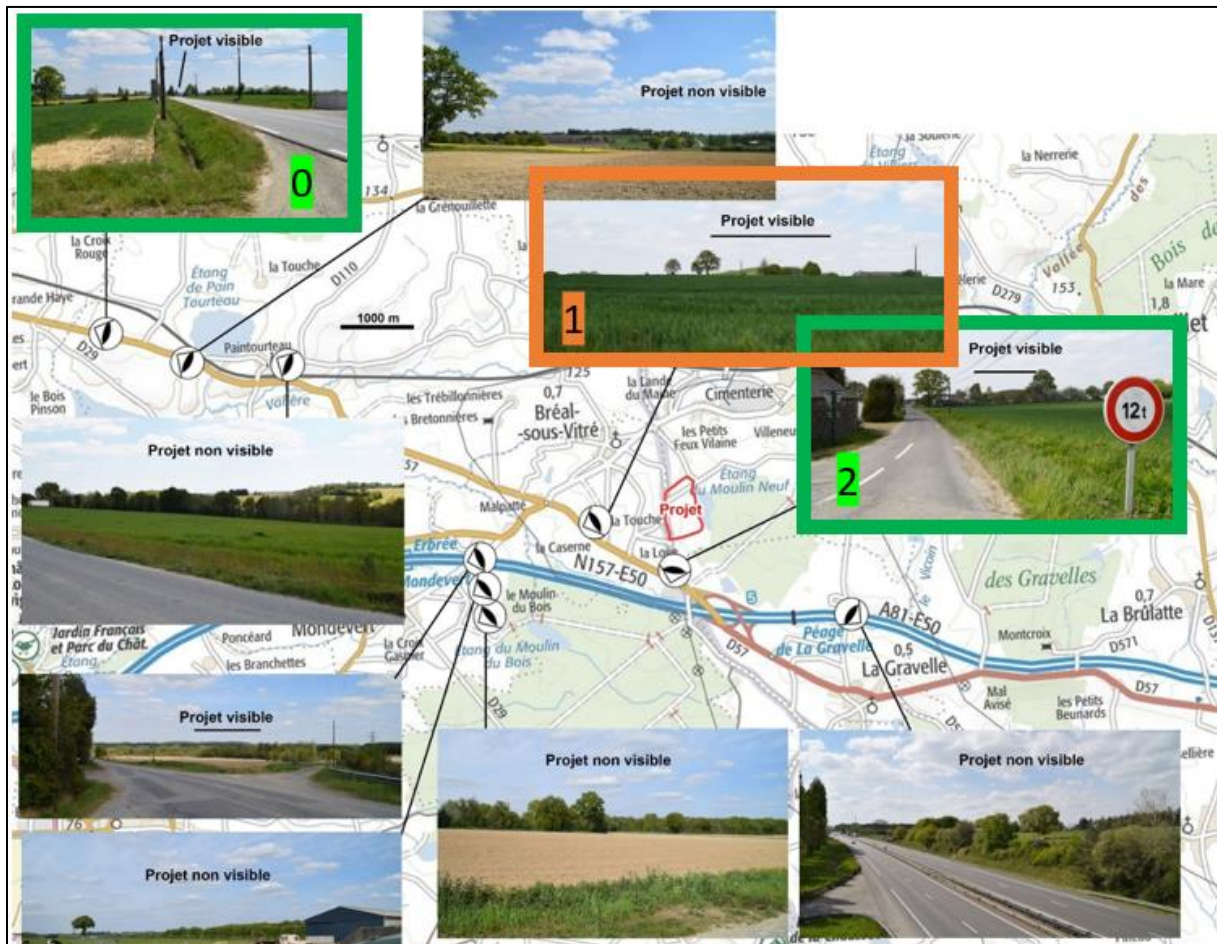






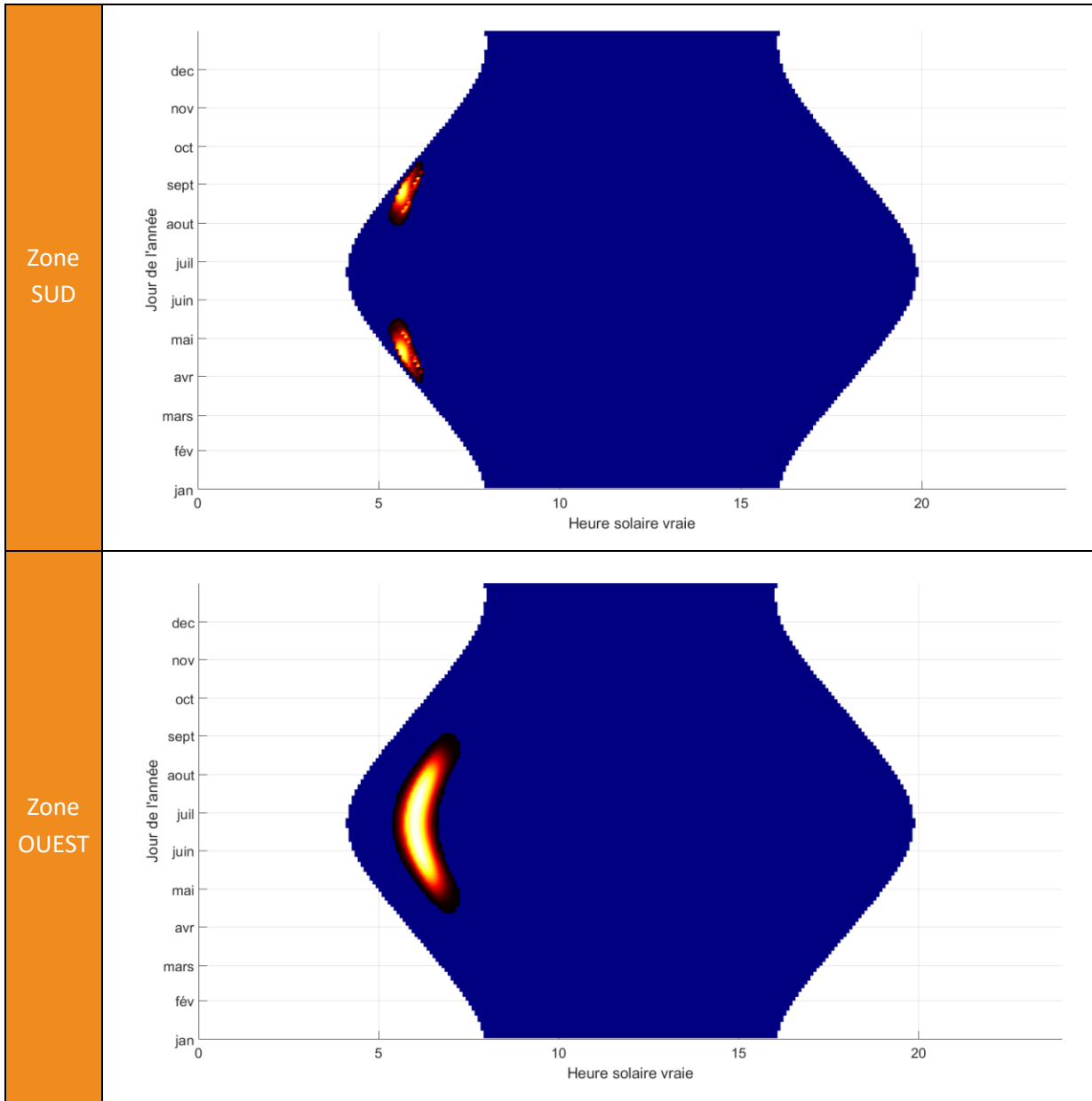
FOCUS SUR LA COVISIBILITE IDENTIFIEE SUR LA D857

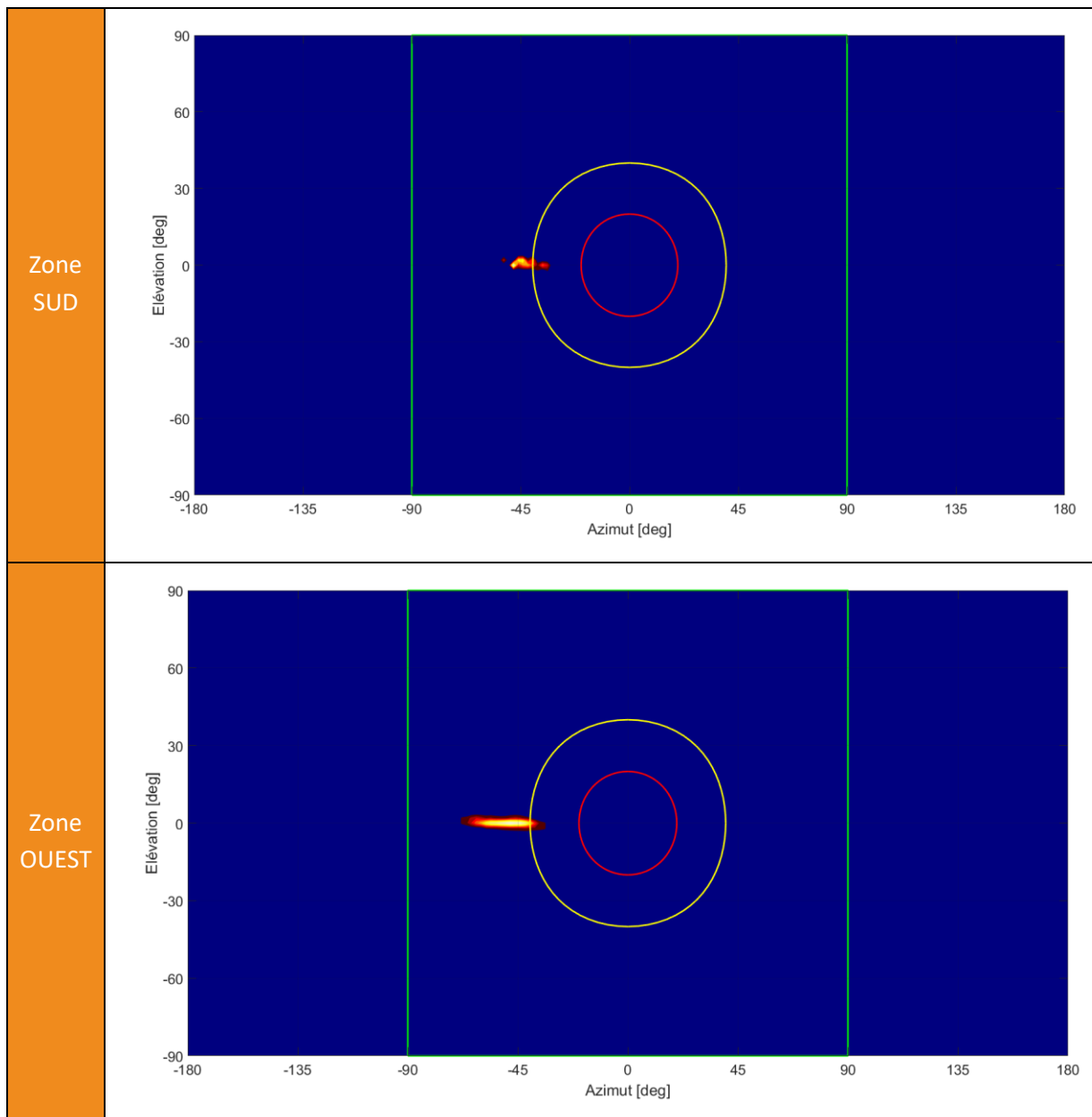
La figure suivante présente les trois cas possibles de covisibilité depuis la D857, identifiés au préalable de l'étude et communiqués à SOLAÏS.



Pour ces trois possibilités, seul le cas 1 est sujet à des cas d'éblouissement sur un tronçon de route d'environ 300 m ; les modules orientés SUD et OUEST en sont à l'origine.

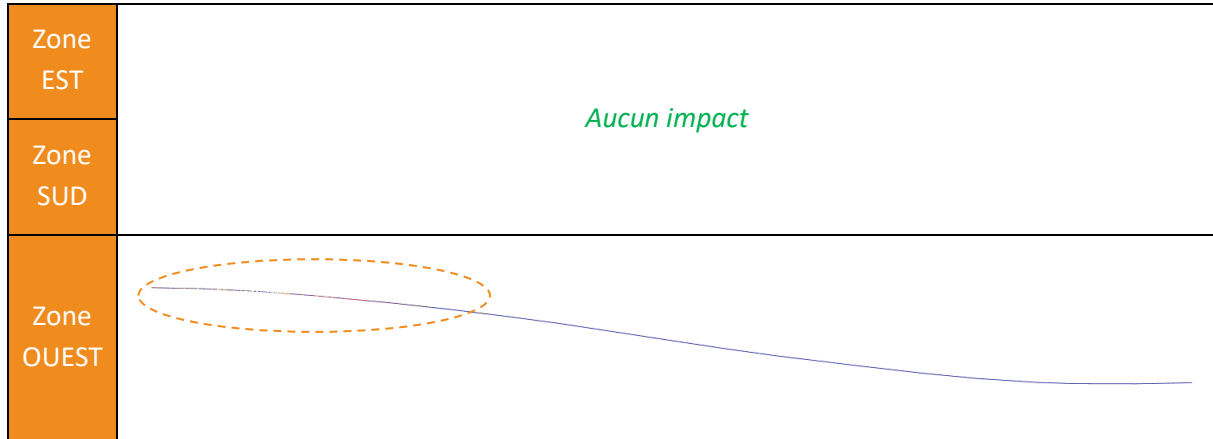
Les figures suivantes caractérisent la datation des occurrences ainsi que l'impact sur le champ de vue des conducteurs venant de l'Ouest. Les impacts identifiés surviennent entre fin mars et mi-septembre, le matin, sur une durée journalière inférieure à 1h15 et uniquement dans la vision périphérique (> 32°) des conducteurs arrivant depuis l'Ouest, si bien que **la probabilité et la sévérité de l'éblouissement restent limitées.**





4.2. NATIONALE N157

Les figures suivantes identifient pour les camions circulant **sur la nationale N157**, les zones de la trajectoire qui seront impactées par des rayons réfléchis (sont exclus les rayons réfléchis survenant dans le dos des automobilistes).

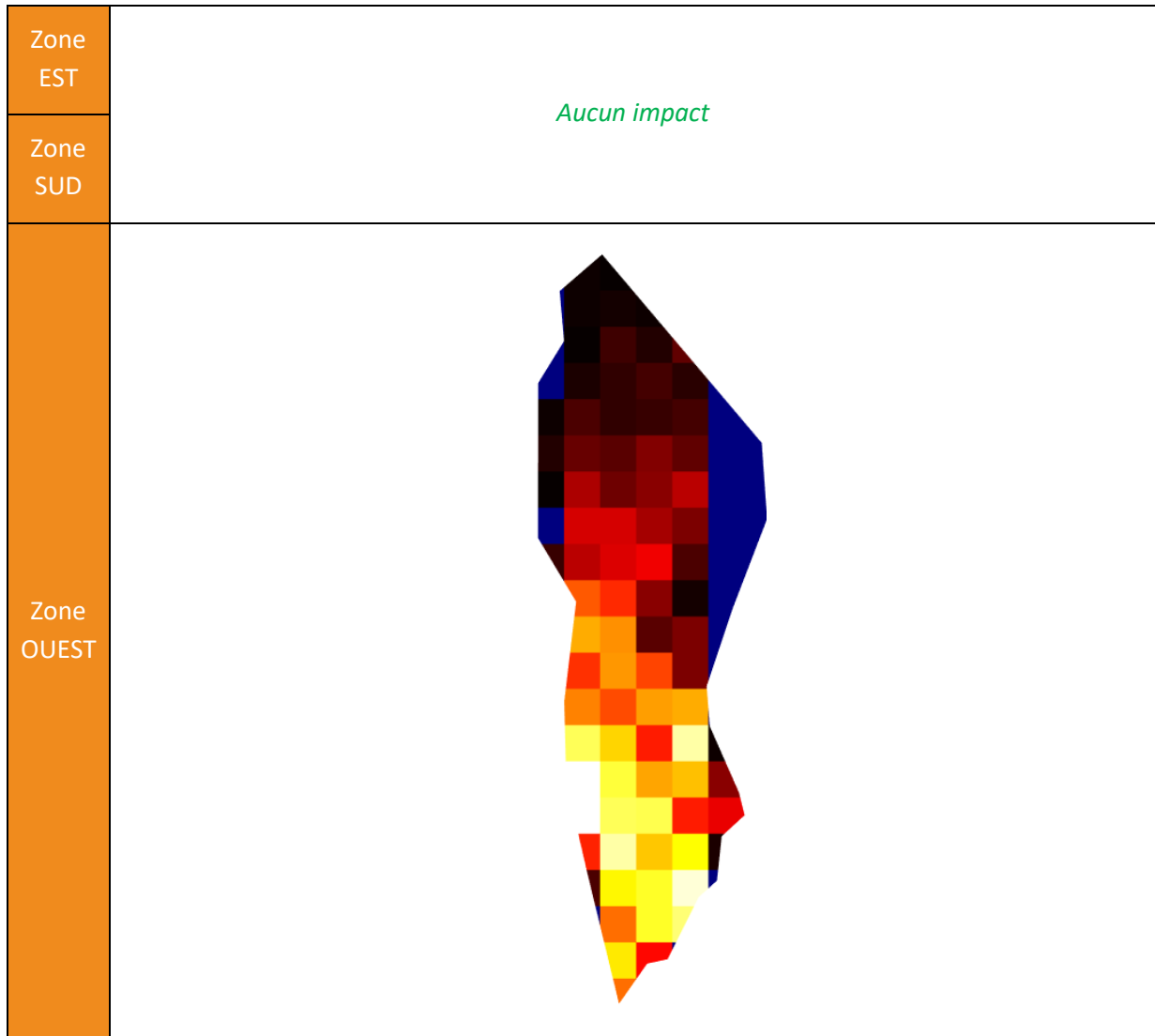


- Les modules en zone EST et SUD ne génèrent aucun éblouissement ;
- Les modules en zone OUEST génère en théorie de l'éblouissement sur les camions circulant à l'Ouest de la N157.

Toutefois, l'analyse sous Google Street montre que la végétation, proche ou lointaine, présente tout au long de la nationale supprime la covisibilité entre les conducteurs et le générateur, si bien que le risque d'éblouissement est limité pour la N157.



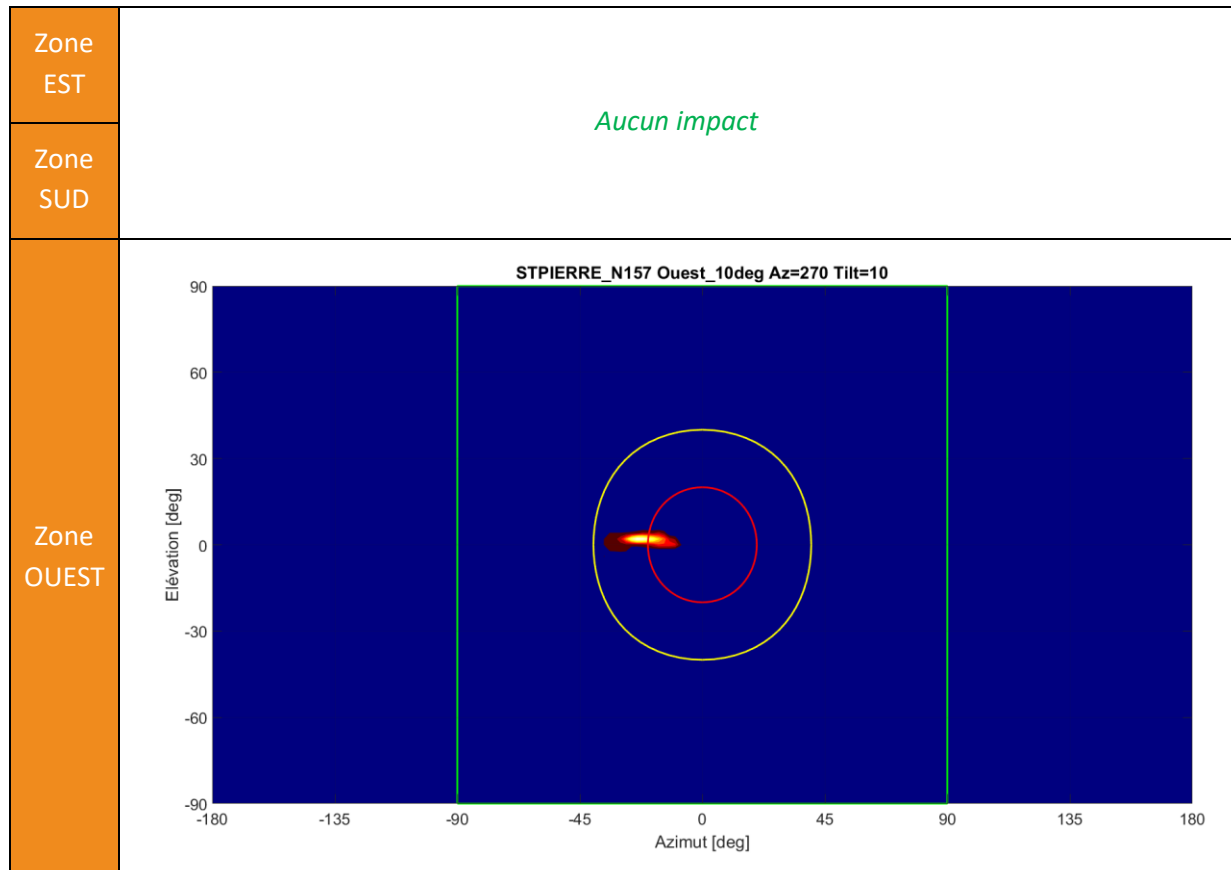
La figure suivante identifie les zones du générateur photovoltaïque qui vont générer ces rayons réfléchis.



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

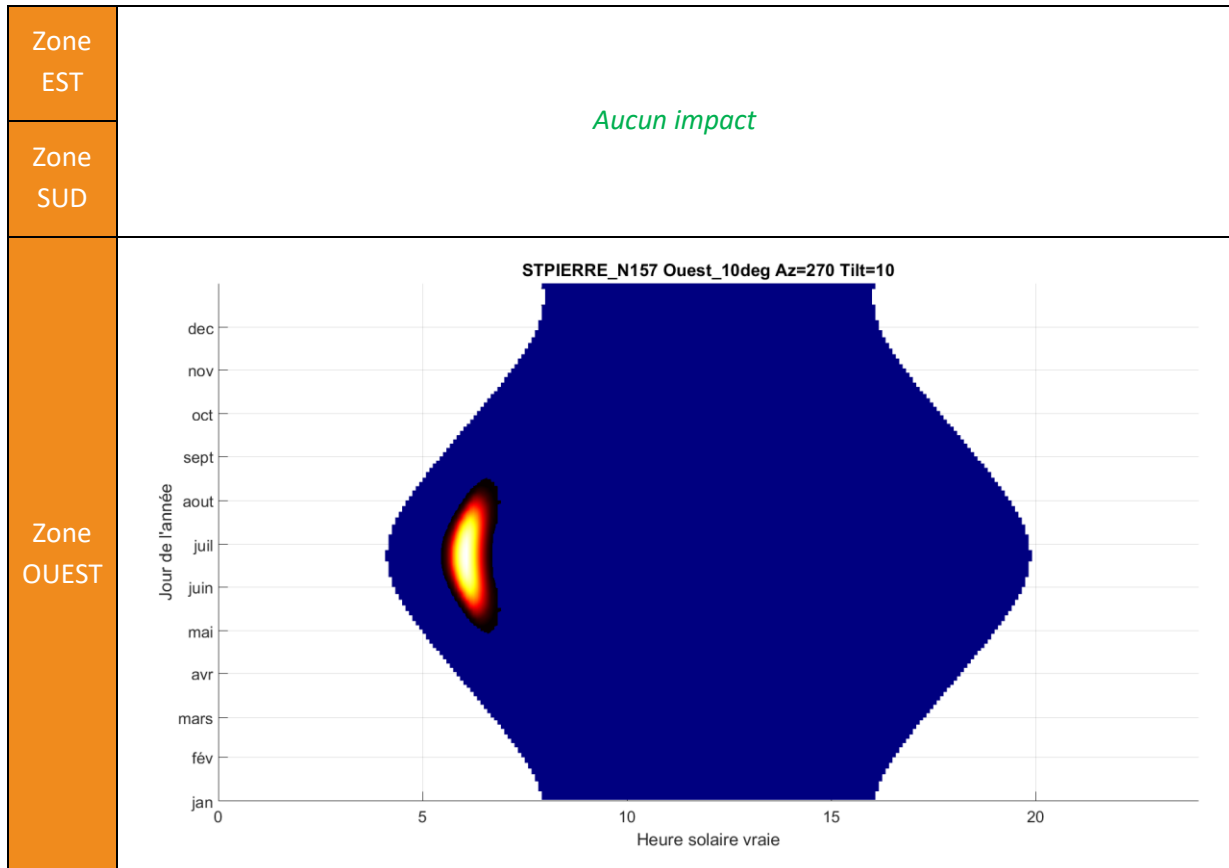
- En abscisse, l'heure solaire vraie (soleil au zénith à midi) ;
- En ordonnée, le jour de l'année ;
- Le relief lointain en gris ;
- Plus la couleur est claire, plus le risque d'éblouissement est élevé. Un risque nul est indiqué en bleu.

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.



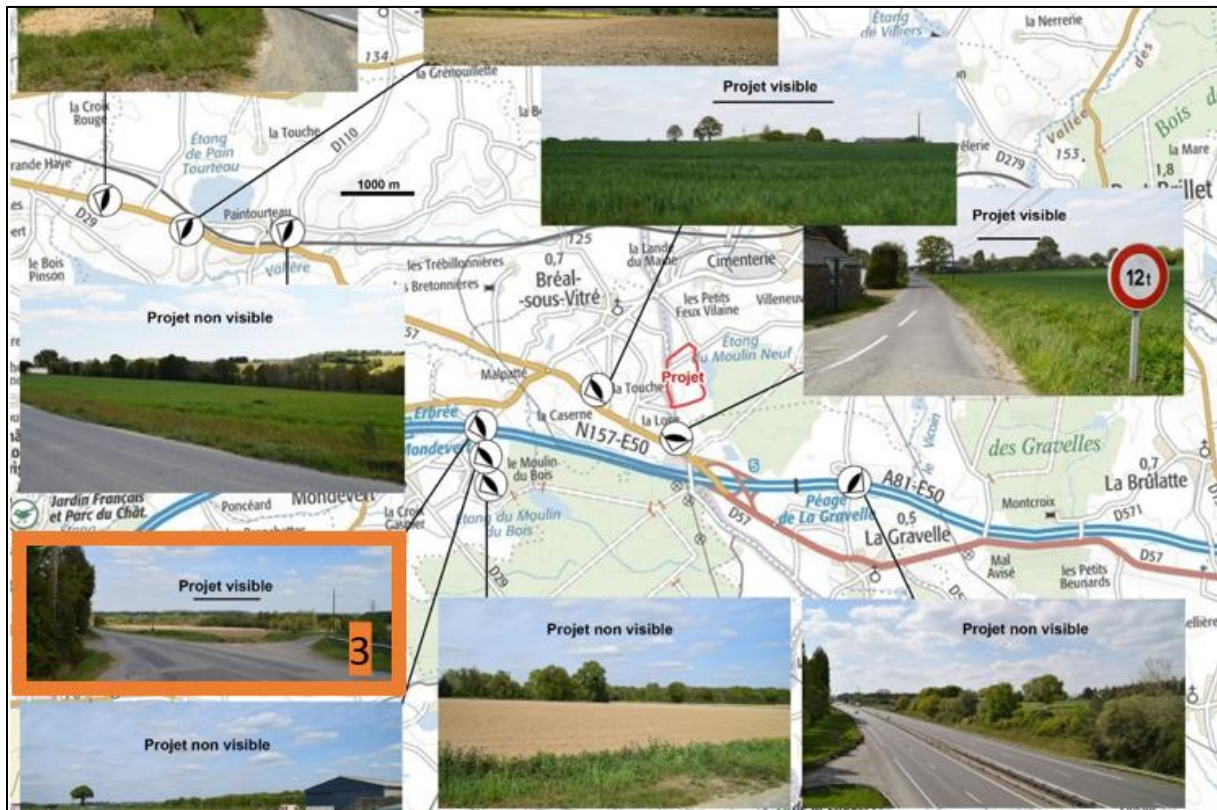
La figure suivante présente la localisation des rayons réfléchis dans le champ de vue des camions.

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.



FOCUS SUR LA COVISIBILITE IDENTIFIEE SUR LA N157

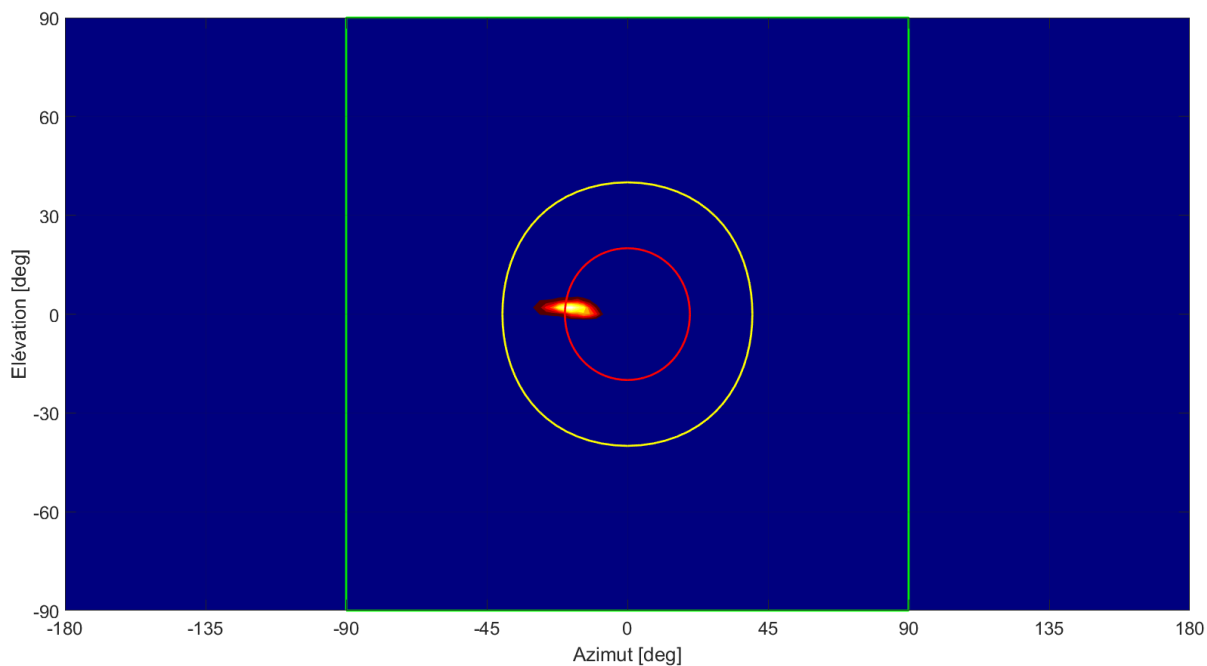
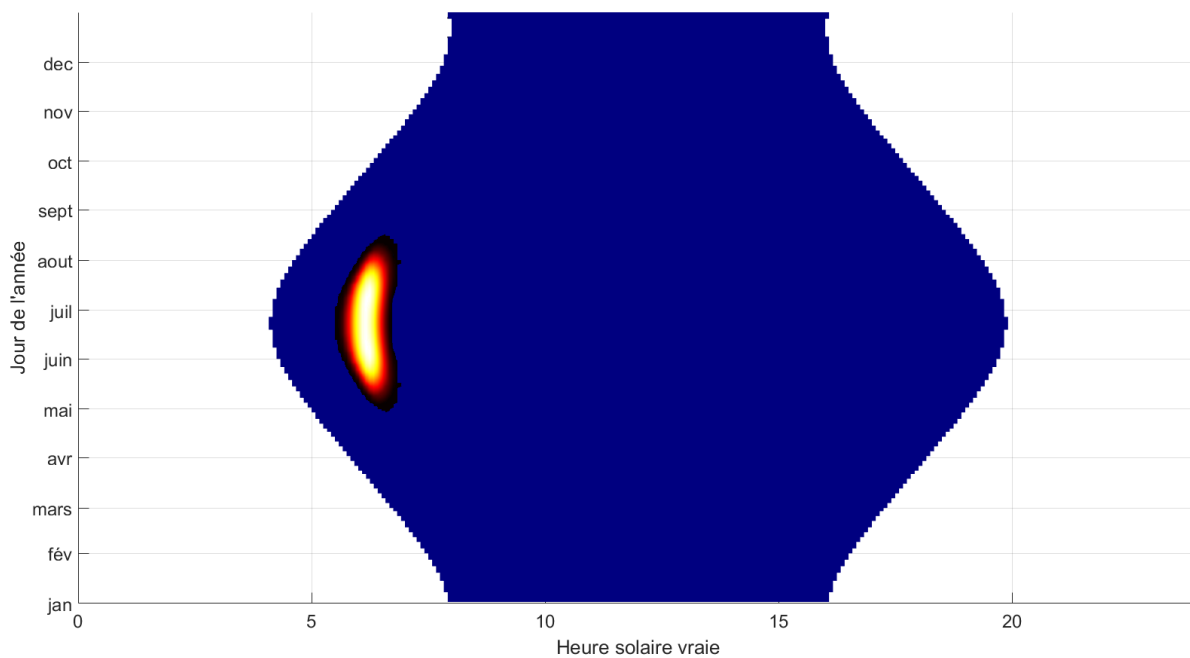
La figure suivante présente le seul cas possible de covisibilité depuis la N157, identifié au préalable de l'étude et communiqué à SOLAÏS.



Cet unique cas est sujet à des cas d'éblouissement sur un tronçon de route d'environ 200 m ; les modules orientés OUEST en sont à l'origine.

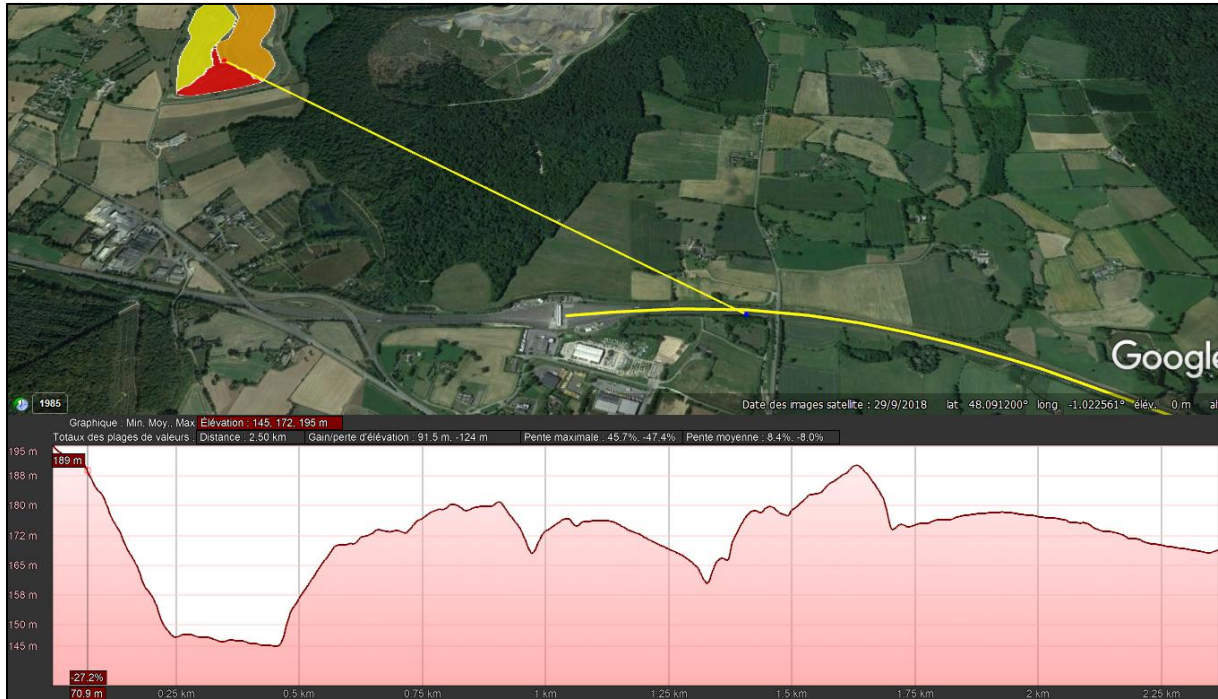
Les figures suivantes caractérisent la datation des occurrences ainsi que l'impact sur le champ de vue des conducteurs venant de l'Ouest. Les impacts identifiés surviennent entre début avril et mi-septembre, le matin, sur une durée journalière inférieure à 1h15 et principalement dans la vision centrale (> 6°) des conducteurs arrivant depuis l'Ouest, si bien que **la probabilité de l'éblouissement reste limitée.**





### 4.3. AUTOROUTE A81

L'analyse pour les camions et voitures circulant sur l'autoroute A81 démontre l'absence d'impact, principalement dû aux ombrages proches et lointains, comme le rappelle le relevé topographique ci-dessous.



## 5. CONCLUSION

La figure suivante présente l’emprise au sol des modules photovoltaïques avec la localisation des différentes routes étudiées :

- Les routes départementales D111 et D857 en cyan ;
- La route nationale N157 en vert ;
- L’autoroute A81 en jaune.



- L’analyse montre que pour les automobiles circulant sur la départementale D857 ainsi que sur la nationale N157, le risque d’éblouissement des conducteurs est présent aux deux seuls endroits de covisibilité indiqués en orange sur la figure suivante, soit des tronçons de route compris entre 200 et 300 m.



Les impacts identifiés surviennent entre fin mars et mi-septembre, le matin, sur une durée journalière inférieure à 1h15 si bien que **la probabilité de l'éblouissement reste limitée.**

- Pour les conducteurs circulant sur la D857 depuis l'Ouest, les impacts surviennent uniquement dans leur vision périphérique ( $> 32^\circ$ ) si bien que **la sévérité de l'éblouissement est également limitée.**
- Pour les conducteurs circulant sur la N157 depuis l'Ouest, les impacts surviennent principalement dans leur vision centrale ( $> 6^\circ$ ).
- L'analyse montre que pour les automobiles circulant sur la départementales D111, le risque d'éblouissement des conducteurs est théoriquement présent le matin. Toutefois, **la végétation, proche ou lointaine, présente tout au long de cette départementale supprime la covisibilité entre les conducteurs et le générateur, si bien que le risque d'éblouissement est nul pour la D111.**
- L'analyse pour les camions et voitures circulant sur l'autoroute A81 démontre l'absence d'impact, principalement dû aux ombrages proches et lointains.