

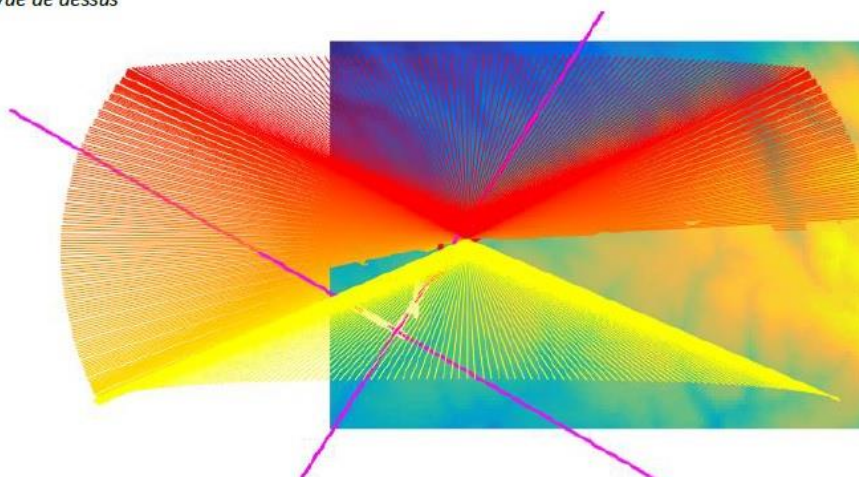
## Annexe 8

Risques éblouissement des panneaux photovoltaïques pour l'utilisation de l'aérodrome de la Montagne Noire

### **1. CONTEXTE :**

L'analyse d'éblouissement portée au dossier concerne uniquement les phases d'approches finales, d'un aéronef aligné sur la piste.

*Vue de dessus*



*Figure 1 : analyse Solais - trajectoires étudiées en mauve*

Néanmoins, les conditions spécifiques à l'exploitation de l'aérodrome de la Montagne Noire, n'ont pas été intégrés dans l'analyse, et des risques d'éblouissement dans nombreuses autres phases d'approches n'ont pas été exclus.

### **2. DOCUMENTS DE RÉFÉRENCES**

[1] NOTE D'INFORMATION TECHNIQUE

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

[https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/3\\_2\\_NIT\\_Photovoltaïque\\_V4\\_signee\\_27juillet11.pdf](https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/3_2_NIT_Photovoltaïque_V4_signee_27juillet11.pdf)

[2] RAP/STAC/ACE/VOLTA/12-001 - v2. du 04/01/2012

Rapport d'étude : Gêne visuelle liée aux panneaux solaires implantés à proximité d'aérodromes (STAC/DGAC)

<https://www.stac.aviation-civile.gouv.fr/fr/publications/gene-visuelle-liee-aux-panneaux-solaires-implantes-a-proximite-daerodromes>

[3] Carte VAC aérodrome de la Montagne Noire (SIA)

[https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/dvd/eAIP\\_21\\_MAY\\_2020/Atlas-VAC/PDF\\_AIPparSSection/VAC/AD/AD-2.LFMG.pdf](https://www.sia.aviation-civile.gouv.fr/dvd/eAIP_21_MAY_2020/Atlas-VAC/PDF_AIPparSSection/VAC/AD/AD-2.LFMG.pdf)

[5] Guide Pratique du pilote remorqueur, Ed. 2, 2019, Commission Formation - Sécurité FFVP

[7] <https://www.chateameillant.fr/medias/2017/07/Annexe-1-Etude-de-la-reflexion-lumineuse.pdf>

[8] PC pièce complémentaire 1, étude Solais V8

### 3. UTILISATION DE L'AERODROME DE LA MONTAGNE NOIRE

L'aérodrome de la Montagne Noire est essentiellement dédié à l'activité de vol en planeur et aviation légère, uniquement en vol à vue comme spécifié sur la carte d'aérodrome [3]. Les pilotes se servent uniquement de leurs observations visuelles de l'aérodrome et de leur environnement pour préparer leur atterrissages et assurer la séparations avec les autres aéronefs.

Les décollages de planeurs ont lieu principalement à l'aide d'un avion remorqueur, depuis la piste 36 ou la piste 30.

#### 3.1 COTÉ AVION REMORQUEUR :

A l'issue de la phase de remorquage et après largage du planeur, le pilote de l'avion descend, puis vient larguer le câble de remorquage, en piste 03 (ou piste 21), avant de se positionner en vent-arrière pour la piste 12 main gauche (main droite), et atterrir. En cas de fort vent, il peut être amené à larguer le câble, et se poser en piste 30.

Dans toutes ces phases de vol, le pilote remorqueur surveille à la fois le planeur remorqué (par l'intermédiaire d'un rétroviseur situé sur l'avion), les paramètres de son avion, l'environnement extérieur afin d'assurer la séparation par rapport aux autres aéronefs, mais également les pistes et la manche à air afin de préparer sa manœuvre de largage et son atterrissage ; avec au global une charge de travail élevée. Il évolue souvent à proximité immédiate de l'aérodrome afin de limiter la durée du vol, mais aussi les nuisances aux villages environnants.

#### 3.2 CÔTÉ PLANEUR :

La phase de décollage est une phase critique du vol dans la tenue de la machine et de la trajectoire (inclinaison, positionnement derrière l'avion), et à proximité du immédiate du sol.

A l'issue de son vol, après avoir pris connaissance des conditions de vent par l'observation de la manche à air, le planeur viendra se poser sur l'une des nombreuses pistes de la plateforme : 03, 12, 21, 30 (par vent fort), voire 19. Le planeur évoluera dans sa phase d'approche à proximité immédiate de l'aérodrome, comme le fait l'avion remorqueur.

Il est à noter que contrairement aux avions, le planeur n'a pas la possibilité de remettre les gaz, pour tenter une deuxième approche dans le cas où un problème affecterait sa trajectoire d'approche. Ainsi, dès qu'il est engagé dans sa trajectoire d'approche (vent arrière puis étape de base), il n'a pas d'autre solution que venir se poser, et le pilote doit disposer de tous les moyens possibles pour assurer cela avec précision. A ce titre, nous considérons que l'ensemble de la phase d'approche est à risque vis-à-vis d'un risque de perturbation par un éblouissement.

De plus, par la petite dimension (maximum 500m de long) et la forme atypique (relief) des pistes de l'aérodrome, combinées aux conditions climatiques (vents, et courants ascendants ou descendants liés au relief) qui influent fortement sa trajectoire, la phase d'approche des planeurs sur l'aérodrome de la Montagne Noire nécessite plus qu'ailleurs une grande vigilance et précision.

### 3.3 VOL DE PENTE

Une forte activité de *vol de pente* est réalisée au-dessus et aux environs de l'aérodrome par des conditions de vent de nord-ouest.

Dans cette phase de vol, de nombreux planeurs peuvent évoluer dans une zone assez limitée (par la présence de courants ascendants) entre l'aérodrome et l'antenne située à 2.5km au nord-est. Lors de ces évolutions, les planeurs alternent de nombreuses lignes droites et une grande partie des virages se font au-dessus même de l'aérodrome, tout en surveillant l'ensemble de l'environnement extérieur pour prévenir des abordages.

### 3.4 UTILISATION DU TAXIWAY NORD

Enfin, une partie des aéronefs basés, dont des avions à train classique (réputés pour une visibilité relativement faible lors du roulage), sont hébergés, et/ou entretenus dans les bâtiments au nord-est des pistes. Ils rejoignent ou reviennent des pistes 30 ou 36 en roulant dans le prolongement de la piste 03.

#### 4. CRITICITE DES RISQUES D'EBLOUISSEMENT

Comme mentionné dans la notice de la DGAC [1]

« 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 »

« 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'oeil 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. »

« 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'oeil, 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 champ 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. »

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



Figure 2 : exemple réflexion sur panneaux solaire – étude STAC [2]

Ces critères sont confirmés par le rapport d'étude du STAC [2], et en particulier par rapport à un retour d'expériences d'événements liés à des éblouissements (§6.1.4) qui se conclue ainsi :

« il faudra bien veiller à ce que la réflectivité des panneaux solaires ne puisse pas engendrer des événements similaires à ceux identifiés à travers ces retours d'expérience :

- les panneaux solaires ne doivent pas altérer la perception des obstacles éventuels avant le seuil de piste,
- les panneaux solaires ne doivent pas altérer la perception des aides visuelles, notamment le PAPI,
- l'intensité de la lumière réfléchiée par les panneaux solaires ne doit ni être une source de confusion pour les pilotes, ni empêcher le pilote d'avoir une visibilité optimale de la piste [...]

Son Etude de sécurité (§6.2) confirme également la criticité d'un éblouissement dans la phase d'approche :

Événement redouté	Conséquences probables	Phase de vol
pente d'approche inappropriée en vol à vue	Pendant l'approche, le pilote ne respecte pas la pente d'approche, la gêne visuelle l'empêchant de percevoir les aides visuelles (PAPI par exemple) lui permettant de respecter le plan d'approche ; il percute un obstacle sur sa trajectoire, atterrit trop long ou avant le seuil.	Approche

Figure 3 : extrait §6.2 étude de sécurité STAC [2]

Le **risque d'éblouissement est donc reconnu** et des normes proposées afin d'évaluer l'acceptabilité d'un projet, en particulier la notice [1]. Cependant les spécificités d'exploitation liés à certains types d'aéronef (planeurs) ou d'aérodromes ne sont pas intégrés à cette norme.

A titre d'exemple, la notice définit donc des zones (A,B,C) autour de chacune des pistes utilisées à l'atterrissage afin d'y appliquer divers critères d'acceptabilité des risques d'éblouissement, mais seule une trajectoire rectiligne d'un avion aligné avec la piste est prise en compte.

- Par rapport au QFU 30 : la centrale photovoltaïque est localisée en zone de protection A et B.

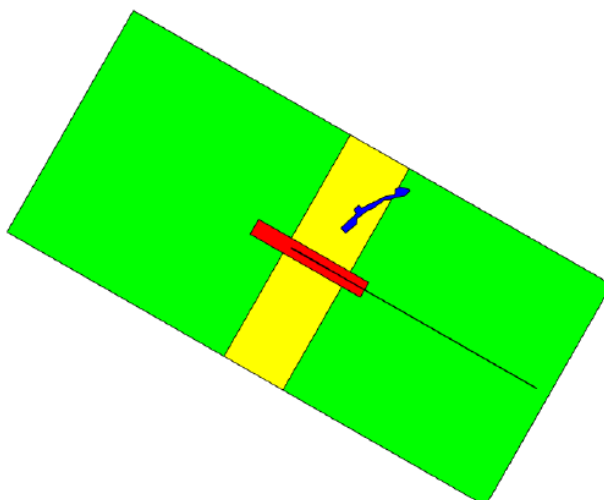


Figure 4 : position zones A & B en approche finale 30 (étude Solais [8], suivant NIT[1])

Ce qui n'est pas en accord avec l'utilisation réelle

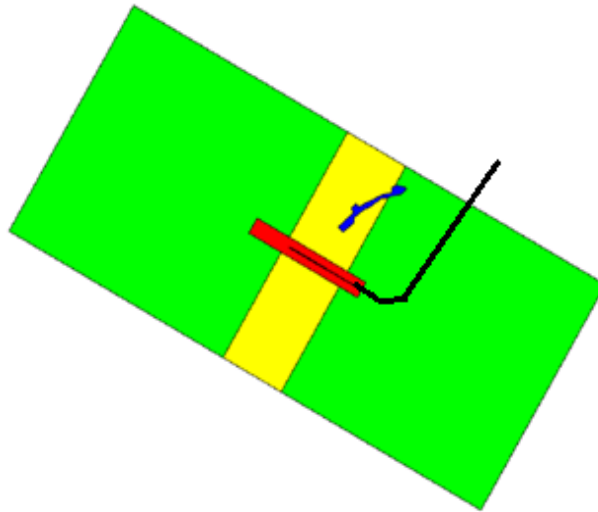


Figure 5 : trajectoire réelle d'un planeur pour cette approche en piste 30

Enfin, la littérature (étude STAC [2] ou internet [7]) explique que l'intensité lumineuse des rayons réfléchis est plus importante pour de forts angles d'incidence, conditions rencontrées le matin et le soir lorsque le soleil est à une élévation faible. De telles conditions sont redoutées pour les trajectoires présentées aux §5.1, 5.6, 5.7, 5.10 et 5.11.

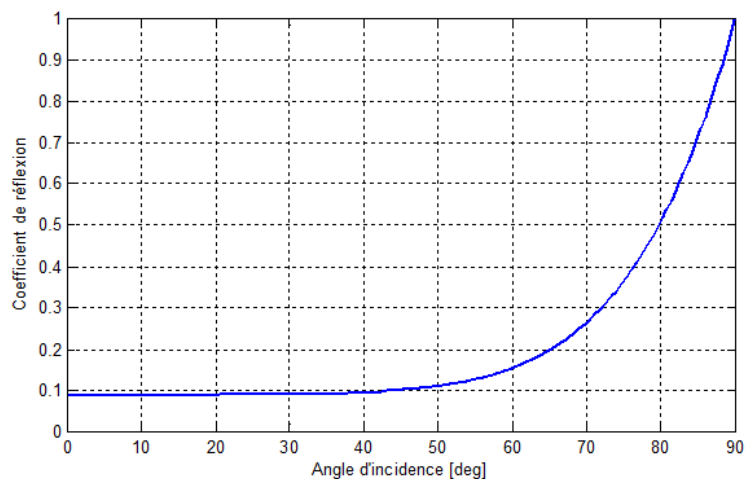


Figure 6 : profil standard de coefficient de réflexion - Etude Solais [8]

## 5. TRAJECTOIRES A RISQUES D'EBLOUISSEMENT POTENTIELS

### 5.1 TOUS AÉRONEFS – DÉCOLLAGE 36

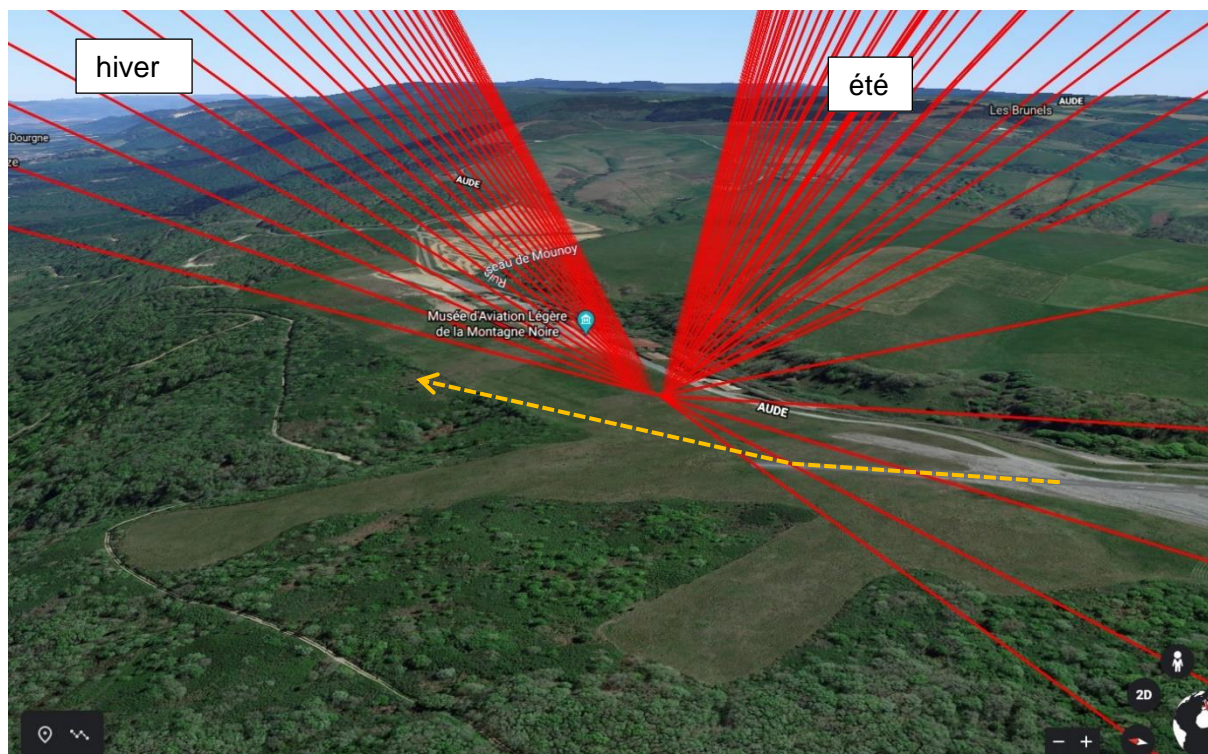


Figure 7 : Décollage N (vu de profil vers l'Est)

Lors du décollage de la piste 36, l'attelage avion / planeur passerait à moins de 150m à l'Ouest des panneaux. Les pilotes risquent d'être surpris par des reflets venant de leur côté droit, réfléchis par les panneaux en début de matinée, essentiellement l'été.

Cette phase critique du vol d'un attelage avion / planeur n'a pas été évalué dans le dossier.

### 5.2 TOUS AÉRONEFS – VISUALISATION MANCHE A AIR

La manche à air est la seule aide à la navigation aérienne installé sur l'aérodrome de la montagne noire.

Son observation visuelle permet au pilote de choisir la piste qu'il utilisera pour l'atterrissage (fonction de l'orientation du vent), et également les paramètres de conduite du vol en finale (vitesse de l'aéronef fonction de la vitesse du vent). Une lecture erronée peut affecter la sécurité de l'atterrissage.

La manche à air se situe à environ 200m de la position envisagée des panneaux solaires les plus proches. Aussi dans de nombreuses configurations, l'observation de la manche à air risquerai d'être altérée par une réflexion de rayons solaires sur les panneaux, voire un éblouissement, de par la proximité apparente (<30° angle de vue).

Ce critère, pourtant rappelé dans la notice de la DGAC [1] à propos des installations photovoltaïques : « leur installation ne doit pas gêner : le bon fonctionnement des aides à la navigation aérienne [...] », n'a pas été évalué dans le dossier.

### 5.3 AVION – VENT ARRIERE 03 MAIN DROITE

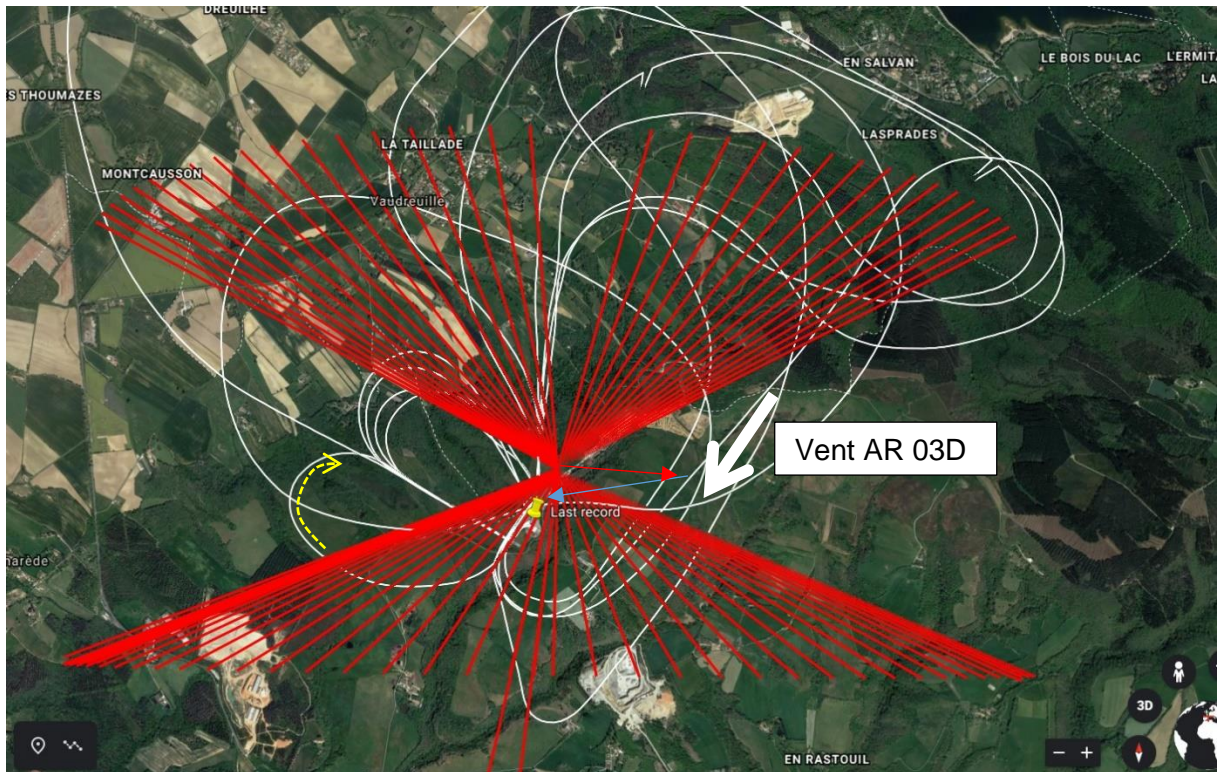


Figure 8 : Exemples de trajectoires avion remorqueur (Midour F-PFDB le 11/01/2020)

Lors de la descente, en vent-arrière 03, l'avion évolue de 0.5 à 1.5km à l'EST de l'aérodrome, et à une altitude de 900 à 600m.

Cette zone semblerait être exposée à des rayons réfléchis par les panneaux solaires, à toutes les saisons, en fin d'après-midi (18h30-20h en été), à des angles d'incidences forts ( $>60^\circ$ ; pour lesquelles l'intensité du rayon réfléchi est forte).

Durant cette phase, le pilote observe l'aérodrome et potentiellement la manche à air, suivant un angle de vue  $<30^\circ$  par rapport aux rayons réfléchis par les panneaux.

Cette phase d'approche d'un avion n'a pas été évalué dans le dossier.

### 5.4 AVION – LARGAGE 21

L'atterrissage en piste 21 a été traité par l'analyse Solais portée au dossier [8].

Cependant, les pentes d'approche à  $3,5$  et  $6^\circ$  ne correspondent pas à une trajectoire de largage câble : « le largage doit s'effectuer en palier à une hauteur raisonnable » [5].

D'autres part, la solution proposée au dossier d'adapter la trajectoire d'approche en 21 est peu réaliste pour un avion sur le point de larguer le câble de remorquage car « l'avion doit se présenter loin dans l'axe du point de largage choisi de manière à éviter les évolutions serrées à proximité du sol » [5]

## 5.5 AVION – LARGAGE 03

L'atterrissage en piste 03 n'a été analysé en détail dans l'analyse Solais portée au dossier [8] car la trajectoire d'approche prise en compte n'est pas exposée aux rayons réfléchis.

Cependant, comme pour le largage piste 21, les pentes d'approche à 3,5 et 6° ne correspondent pas à une trajectoire de largage câble réalisée en palier. L'avion passerait pourtant dans les faisceaux des rayons réfléchis par les panneaux, ce qui risque surprendre le pilote, à minima les matins.

Cette phase de vol d'un avion remorqueur n'a pas été évalué dans le dossier.

## 5.6 AVION – BASE 12 D ET FINALE 12

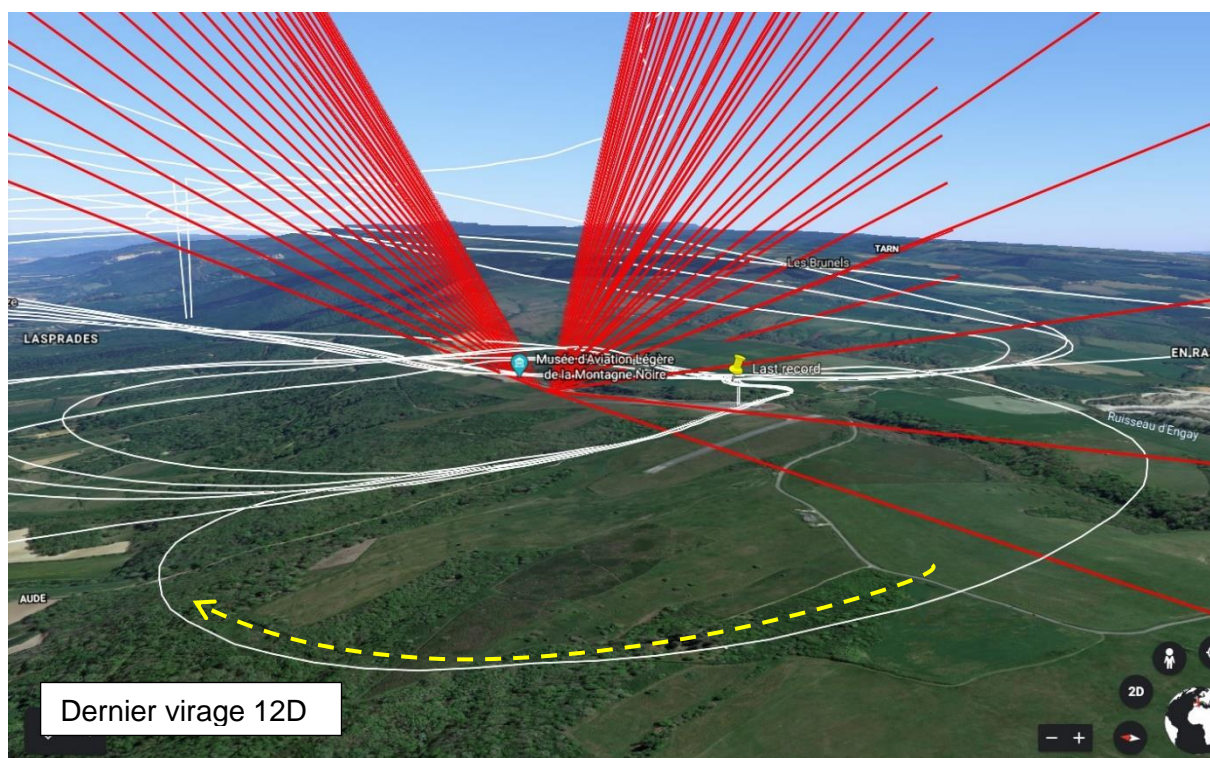


Figure 9 : Dernier virage 12D

Lors de la base 12 main droite, l'avion évolue à moins de 1.5km à l'Ouest de l'aérodrome, et à une altitude de 500 à 600m.

Cette zone semblerait être exposée à des rayons réfléchis par les panneaux solaires, essentiellement l'été, le matin, à des angles d'incidences forts (>75°; pour lesquelles l'intensité du rayon réfléchi est forte).

Durant cette phase, le pilote observe l'aérodrome et potentiellement la manche à air, suivant un angle de vue <30° par rapport aux rayons réfléchis par les panneaux.

Ce cas se rapproche de l'atterrissage en piste 12, traité par l'analyse Solais portée au dossier [8], mais seuls des plans d'approche de 3,5 6° ont été évalués, avec un avion aligné sur la piste. Dans la manœuvre de dernier virage, le pilote se trouverait à un moment face à face aux rayons réfléchis.

Un complément d'analyse de cette phase d'approche serait bienvenue dans le dossier.

## 5.7 PLANEUR – BASE 30 (VENT ARRIERE 03 D)

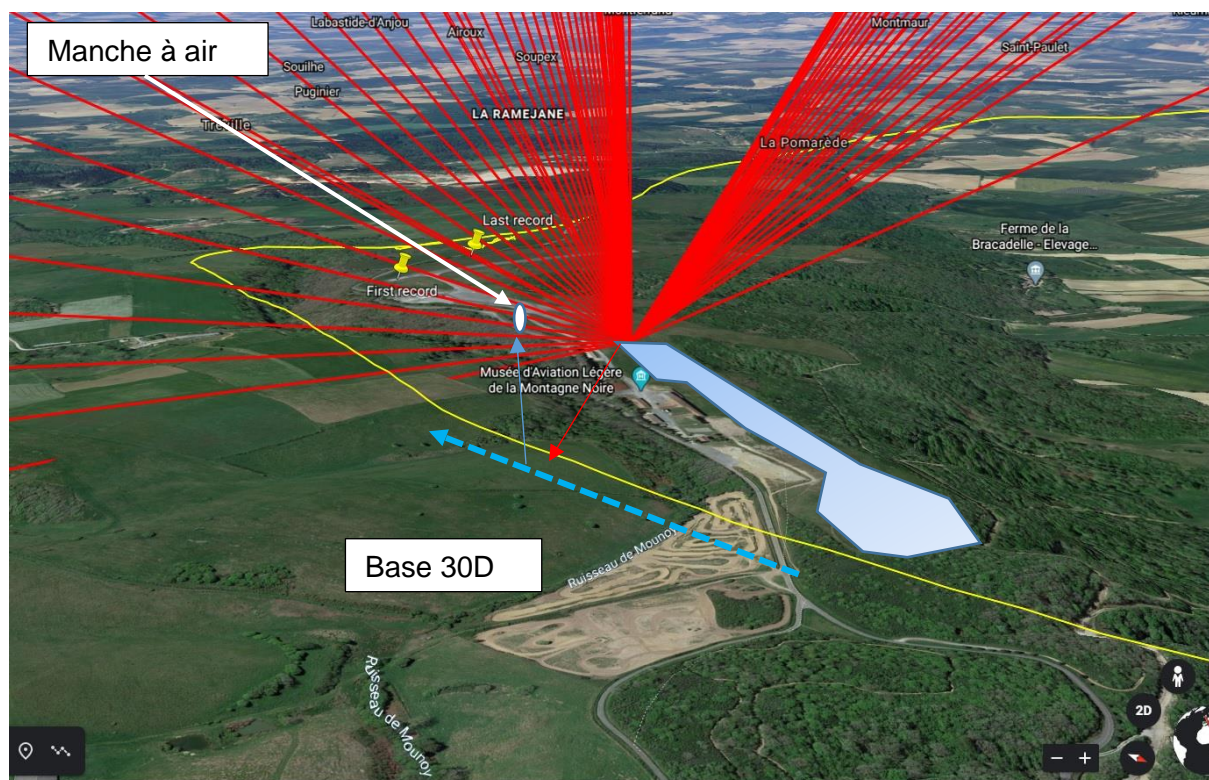


Figure 10 : trajectoire planeur Base 30D

Lors d'étape de base 30, le planeur évolue de 0.5 à 1.5km à l'EST de l'aérodrome, et à une altitude de 700 à 600m.

Cette zone semblerait être exposée à des rayons réfléchis par les panneaux solaires, à toutes les saisons, en fin d'après-midi, à des angles d'incidences forts ( $>60^\circ$ ; pour lesquelles l'intensité du rayon réfléchi est forte).

Durant cette phase, le pilote observe l'aérodrome et la manche à air, suivant un angle de vue  $<30^\circ$  par rapport aux rayons réfléchis par les panneaux.

Cette phase d'approche d'un planeur n'a pas été évalué dans le dossier.

A noter : une trajectoire approchante est utilisée pour la vent arrière 03 main droite, à une altitude plus importante (700-750m) et légèrement plus éloignée vers le sud.

## 5.8 PLANEUR – ATERRISSAGE 21

Traité par l'analyse Solais portée au dossier [8]

Les pentes d'approche à 3,5 et 6° ne correspondent pas nécessairement à une pente planeur.

D'autre part, la solution proposée au dossier d'adapter la trajectoire d'approche en 21 n'est pas complètement adapté pour des planeurs, dont la grande envergure exclu de facto la possibilité de réaliser un virage en entrée de piste, à proximité du sol. Les ailes devant être maintenues à l'horizontale dans la phase finale d'approche.

## 5.9 PLANEUR – VOL DE PENTE

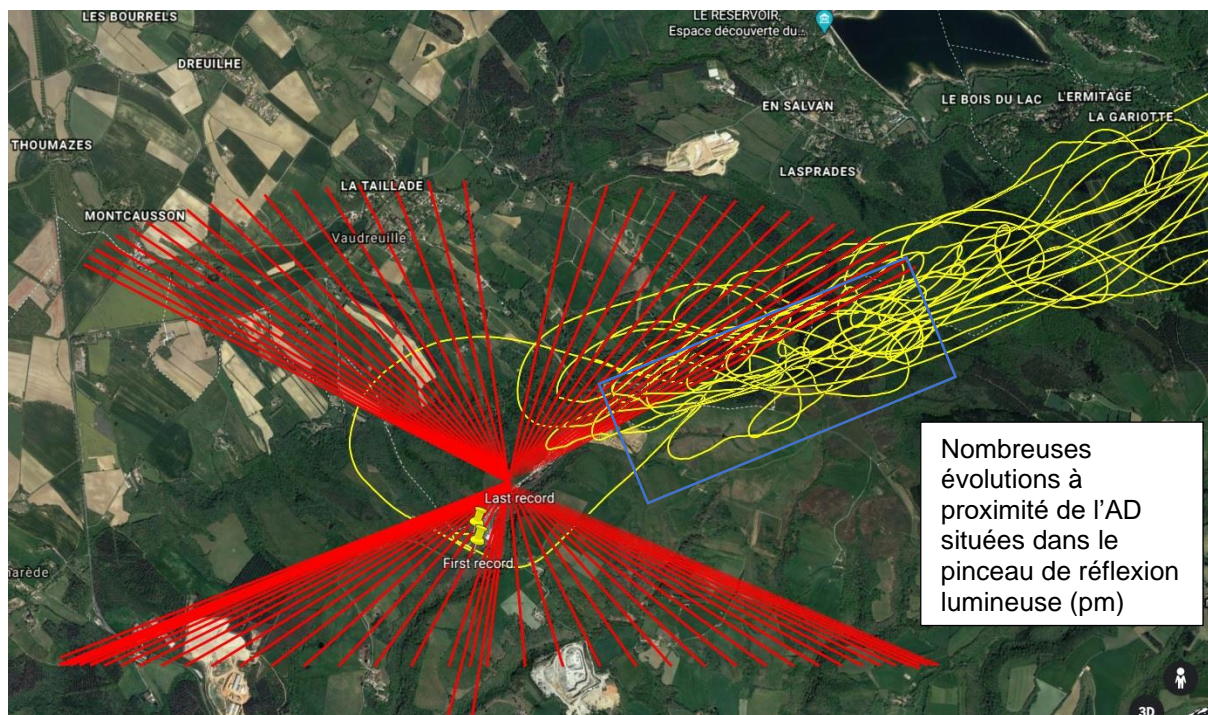


Figure 11 : Exemples de trajectoires en vol de pente.

Lors d'évolutions en vol de pente, les planeurs peuvent évoluer à la verticale de l'aérodrome, et à une altitude de 500 à 1000m ou plus.

Cette zone semblerait être exposée à des rayons réfléchis par les panneaux solaires, à toutes les saisons, dès le milieu de journée.

Durant cette phase, le pilote peut observer l'aérodrome et la manche à air pour préparer son atterrissage, suivant un angle de vue  $< 30^\circ$  par rapport aux rayons réfléchis par les panneaux.

Cela risque de gêner les pilotes, dans une phase où une attention très forte doit être portée à la surveillance des trafics extérieurs (nombreux planeurs dans la même zone).

## 5.10 PLANEUR – BASE 03 G

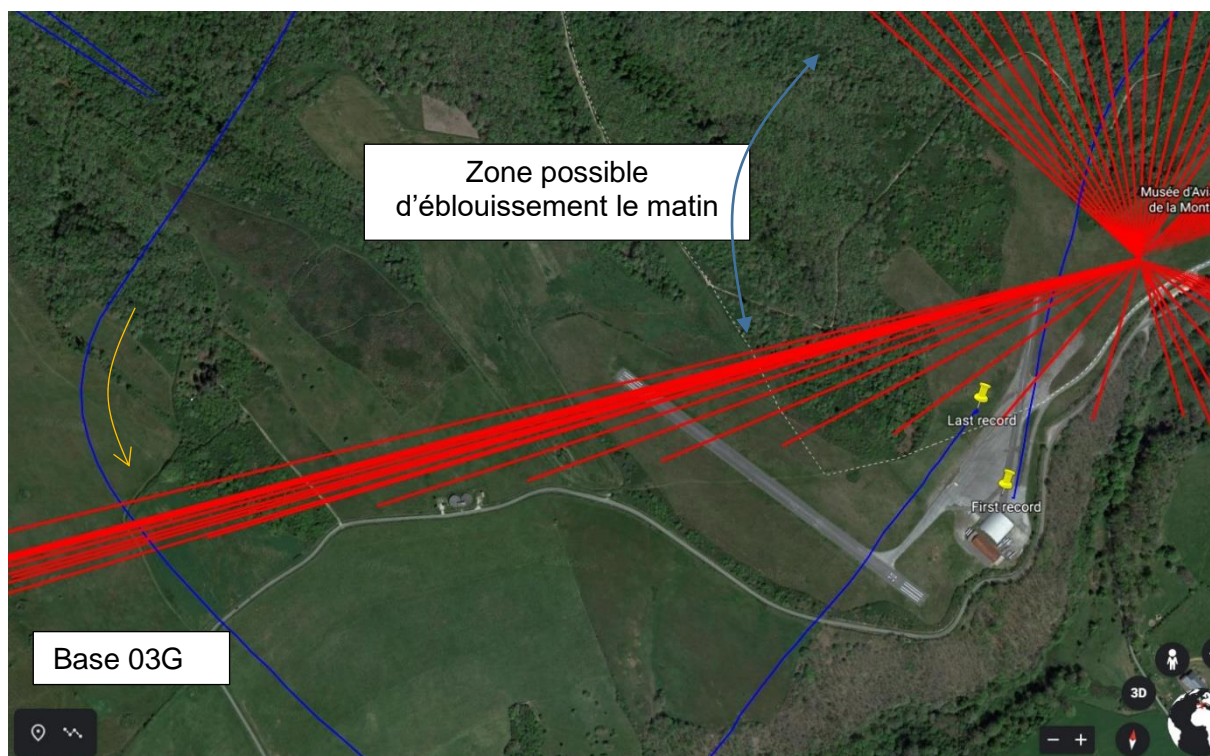


Figure 12 : Exemple de trajectoire approche planeur 03.

Lors d'étape de base 03, le planeur évolue à environ 1.2km à l'Ouest de l'aérodrome, et à une altitude de 650 à 600m.

Cette zone pourrait être exposée à des rayons réfléchis par les panneaux solaires, essentiellement l'été, le matin, à des angles d'incidences forts ( $>60^\circ$ ; pour lesquelles l'intensité du rayon réfléchi est forte).

Durant cette phase, le pilote observe l'aérodrome et la manche à air, suivant un angle de vue  $<30^\circ$  par rapport aux rayons réfléchis par les panneaux

Cette phase d'approche d'un planeur n'a pas été évalué dans le dossier.

## 5.11 ROULAGE DEPUIS LE MUSÉE / ATELIER

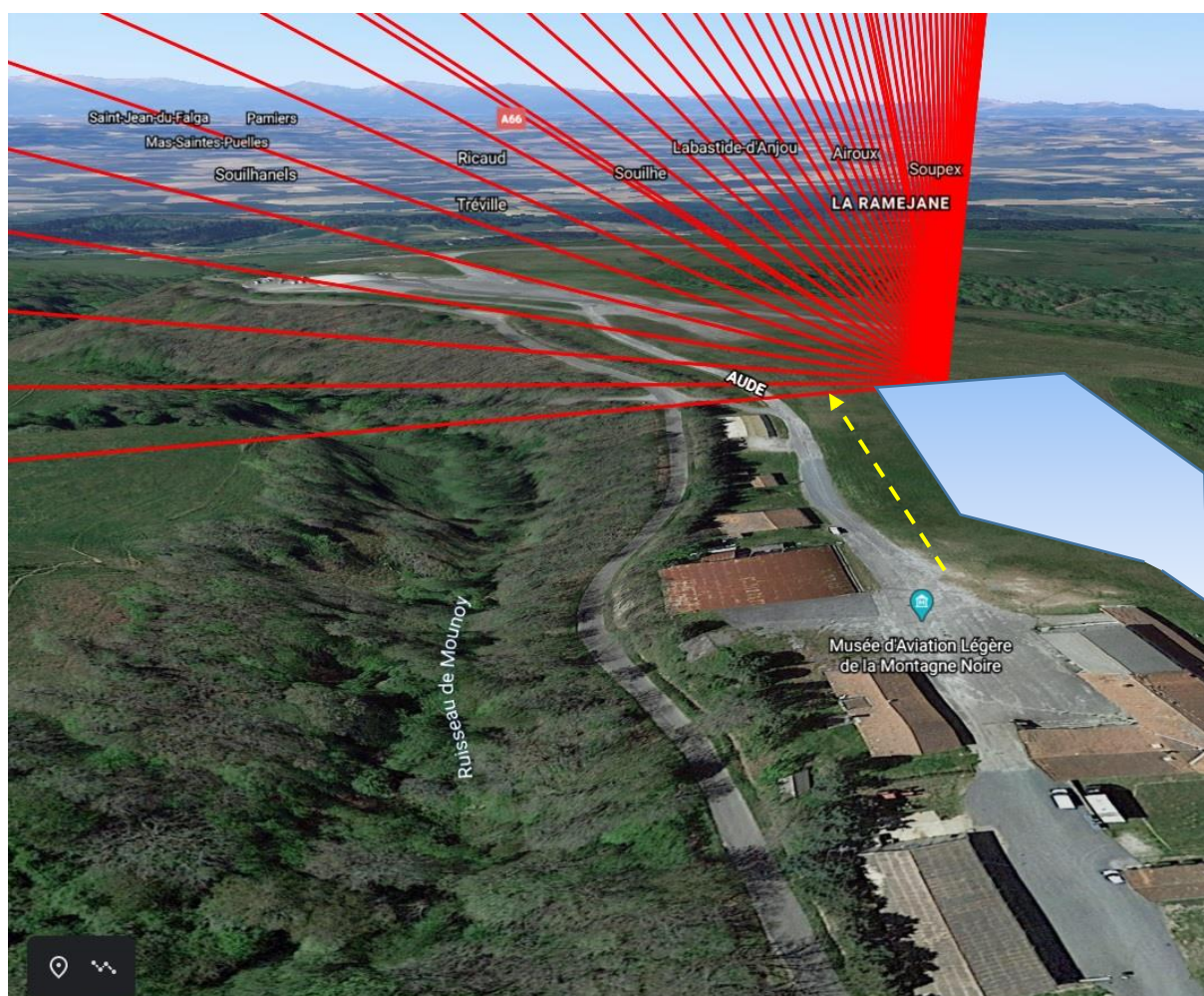
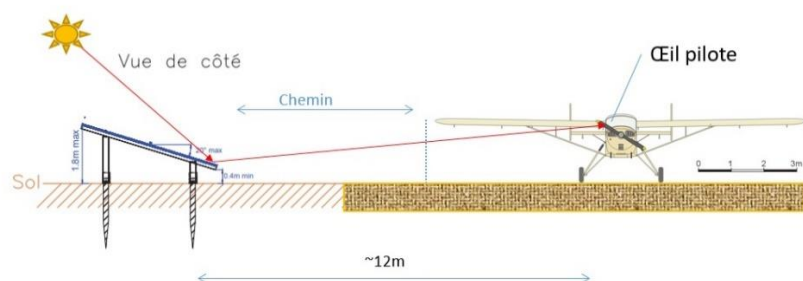


Figure 13 : Cheminement roulage depuis le musée / atelier

Lors du roulage depuis le musée ou l'atelier, à proximité immédiate de l'implantation envisagée des panneaux solaires, on note un risque d'éblouissement par la droite en fin de journée.

Dans le même temps, l'espace disponible a été excessivement réduits (couloir de 25m de large), aussi la sécurité du roulage pourrait être affectée.



Ce critère, pourtant rappelé dans la notice de la DGAC [1] à propos des installations photovoltaïques : « leur installation ne doit pas gêner : [...] - les pilotes lors de la circulation des aéronefs au sol. », n'a pas été évalué dans le dossier.

## 5.12 TOUS AÉRONEFS – ATERRISSAGE 12

Traité par l'analyse Solais portée au dossier [8]

Les pentes d'approche à 3,5 et 6° ne correspondent pas nécessairement à une pente planeur.

A fortiori dès lors qu'un vent d'autan (sud-ouest), même faible est installé, car il génère un courant descendant tel que le planeur (ou l'avion) doit se présenter avec une très forte pente pour rejoindre la piste. Cet atterrissage particulier se situerait dans la zone de réflexion des rayons solaires le matin.

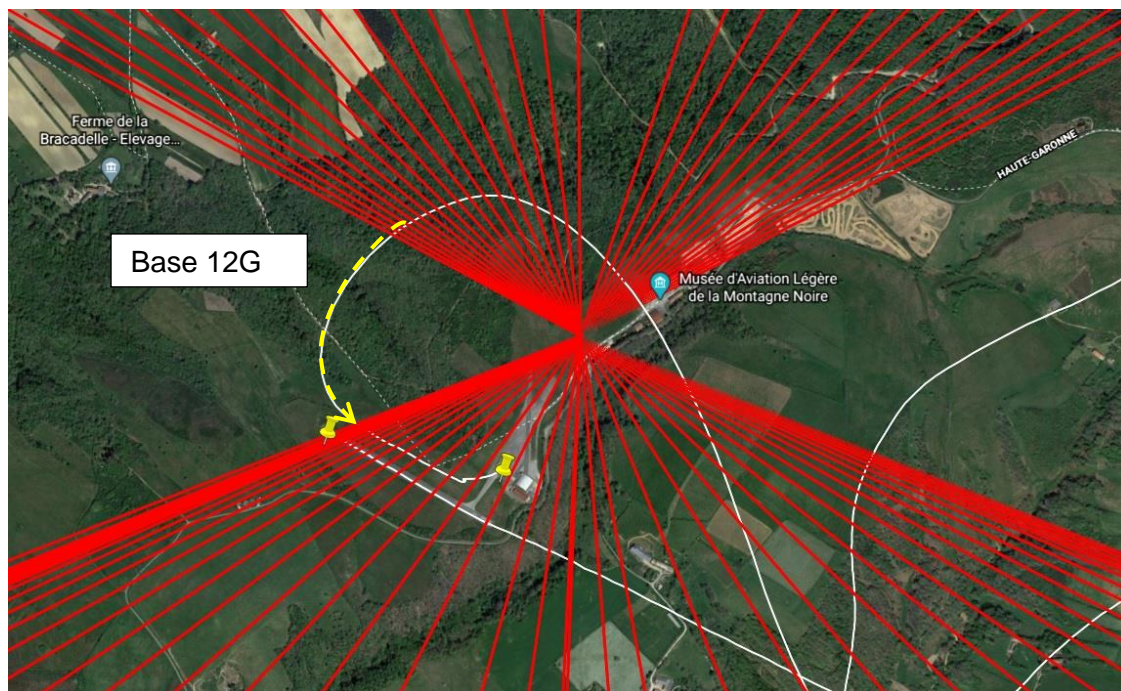


Figure 14 : trajectoire atterrissage 12 par vent d'autan (HC 15/10/2017)

## 6. RESUMÉ

Le risque d'éblouissement causé par les installations de panneaux solaires à proximité des aérodromes est reconnu. L'évaluation de ce risque suivant les normes ne prenant en compte que des trajectoires standards, ne semble pas suffisant pour couvrir l'utilisation réelle de l'aérodrome.

Ainsi, il a été identifié des risques d'éblouissement des pilotes avions et planeurs pour l'utilisation réelle de l'aérodrome de la Montagne Noire.

Une analyse complémentaire de ces risques semble nécessaire afin que les pouvoirs publics puissent apporter un avis sur la gêne potentielle qui serait réellement perçue par les usagers.

# ATERRISSAGE A VUE Visual landing

Usage restreint  
Restricted use

**MONTAGNE NOIRE**  
AD2 LFMG ATT 01

08 MAY 08

  CABLE	<b>ALT AD : 1468 (53 hPa)</b> LAT : 43 24 23 N LONG : 001 59 21 E	<b>LFMG</b> VAR : 1°W (05)
---	---	-------------------------------

APP : NIL

TWR : NIL

A/A : 134.150 (FR seulement/ only)

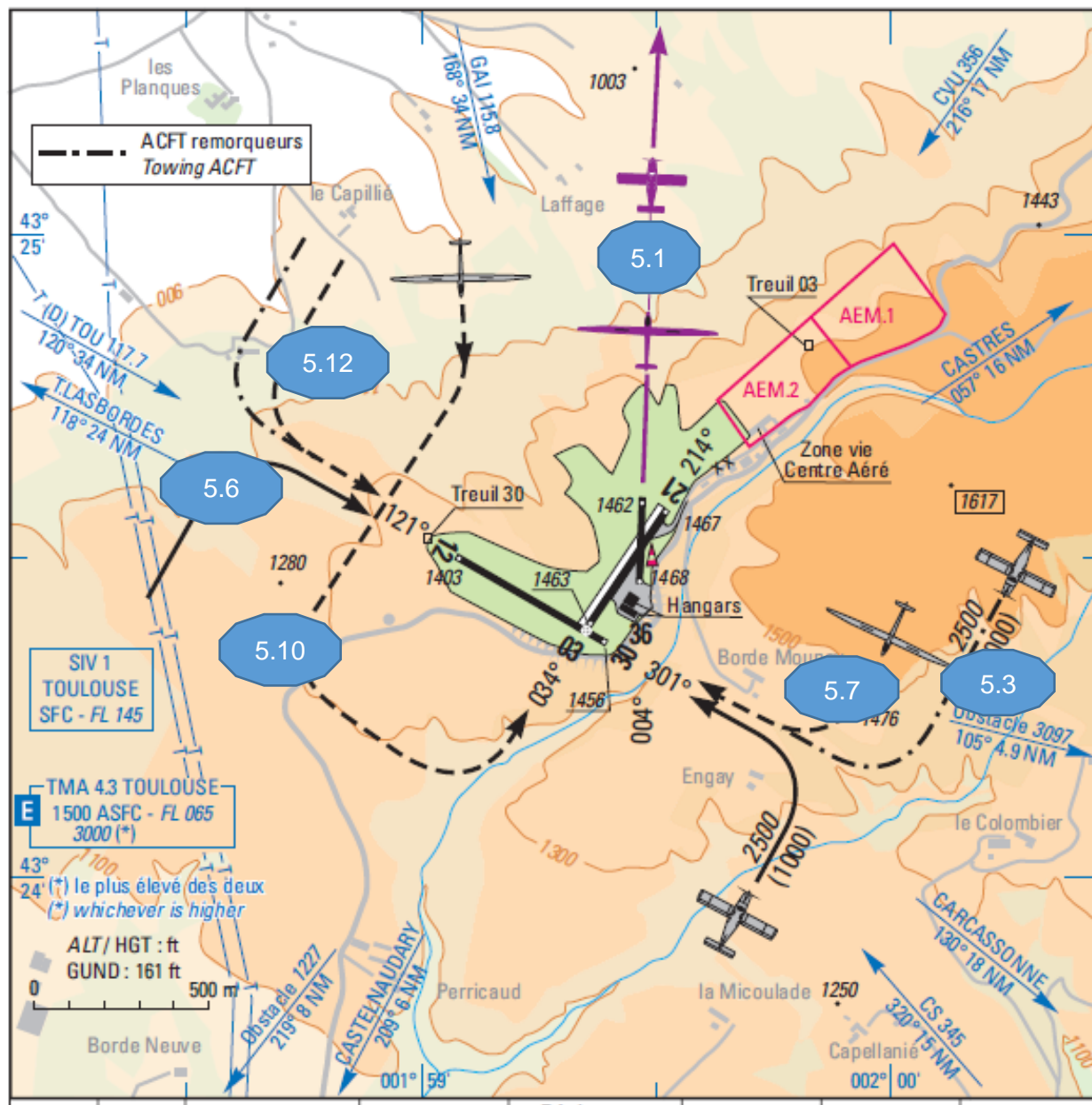


Figure 15 : carte VAC + numéros paragraphes exposant le risque éblouissement