



# Sun'Agri

PROJET AGRIVOLTAÏQUE DE LIVRON-SUR-DROME  
ANNEXE 11 – ÉTUDE D'ÉVALUATION DU RISQUE  
D'ÉBLOUISSEMENT ET LETTRE D'ENGAGEMENT DU  
PETITIONNAIRE



DREAL AURA  
Unité Evaluation Environnementale

Lyon, le 09/11/2022

Réf : Projet agrivoltaïque de Livron-sur-Drôme

Objet : Engagement du maître d'ouvrage sur l'absence de gêne relatif au risque éblouissement

Madame, Monsieur,

Sun'Agri développe en partenariat avec la SARL Saint-Pierre, représentée par Grégory Serre, un projet agrivoltaïque sur la commune de Livron-sur-Drôme.

Ce projet se présente sous la forme de persiennes agricole installées au-dessus d'une culture de kiwis.

Les panneaux photovoltaïques sont installés à 5m de hauteur et pivotent de 0 à 90°.

La zone de projet jouxtant directement l'autoroute A7, Sun'Agri a fait appel au bureau d'études Cythelia..

L'étude a pour but d'identifier en fonction de la période de l'année, du moment de la journée et de l'angle d'inclinaison des panneaux les éventuels risques d'éblouissement des automobilistes.

Au regard des caractéristiques de la structure, l'étude identifie très peu de périodes à risques et préconise des mesures visant à éviter tout impact lors de ces dernières.

Par la présente, Sun'Agri s'engage à respecter les préconisations de Cythelia et à les inclure dans les stratégies de pilotage des panneaux.

**Sun'Agri**  
7 rue de Clichy - 75009 PARIS  
Tél : +33(0) 1 53 81 03 15  
contact@sunagri.fr - www.sunagri.fr  
RCS Paris 852 153 428

Sylvain RIBE, Responsable Développement Agrivoltaïque

# Évaluation du risque d'éblouissement par un projet agrivoltaïque à proximité d'une autoroute

**RACINES DEVELOPPEMENT**

**Livron-sur-Drôme**

**Cythelia Energy**

<b>Date :</b> 08/11/2022 <b>Version :</b> 2	<b>Rédigé par :</b> Ismaël LOKHAT	<b>Validé par :</b> Laurent POUSSIN	<b>Modifications :</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- Précisions sur le résumé</li><li>- Prise en compte topographie</li></ul>
--	--------------------------------------	--	---





## I. Table des matières

I. Table des matières.....	3
II. Résumé .....	4
III. Présentation du projet.....	5
IV. Méthodologie .....	6
IV.1. Calcul du vecteur Réflexion .....	7
IV.2. Rayons réfléchis par les modules photovoltaïques .....	8
IV.3. Implantation des modules photovoltaïques.....	9
V. Analyse du risque d'éblouissement.....	10
V.1. Caractérisation du risque d'éblouissement.....	10
V.2. Rayons réfléchis – analyse graphique.....	10
V.2.1. Modules à l'horizontale .....	11
V.2.2. Modules orientés vers l'Ouest .....	13
V.2.3. Modules orientés vers l'Est .....	14
V.3. Calcul détaillé .....	17
V.3.1. Modules orientés vers l'Est .....	17

## II. Résumé

La société RACINES DEVELOPPEMENT développe un projet de centrale agrivoltaïque sur le territoire de la commune de Livron-sur-Drôme dans la Drôme. Ce projet se trouve à proximité immédiate de l'autoroute A7.

Ce projet agrivoltaïque présente la particularité d'être équipé de structures mobiles dont le but est d'orienter les modules en fonction des besoins de la culture située sous ces derniers.

L'objectif de l'étude est de déterminer les positions des modules et les moments pour lesquels un risque d'éblouissement des usagers de l'autoroute est possible. L'analyse est réalisée en faisant l'analogie avec les exigences qui existent pour les aérodromes et héliports et qui sont décrites dans la Note d'Information Technique de la DGAC.

**L'étude montre que :**

- **Le risque d'éblouissement est inexistant quand les modules sont orientés vers l'Ouest.**
- **Lorsque les modules sont orientés vers l'Est, un risque d'éblouissement existe l'après-midi, des mois d'octobre à février. Les horaires pour lesquelles le risque existe ont été déterminés pour chaque inclinaison. Ces horaires et positions des modules seront être intégrés à l'algorithme de pilotage des structures, de manière à garantir l'absence de risque.**

### III. Présentation du projet

Le projet consiste en la réalisation d'une centrale photovoltaïque, avec des structures mobiles, au-dessus d'une exploitation agricole sur le territoire de la commune de Livron-sur-Drôme, à proximité immédiate de l'autoroute A7 comme visible sur la figure suivante.



Figure 1 : Localisation du projet



## IV. Méthodologie

Une analyse graphique permet d'identifier les circonstances pendant lesquelles un risque d'éblouissement est possible. Cette approche permet de conclure très simplement, de la présence ou l'absence de risque d'éblouissement.

1. Calcul du vecteur Réflexion : pour chaque pas de temps (10 minutes) de chaque jour moyen de chaque mois<sup>1</sup>, à l'exception des mois de juin et décembre, pour lesquels les jours de solstices sont considérés, les directions dans lesquelles les rayons du soleil sont réfléchis par les modules sont déterminées.
2. Modélisation 3D (sous SketchUp) des surfaces de réflexion et identification des intersections entre surfaces de réflexion et zones sensibles.

En créant une surface entre deux rayons consécutifs (le parcours du rayon pendant les 10 minutes est ainsi représenté de manière continue), il est possible de visualiser graphiquement des « surfaces » d'éblouissement pour chaque mois, représentées en jaune sur la figure suivante.

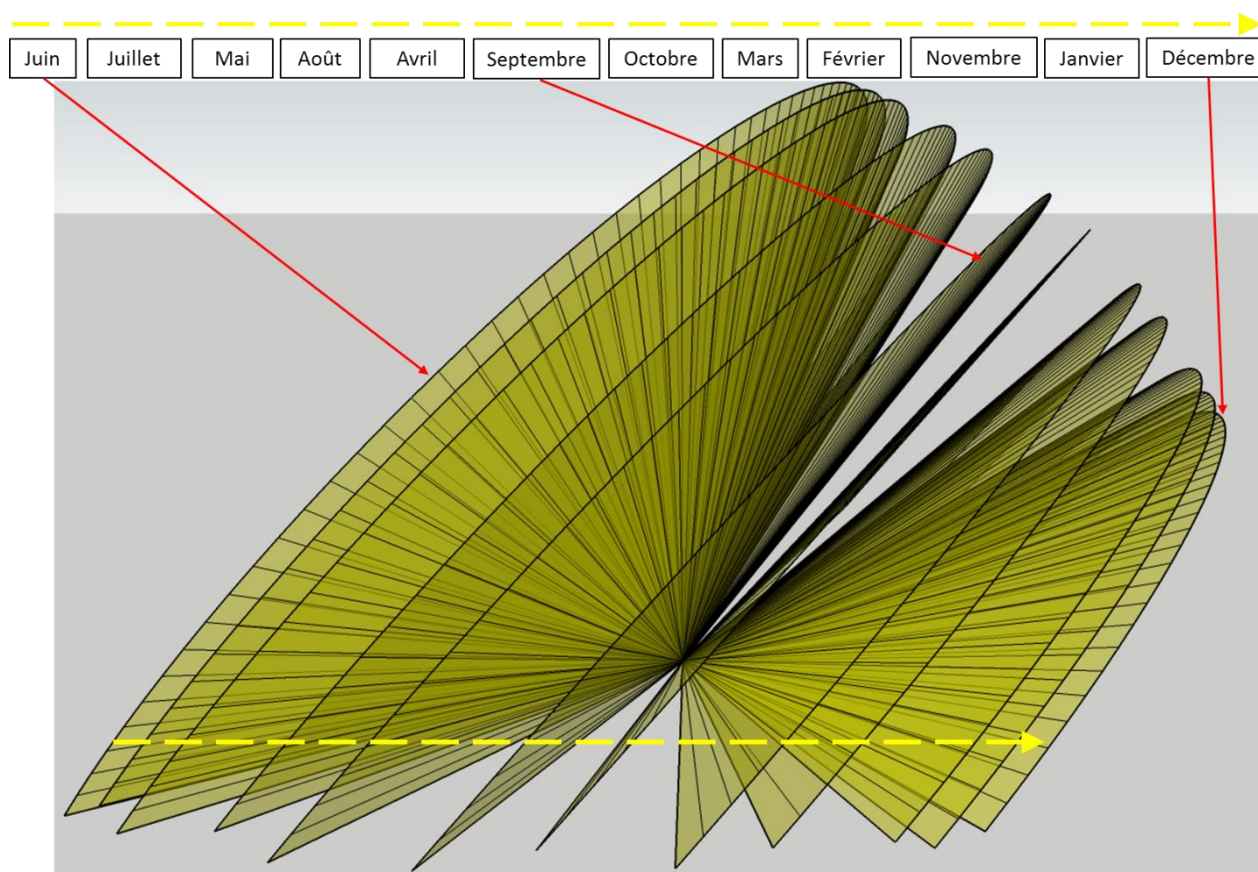


Figure 2 : Surfaces de rayons réfléchis (exemple)

De même, les jours non représentés graphiquement sont visuellement interpolables, entre deux surfaces qui représentent le parcours des rayons réfléchis pendant les deux jours moyens de deux mois consécutifs. **Ce volume constitué par l'ensemble de ces surfaces contient donc la totalité des rayons réfléchis pour toutes les heures de l'année.**

**L'analyse graphique considère ainsi toutes les positions prises par le soleil au-dessus de l'horizon à tout instant du jour et de l'année.**

<sup>1</sup> Le jour moyen est défini comme étant le jour pour lequel la déclinaison est la plus proche de la déclinaison moyenne du mois considéré (Duffie & Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes, d'après Klein (1977)).

### IV.1. Calcul du vecteur Réflexion

Les coordonnées du site sont : 44.8066, 4.8512

Grâce aux coordonnées géographiques du site il est possible de générer le diagramme solaire représenté en Figure 3. Dans ce diagramme, les azimuts ont pour origine le Sud et sont comptés positivement vers l'Ouest et négativement vers l'Est. Ce diagramme est donné pour des jours moyens de chaque mois.

Ainsi, heure par heure, nous connaissons la position du soleil dans le ciel au moyen de deux grandeurs : hauteur angulaire et azimut.

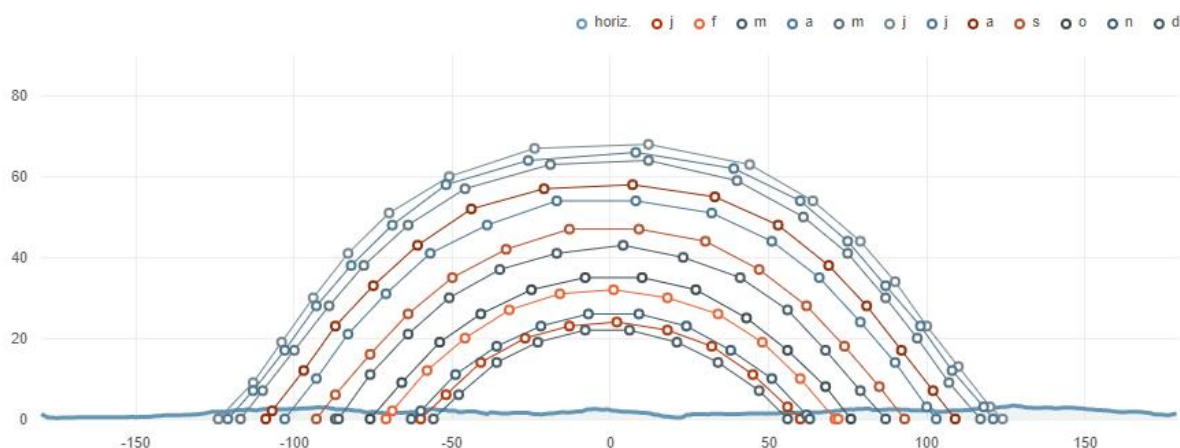


Figure 3 : Masque lointain sur le site

Nous définissons un système de coordonnées orthonormé ayant pour origine le centre d'un des modules. L'axe des X est orienté vers l'Est, celui des Y vers le Nord, et l'axe des Z caractérise l'élévation.

On peut donc calculer le vecteur définissant la position du soleil,  $\vec{V}_{inc}$

Il est possible de calculer le vecteur réflexion  $\vec{V}_{ref}$  au moyen de la relation :

$$\vec{V}_{ref} = \frac{2 \cdot \vec{V}_{inc} \cdot \vec{n}}{\|\vec{n}\|^2} \vec{n} - \vec{V}_{inc}$$

$\vec{n}$  : vecteur normal au plan des modules

Nous calculons les vecteurs « réflexion » pour chaque jour moyen du mois, toutes les 10 minutes.

Le vecteur incident, et donc le vecteur réfléchi, sont nuls lorsque la hauteur du soleil est inférieure à la hauteur du masque (pour l'azimut du soleil).

La Figure 3 permet également de visualiser le **masque lointain** constitué par le relief alentour. Les données utilisées pour le calcul du masque lointain sont issues des données SRTM diffusées par la NASA, disponibles sur ce site : <http://srtm.csi.cgiar.org/>

**Le masque lointain est négligé.**

## IV.2. Rayons réfléchis par les modules photovoltaïques

En calculant les rayons réfléchis par les modules photovoltaïques toutes les 10 minutes pour chaque jour, et en créant une surface entre deux rayons consécutifs (parcours du rayon pendant les 10 minutes), il est possible de visualiser graphiquement des « surfaces » d'éblouissement pour chaque mois.

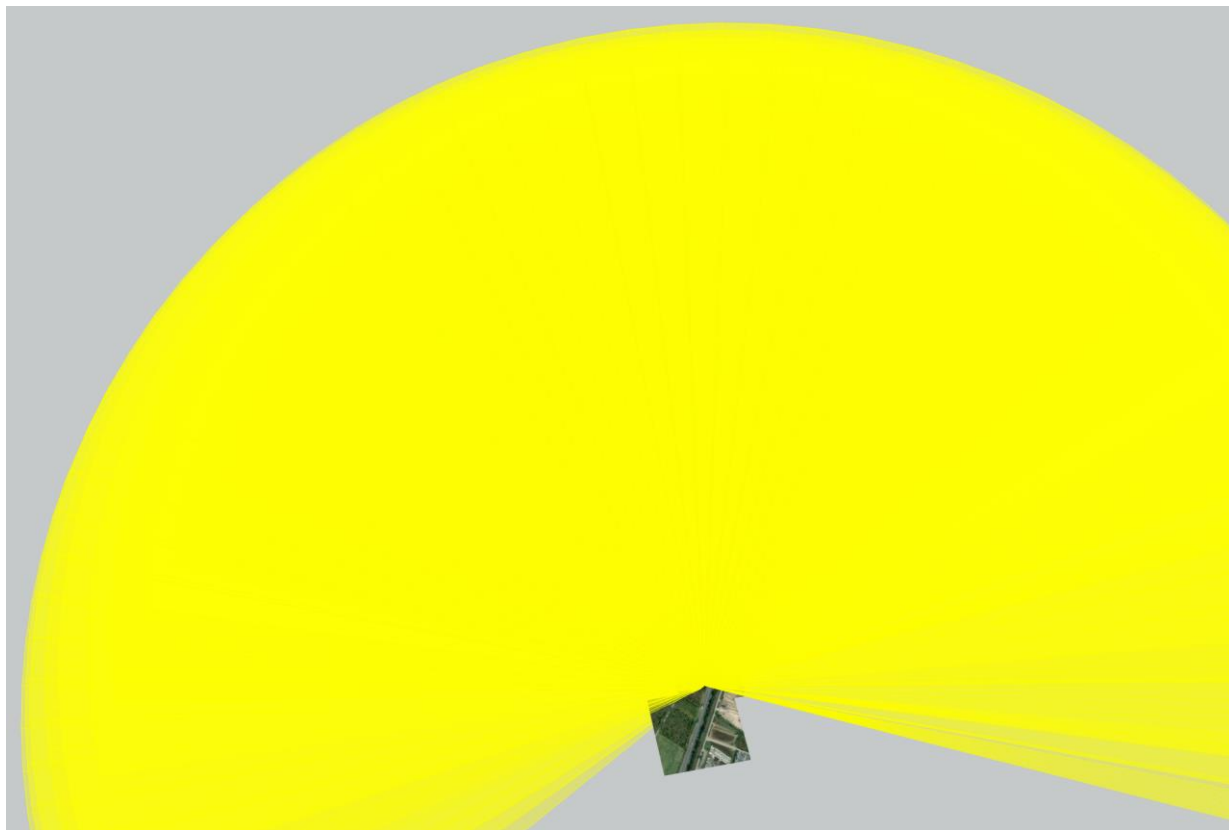


Figure 4 : Représentation 3D des rayons réfléchis sur 12 mois

L'ajout d'un attribut sur les rayons 3D permet de connaître à quels jours et heures de l'année correspondent chacun des segments représentant les rayons réfléchis.

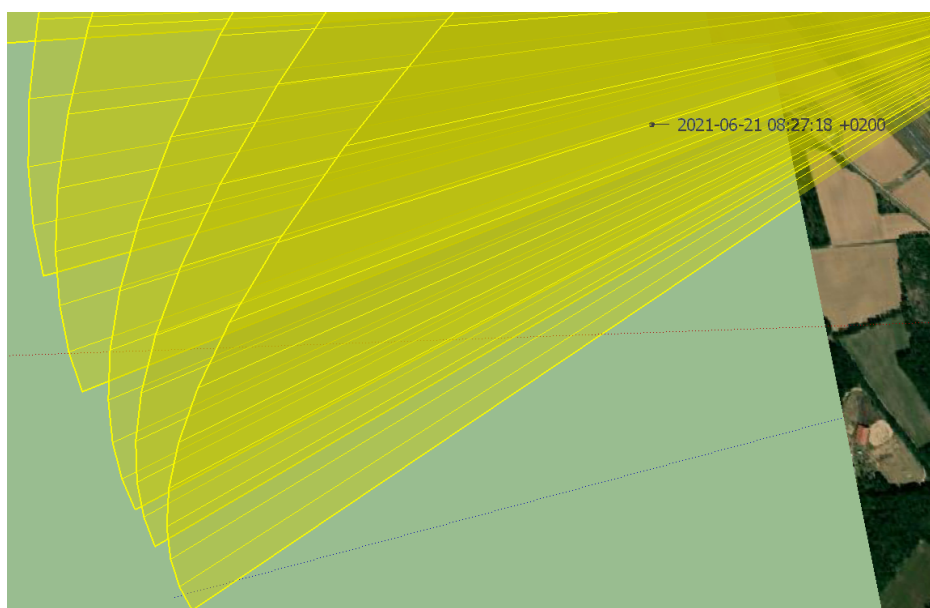


Figure 5 : Accès aux dates et heures de la représentation des rayons réfléchis



#### IV.3. Implantation des modules photovoltaïques

Les modules photovoltaïques seront installés sur des structures mobiles autour d'un axe horizontal. L'orientation de cet axe par rapport au Sud est de  $25^\circ$ . Les modules peuvent donc avoir deux orientations :  $115^\circ$  et  $-65^\circ$ .

La hauteur des modules photovoltaïques considérée pour l'étude est de 5 m.



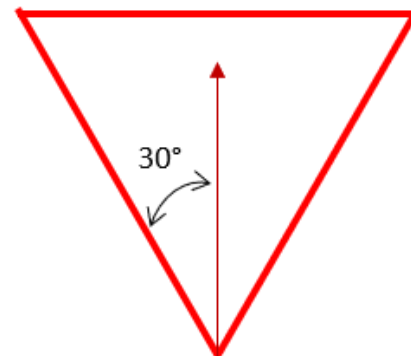
Figure 6 : Implantation des modules

## V. Analyse du risque d'éblouissement

### V.1. Caractérisation du risque d'éblouissement

Le critère retenu pour identifier le risque d'éblouissement est une interception entre les rayons réfléchis et l'axe du regard du conducteur sous un angle inférieur à 30°.

L'angle de 30°, qui correspond à la zone de vision centrale, est celui retenu par la Direction Générale de l'Aviation Civile (DGAC) pour vérifier le caractère gênant d'un rayon réfléchi, pour un aéronef en phase d'approche ou au roulage. Lorsque l'angle d'interception est inférieur à 30° avec une distance inférieure à 3 km du point d'observation, la DGAC considère que le risque de gêne pour les pilotes ne peut être exclu. Si l'angle est supérieur à 30°, le risque d'éblouissement peut être exclu.



De plus, si une partie de la centrale de superficie inférieure à 500 m<sup>2</sup>, est à l'origine de rayons réfléchis avec des angles d'interception inférieurs à 30°, alors le risque peut également être exclu pour cette partie de la centrale

Par analogie avec la Note d'Information Technique de la DGAC, les rayons réfléchis par la centrale interceptant les usagers de l'autoroute avec des angles supérieurs à 30° seront considérés comme non éblouissants.

Les triangles rouges représentés sur les figures qui suivent sont équilatéraux et permettent d'identifier rapidement les angles inférieurs ou très proches de 30°.

### V.2. Rayons réfléchis – analyse graphique

Les rayons réfléchis ont été calculés pour les orientations et inclinaisons suivantes.

**Tableau 1 : Couples orientation-inclinaison étudiés**

Orientations	Inclinaison
0°	0°
115° (Ouest)	10°
	30°
	50°
	70°
	70°
-65° (Est)	10°
	30°
	50°
	70°



### V.2.1. Modules à l'horizontale

Comme illustré par la figure ci-dessous, les rayons réfléchis par les modules lorsque ceux-ci sont à l'horizontale n'interceptent pas l'autoroute. La différence de dénivelé avec le terrain est négligeable comme l'illustre les figures 8, 9 et 10.



Figure 7: rayons réfléchis (modules à l'horizontale)

**Les rayons réfléchis n'interceptent ni l'autoroute ni le plan situé à 2,5 m au-dessus (soit la hauteur estimée du regard d'un conducteur d'un camion poids lourd).**

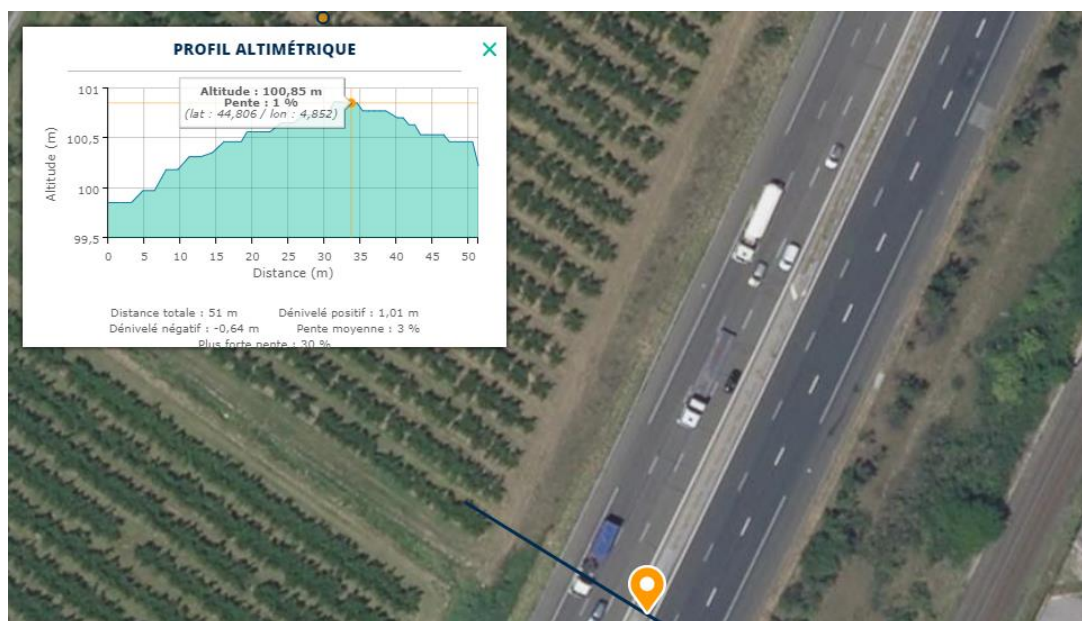


Figure 8 : Profil altimétrique IGN (partie centrale)



Figure 9 : Profil altimétrique IGN (partie Nord)



Figure 10 : Profil altimétrique IGN (partie Sud)

L'origine des rayons réfléchis est située vers le milieu de la bordure Est de la centrale. La figure ci-dessous permet de constater que ne considérer qu'un seul point d'origine pour l'analyse est suffisant, compte tenu de la faible courbure de l'autoroute au voisinage proche de la centrale. La suite de l'étude ne considèrera donc qu'un seul et unique point d'origine des rayons réfléchis.



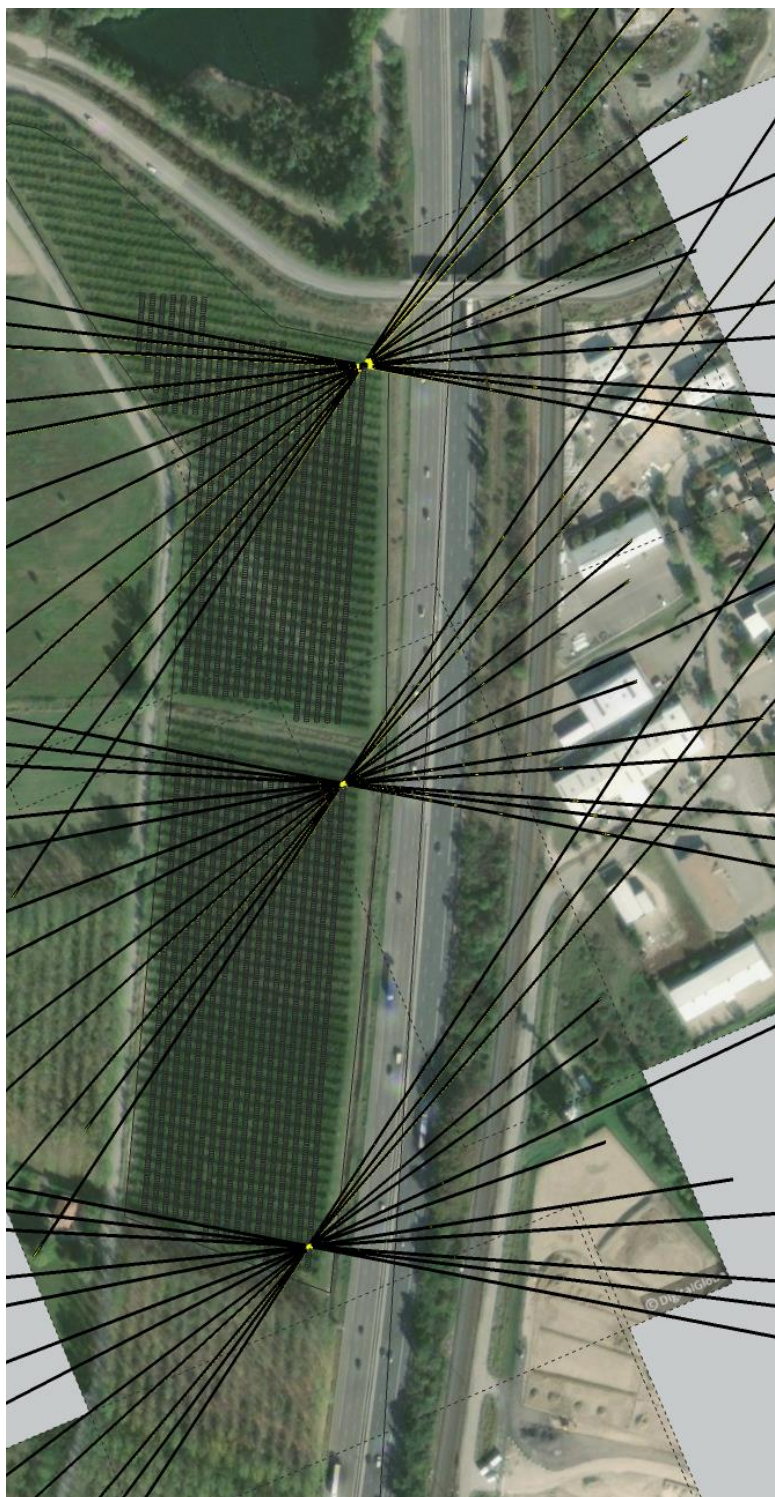


Figure 11 : rayons réfléchis (modules à l'horizontale, 3 points origine) – coupe à 6 m

#### V.2.2. Modules orientés vers l'Ouest

Comme le montrent les figures ci-dessous, les rayons réfléchis n'interceptent jamais l'autoroute lorsque les modules sont orientés vers l'Ouest.

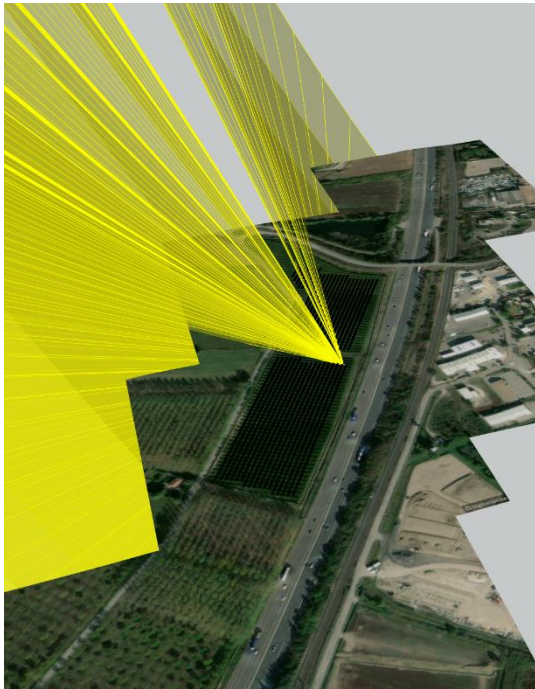


Figure 12: rayons réfléchis (orientation Ouest, inclinaison : 70°)



Figure 13: rayons réfléchis (orientation Ouest, inclinaison : 50°)



Figure 14: rayons réfléchis (orientation Ouest, inclinaison : 30°)

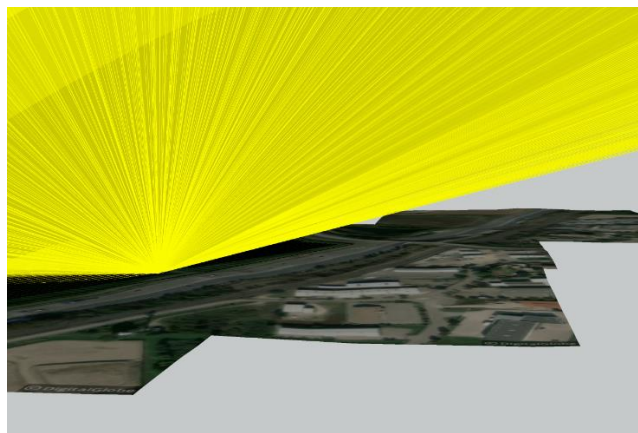


Figure 15: rayons réfléchis (orientation Ouest, inclinaison : 10°)

### V.2.3. Modules orientés vers l'Est

Les rayons réfléchis par les modules orientés vers l'Est interceptent l'autoroute sous des angles proches ou inférieurs à 30° (pour le sens de circulation Nord-Sud) comme l'illustrent les figures suivantes.



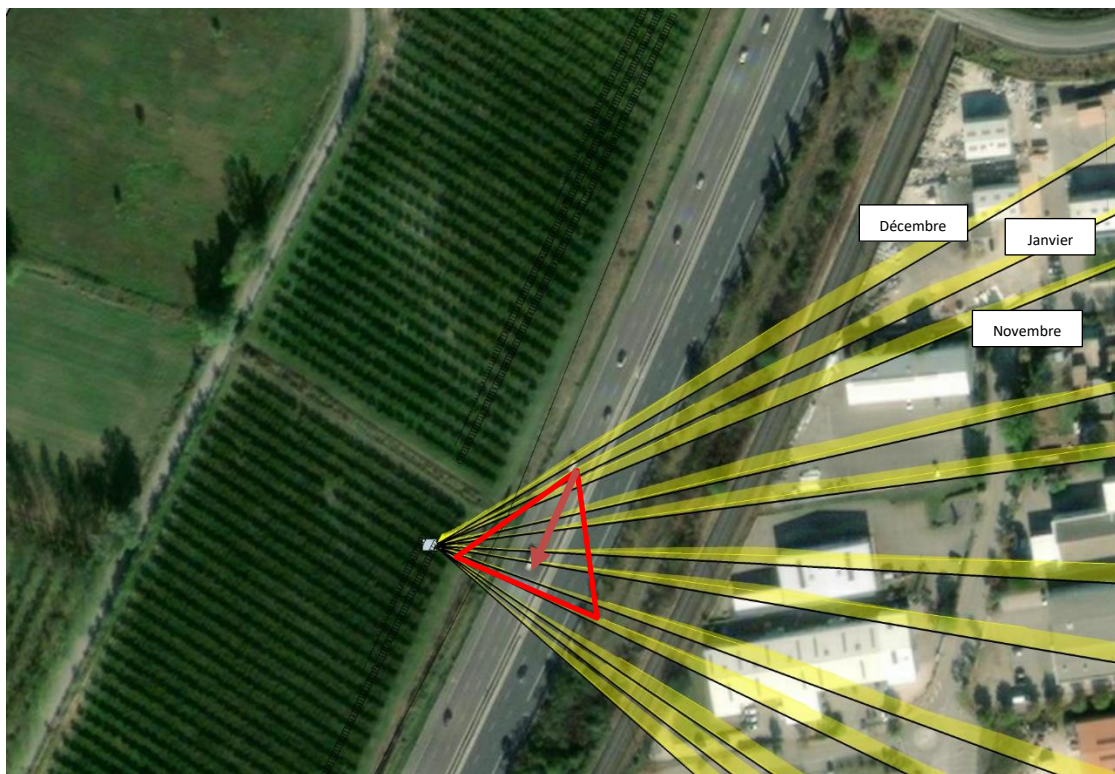


Figure 16: rayons réfléchis (orientation Est, inclinaison : 70°) – coupe

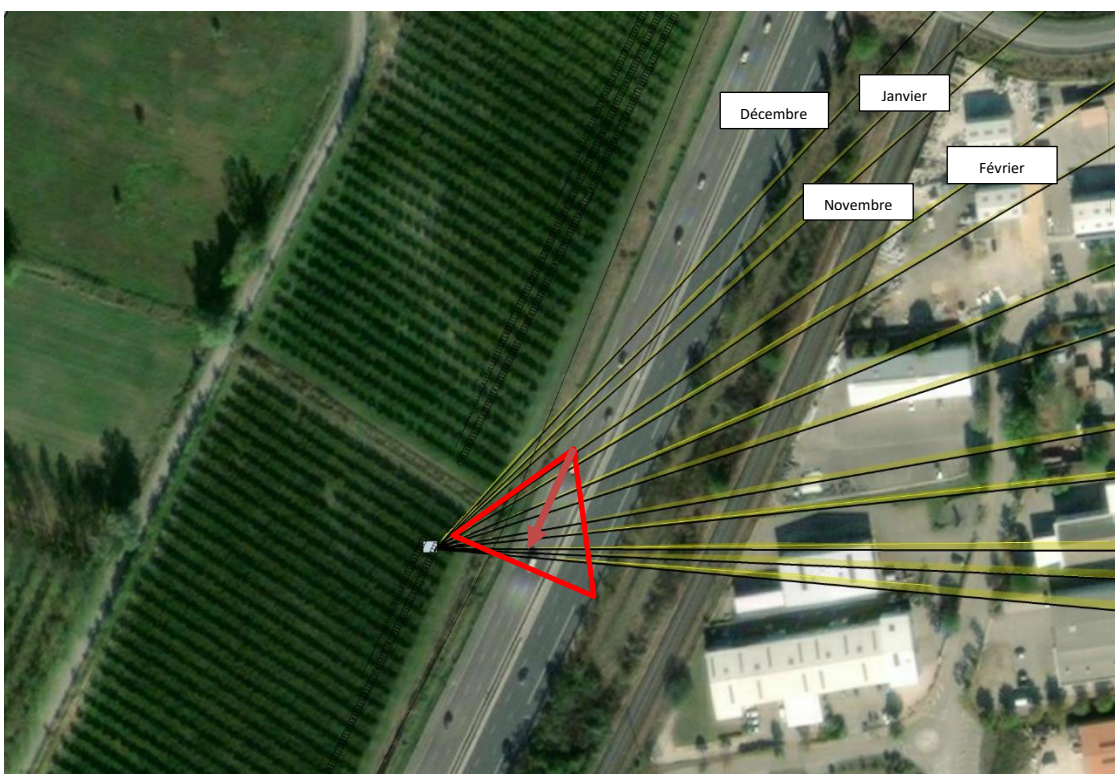


Figure 17: rayons réfléchis (orientation Est, inclinaison : 50°) – coupe



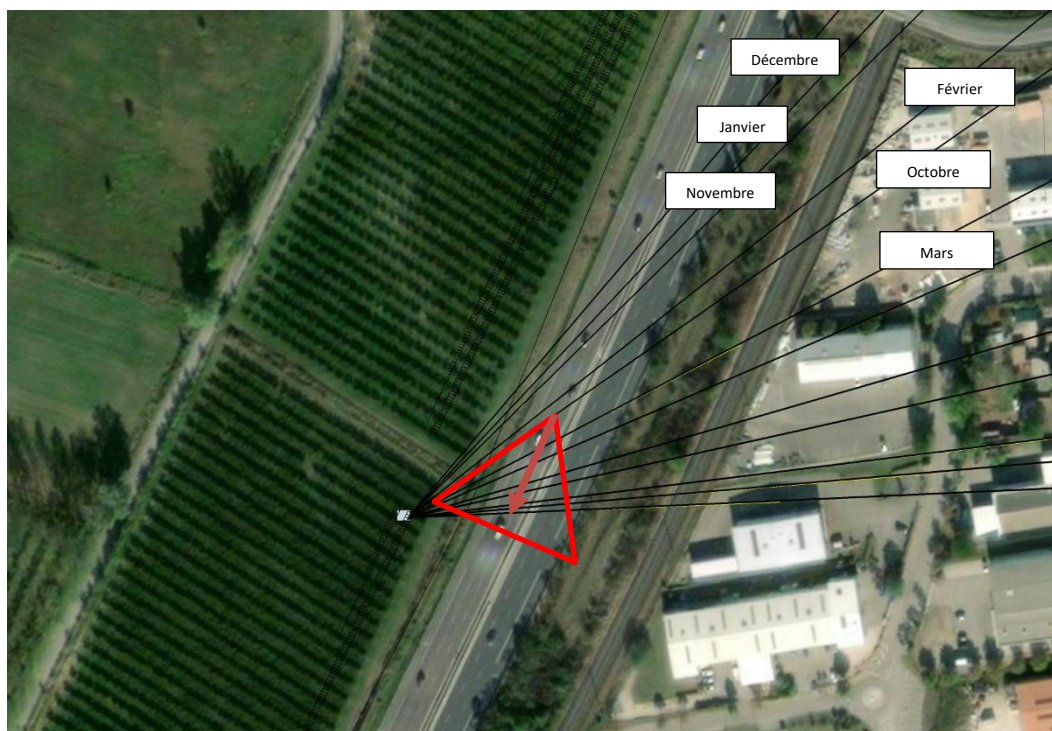


Figure 18: rayons réfléchis (orientation Est, inclinaison : 30°) – coupe

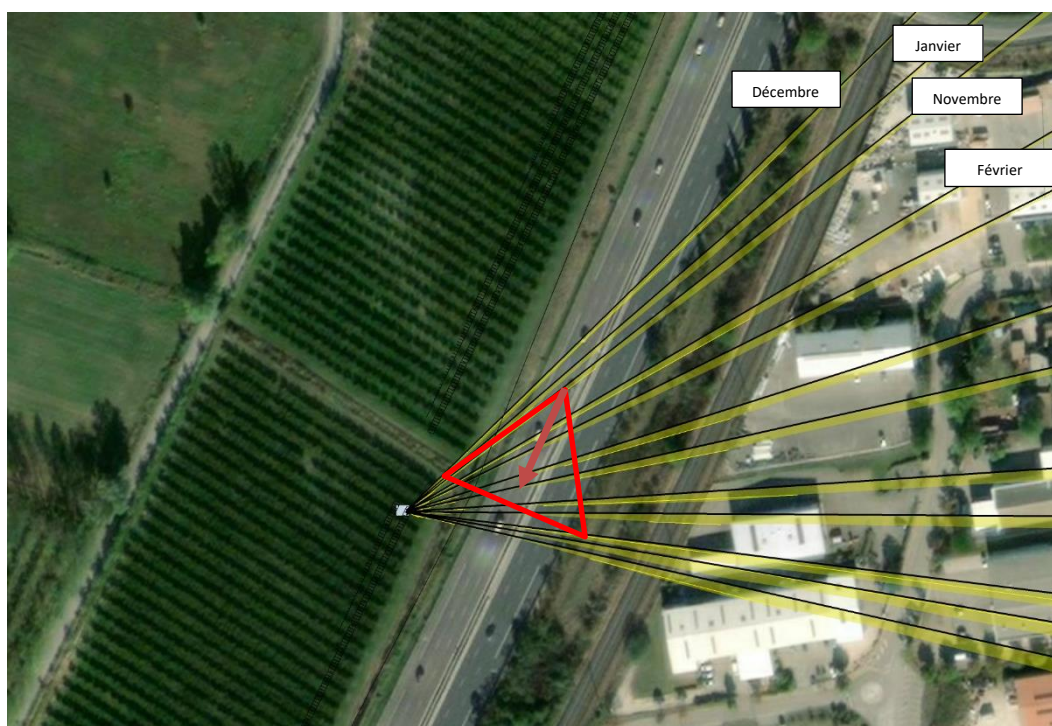


Figure 19: rayons réfléchis (orientation Est, inclinaison : 10°) – coupe

Les moments où ces interceptions ont lieu sont résumés dans le tableau ci-dessous.

**Tableau 2 : Moments avec des interceptions sous des angles proches ou inférieurs à 30°**

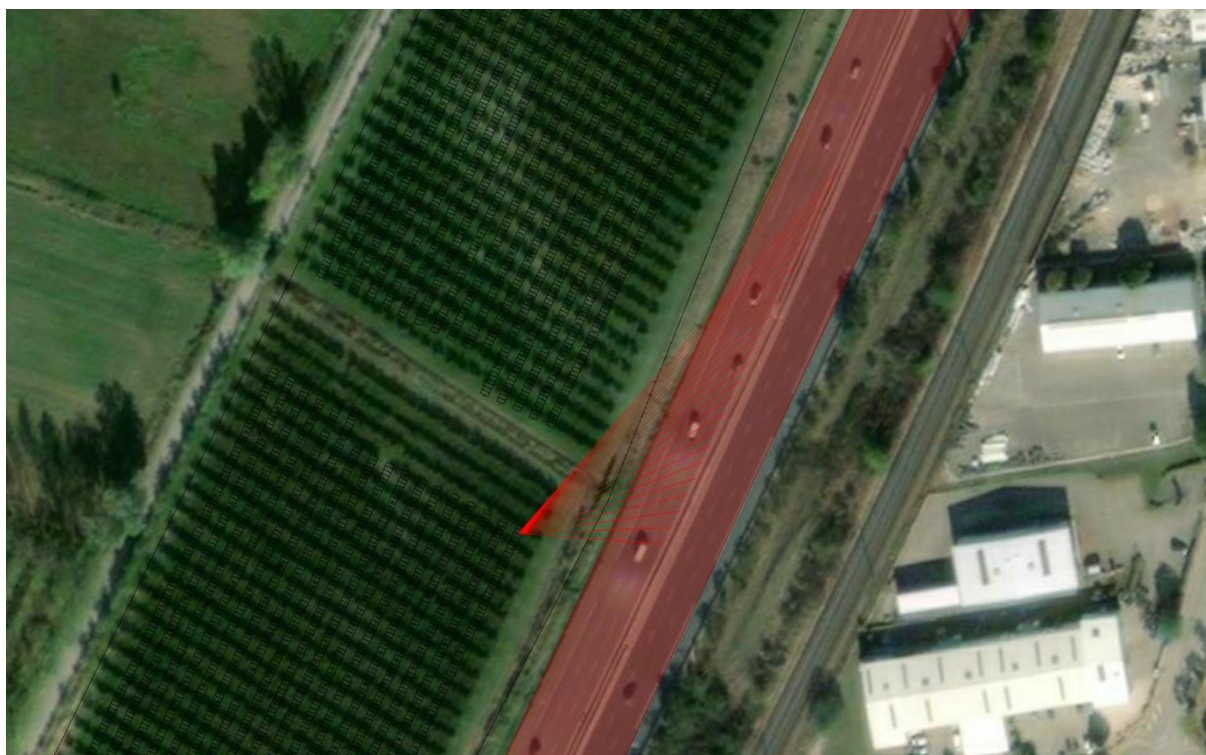
Inclinaison	/	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
<b>Hz</b>	Début	-	-	16:50	17:20	-	-
	Fin	-	-	coucher	coucher	-	-
<b>10°</b>	Début	-	15:55	15:50	16:20	-	-
	Fin	-	16:25	16:20	16:50	-	-
<b>30°</b>	Début	14:45	14:50	14:50	14:00	15:15	15:10
	Fin	15:15	15:20	15:20	15:35	15:45	15:40
<b>50°</b>	Début	-	13:40	14:00	14:00	-	-
	Fin	-	14:10	14:35	14:30	-	-
<b>70°</b>	Début	-	-	12:20	12:20	-	-
	Fin	-	-	12:50	12:50	-	-

### V.3. Calcul détaillé

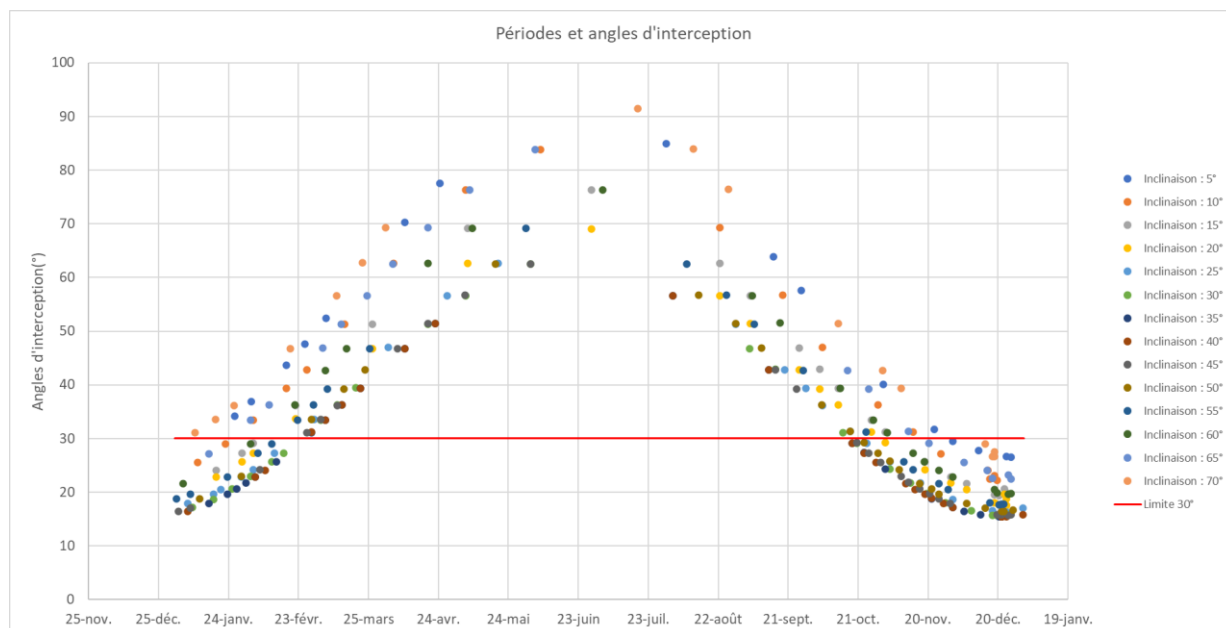
#### V.3.1. Modules orientés vers l'Est

Un calcul plus détaillé est réalisé pour tous les jours de l'année, pour une résolution temporelle de 5 minutes, pour des inclinaisons allant de 5° à 70°, par pas de 5°.

La figure suivante illustre les rayons réfléchis (pour une inclinaison de 30°) qui interceptent l'autoroute.

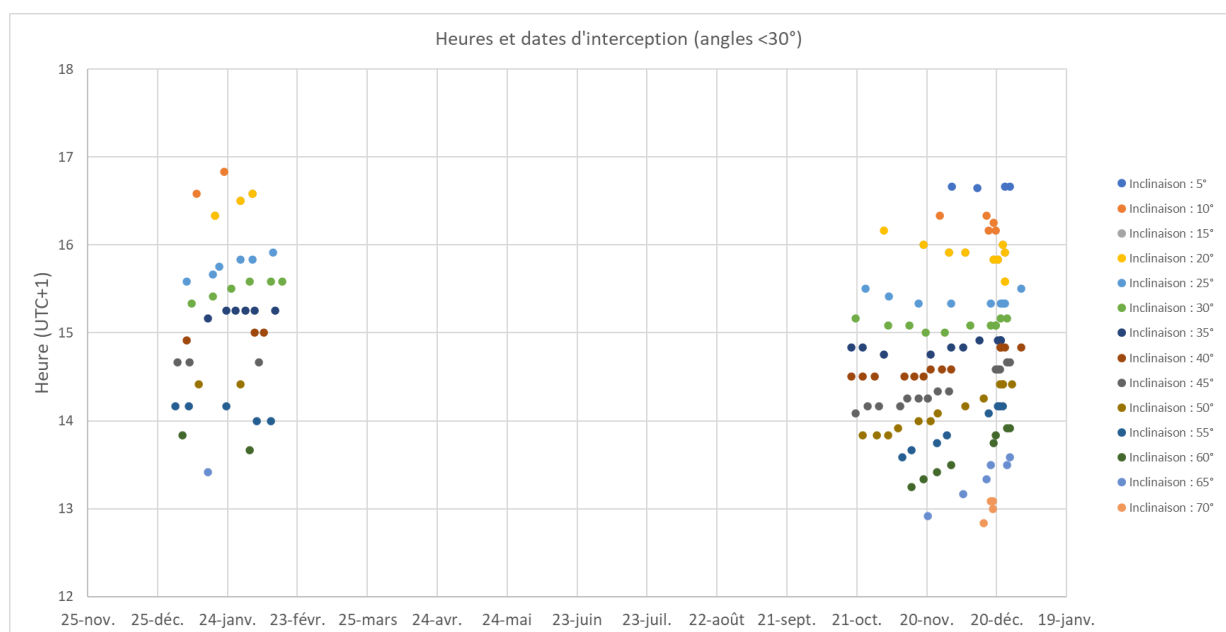


La figure ci-dessous présente les angles d'interception pour tous les angles calculés, ainsi que les moments de l'année où ils sont observés.



**Figure 20 : Périodes et angles d'interception**

La figure suivante permet d'identifier les heures auxquelles les interceptions sous des angles inférieurs à 30° sont observés



**Figure 21 : Heures et dates d'interception (angles <30°)**

Ce calcul détaillé confirme l'analyse graphique réalisée précédemment et résumée au Tableau 3. Pour une inclinaison de 70°, les angles d'interception sont supérieurs à 30° et n'apparaissent donc pas sur le graphique.

Toutes inclinaisons confondues, le risque est présent du 18 octobre au 16 février, uniquement l'après-midi. L'orientation Est devra donc être évitée pendant cette période. Si une orientation vers l'Est est souhaitée, les horaires indiqués dans le tableau ci-dessous pour chaque inclinaison devront être proscrites.

**Tableau 3 : horaires (UTC+1) à proscrire pour chaque inclinaison (orientation Est)**

Inclinaison	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°	65°	70°
Heure début	16:35	16:10	15:50	15:35	15:20	15:00	14:45	14:30	14:05	13:50	13:35	13:15	12:55	12:50
Heure fin	16:40	16:50	16:36	16:35	15:55	15:35	15:15	15:00	14:40	14:25	14:10	13:55	13:35	13:05