

Compatibilité du projet de Parc éolien des Nourots (PEN) avec le Radar compensatoire d'Arcis

Vince Savage
QINETIQ/25/04803/2
Novembre 2025

Les demandes d'utilisation plus large ou de publication doivent être adressées à :

Vince Savage vincent.savage@qinetiq.com
Jon Ellis jonathan.ellis@qinetiq.com

Toute traduction de ce document à partir de l'anglais doit se faire dans sa globalité pour en maintenir la cohérence et le contexte. Afin d'éviter toute ambiguïté, la version anglaise doit accompagner la version traduite en tant que document de référence technique.

Sommaire

1	Introduction (Janvier 2025)	3
1.1	Cadre	Erreur ! Signet non défini.
1.2	Présentation générale	Erreur ! Signet non défini.
1.3	Projet de parc éolien des Nourots	4
1.4	Autres parcs éoliens	4
1.5	Acceptabilité	5
2	Occultation du radar principal (janvier 2025)	6
3	Compensation par RCM	7
3.1	Ligne de visée du radar compensatoire (LOS)	7
3.2	Couverture (BOC) du radar compensatoire	8
4	Résumé	Erreur ! Signet non défini.
5	Références	12
A	Terminologie pour les radars compensatoires	13

1 Introduction (Janvier 2025)

1.1 Cadre

Le présent rapport évalue la faisabilité de l'atténuation du projet de parc éolien des Nourots (PEN) par un radar compensatoire (CR)

Il est supposé que le lecteur connaît les impacts des aérogénérateurs sur les radars météo, la législation de protection [1] et la réglementation des radars compensatoires [2]. La terminologie et les abréviations se rapportant aux radars compensatoires sont résumées dans l'Annexe A du présent rapport.

1.2 Présentation générale

Nouvergies porte le projet de développement de PEN dans la zone d'éloignement (ZE) du radar météorologique d'Arcis. Les impacts sur le radar ne seront probablement pas acceptables selon les termes de la législation de protection [1]. L'installation d'un radar compensatoire (CR) permettrait de lever cette contrainte pesant sur le projet, comme indiqué dans [1]. Les conditions techniques et opérationnelles des radars compensatoires sont décrites dans la réglementation [2].

La solution de Radar Compensatoire de Morvilliers (RCM) a été approuvée pour le radar d'Arcis. La solution comprend deux radars identiques X-band (environ 10GHz) – RCM1 et RCM2 – distants d'environ 10 mètres. Deux radars sont utilisés pour éviter toute perte de donnée si l'un des radars n'est pas opérationnel.

1.3 Projet de parc éolien des Nourots (PEN)

La définition la plus récente du projet de PEN, "PEN_17NOV25A", est résumée dans le Tableau 1-1.

ID	Position WGS84 (degrés)		Dimensions (m)		
	Latitude	Longitude	Type	Hauteur de moyeu	Diamètre du rotor
E1	48.466668	4.440887	V136	97	136
E2	48.473680	4.441742	V136	112	136
E3	48.471176	4.447339	V136	97	136
E4	48.477627	4.449957	V136	106	136
E5	48.476122	4.455592	V136	97	136
E6	48.474139	4.466930	V136	97	136

Tableau 1-1: Définition du projet PEN_17NOV25A

1.4 Autres parcs éoliens

Les autres projets dans la zone d'exclusion (ZE) du radar principal (MR) d'Arcis sont illustrés dans la Figure 1-1. Les turbines existantes et les autres turbines proviennent de la base de données de QinetiQ de Novembre 2025. Le projet de parc éolien Parc éolien des Grandes Voies (PEGV), « PEGV_17NOV25A », est également pris en compte, comme défini dans le Tableau 1-2.

ID	Position WGS84 (degrés)		Dimensions (m)		
	Latitude	Longitude	Type	Hauteur de moyeu	Diamètre du rotor
E1	48.465817	4.394136	V163	118.5	163
E2	48.459295	4.386859	V163	118.5	163

Tableau 1-2: Définition du projet PEGV_17NOV25A

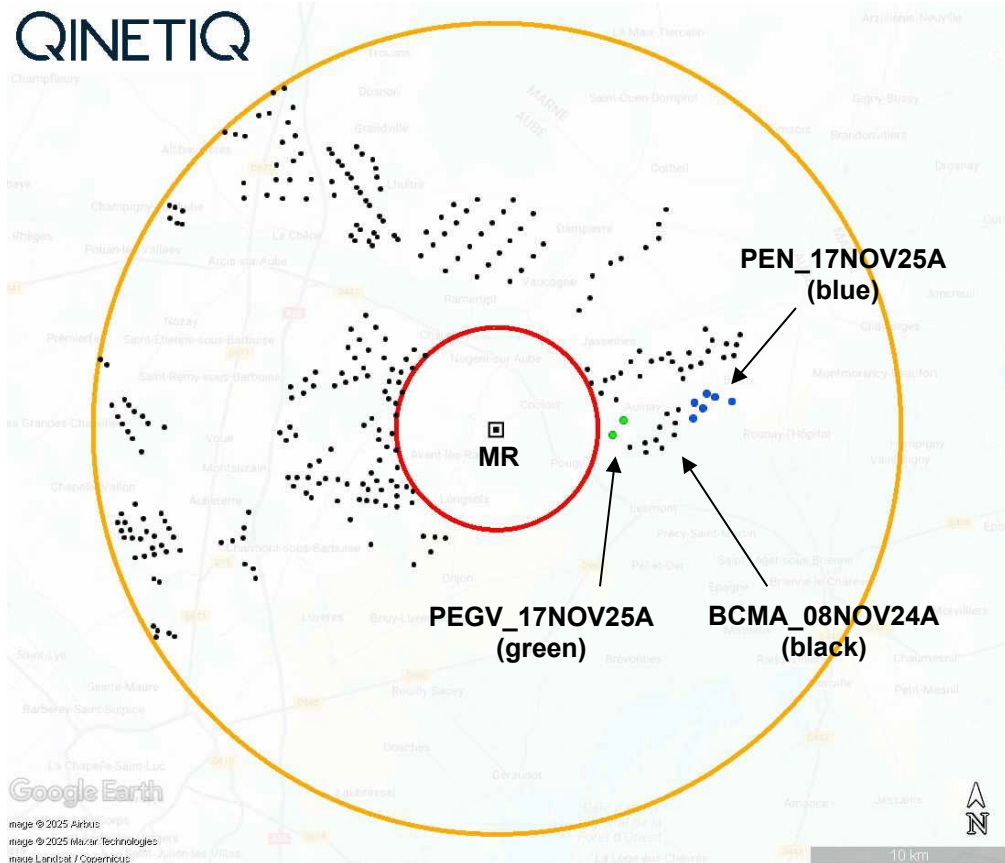


Figure 1-1: Turbines existantes et projetées (points noir/vert/bleu); MR = carré blanc, ZP = ligne rouge; ZE = ligne orange

1.5

Acceptabilité

Conformément à la législation, l'impact d'un projet de parc éolien est contrebalancé par un radar compensatoire aux normes si les conditions suivantes sont réunies :

1. Occultation^A du radar principal de 10 % ou moins dans le secteur contenant le projet de turbines ;
2. Tous les projets d'installation de nouveaux aérogénérateurs sont au-delà de la ligne de visée du radar compensatoire (CR LOS) ;
3. La couverture (BoC) du CR est inférieure à 1 400 m au droit de la zone d'impact (ZI) de l'implantation de projet de parc éolien.

Ces trois critères sont développés dans les trois sections suivantes.

^A Le radar compensatoire atténue uniquement la zone d'impact (écho radar indésirables causés par les turbines). Le radar compensatoire n'atténue pas l'impact à longue distance de l'occultation (réduction indésirable de la force du signal derrière les turbines)

2 Occultation du radar principal

L'impact de l'occultation du projet et des autres parcs éoliens est reporté dans la Figure 2-1. L'impact sur l'angle de balayage d'élévation le plus faible du radar principal est indiqué. L'impact à des angles de balayage supérieurs est moins important, et n'est donc pas retenu. Aucune turbine n'existe dans ce secteur : les seuls autres parcs éoliens projetés du secteur sont BCMA1 et PEGV_17NOV25A.

Le pourcentage d'impact maximum est inférieur à 10 % pour tous les relèvements affectés par un projet de turbine pour PEN_17NOV25A. Par conséquent, le projet est acceptable du point de vue de l'occultation.

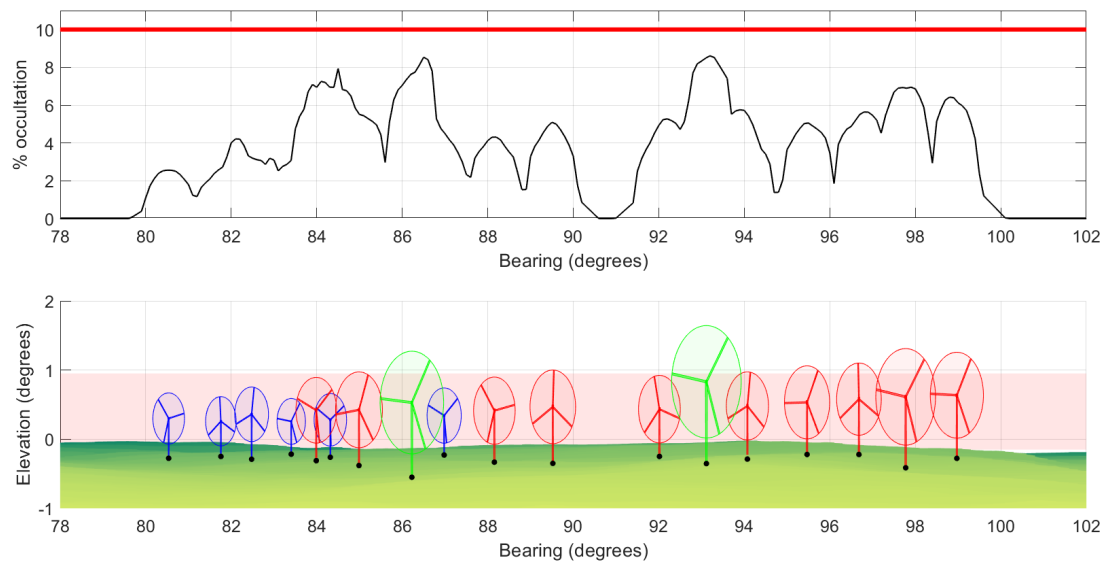


Figure 2-1: L'occultation dans le secteur contenant les projets de parc éoliens de BCMA_08NOV24A (rouge), PEGV_17NOV25A (vert) et PEN_17NOV25A (bleu); haut = impact d'occultation (%); bas = vue radar. Polygone rose = volume atmosphérique illumine par le radar principal au cours d'un balayage horizontal complet à l'angle de balayage d'élévation le plus bas

3 Compensation par RCM

3.1 Ligne de visée (LOS) du radar compensatoire

La hauteur de LOS depuis RCM1 vers le radar principal d'Arcis (MR) ZE est indiquée en Figure 3-2. Toutes les turbines du projet de PEN sont dans une zone bleu foncée où les turbines de 200m ou plus sont complètement en dehors de la LOS du radar. La hauteur maximum de turbine de PEN est de 180m. Ainsi, les turbines proposées respectent entièrement la condition R4 [2]. La donnée correspondante pour RCM2 est indiquée en Figure 3-2; la même conclusion s'applique.

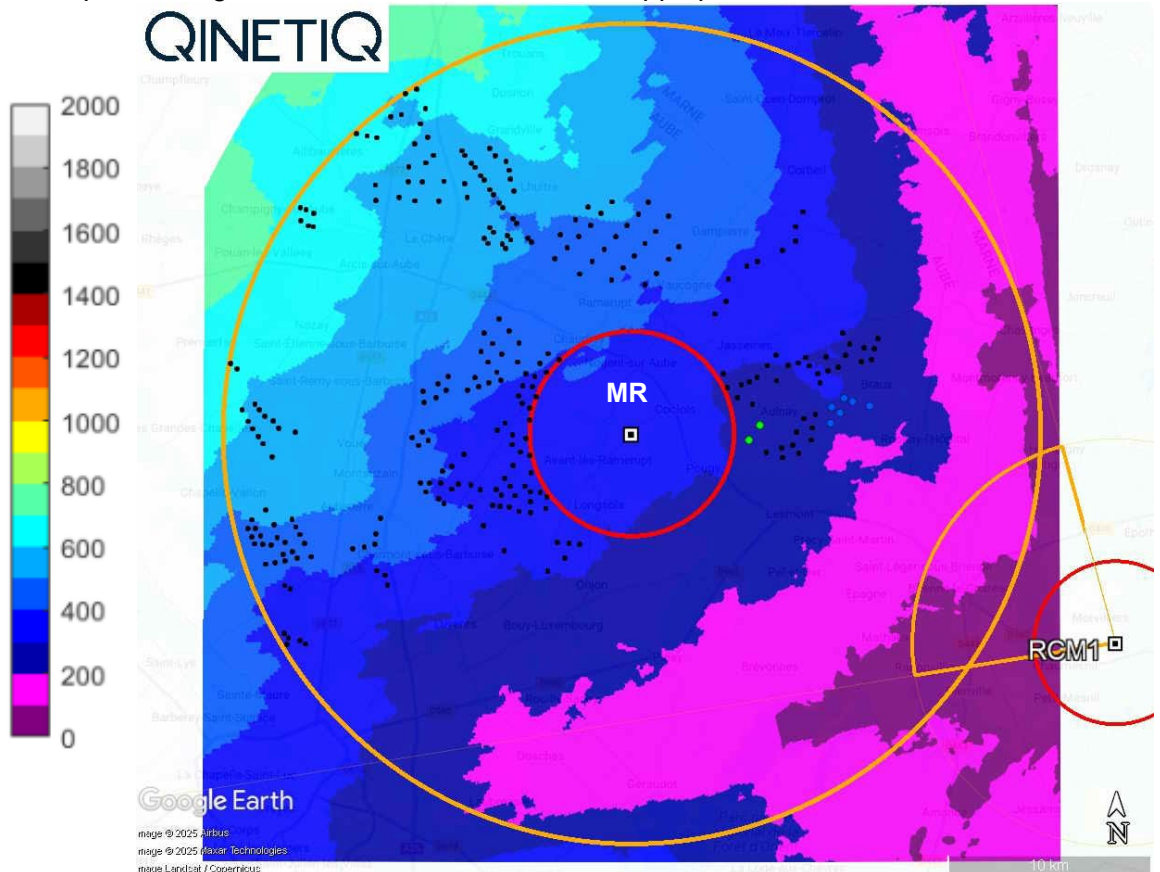


Figure 3-1: Hauteur à la LOS radar (m AMSL) de RCM1

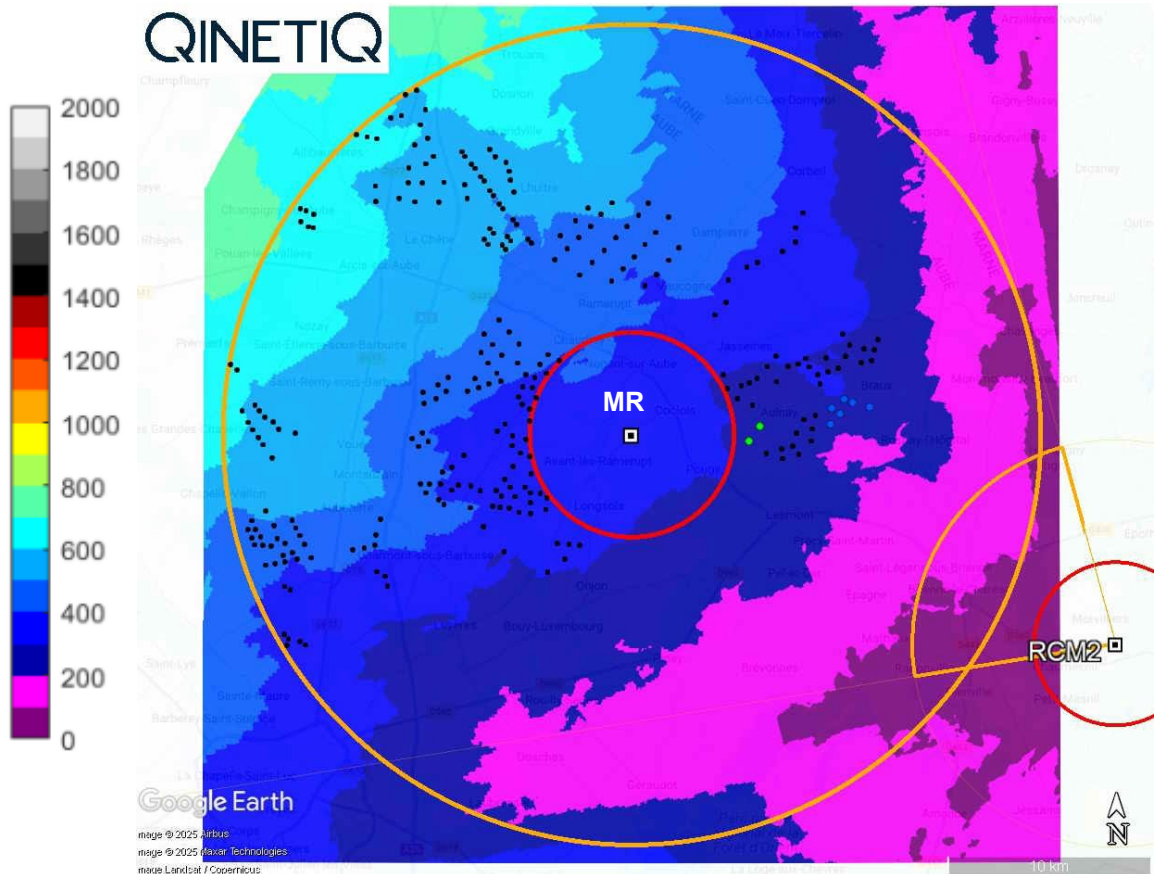


Figure 3-2: Hauteur à la LOS radar (m AMSL) de RCM2

3.2 Couverture (BOC) du radar compensatoire

La BOC de RCM1 à l'intérieur de la Zone d'Exclusion du radar principal (MR ZE) est indiquée en Figure 3-3. Toutes les Zones d'Impact (ZI) du MR sont dans une zone où la BO est de 1400m ou moins. Ainsi, les turbines du projet de PEN respectent entièrement le critère R5 [2]. La donnée correspondante pour RCM2 est indiquée en Figure 3-4; la même conclusion s'applique.

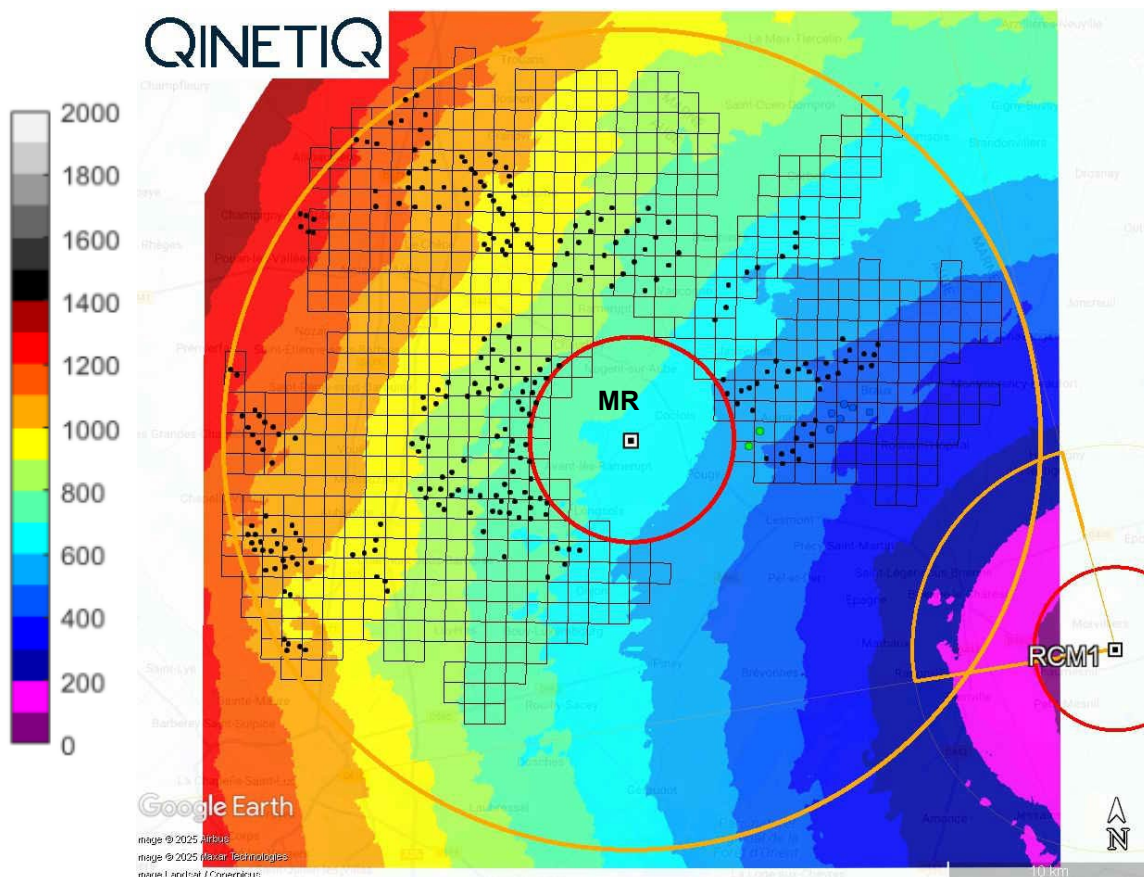


Figure 3-3: BOC de RCM1 (m AMSL); cellules grises = MR ZI

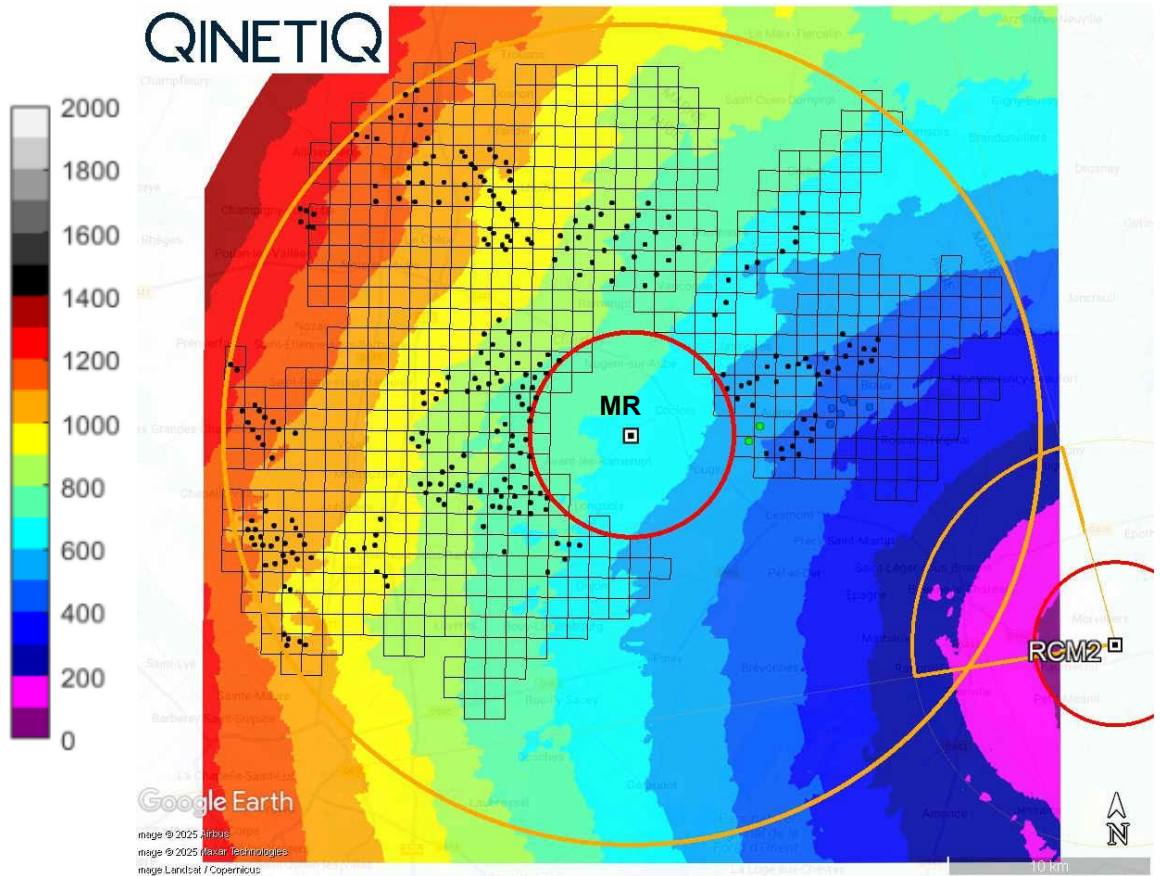


Figure 3-4: BOC de RCM2 (m AMSL); cellules grises = MR ZI

4 Résumé

Nouvergies souhaite développer le parc éolien de PEN, « PEN_17NOV25A », dans la zone d'éloignement (ZE) du radar météorologique d'Arcis. Les impacts sur le radar ne seront probablement pas acceptables selon les termes de la législation de protection. Les projets peuvent potentiellement être compensés en utilisant une solution avec radar compensatoire (CR).

Une analyse a été menée sur l'acceptabilité du projet de PEN avec la solution validée de RCM, intégrant d'autres projets éoliens, ainsi que les projets de PEGV et BCMA qui ont un impact cumulatif dans le secteur comprenant PEN. Les conclusions principales sont résumées dans le Tableau 4-1.

Critères	Conclusion de l'évaluation
1. Occultation du radar principal de 10 % ou moins dans le secteur contenant le projet de turbines	Valide (cf. Figure 2-1)
2. Tous les projets de turbines sont en dehors de la ligne de visée du radar compensatoire	Valide (cf. Figure 3-1 et Figure 3-2)
3. La couverture (BoC) du CR est inférieure à 1 400 m au droit de la zone d'impact (ZI) de l'implantation de projet de parc éolien	Valide (cf. Figure 3-3 et Figure 3-4)

Table 4-1: Acceptabilité de PEN_17NOV25A

5 Références

- [1] Legifrance, *Arrêté du 10 décembre 2021 modifiant l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement*, TREP2136555A, URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044516558>
- [2] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, *Décision radars compensatoires*, 5 December 2023, URL: <https://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/documents/Bulletinofficiel-0033263/TREP2325494S.pdf>
- [3] Radeol, URL: www.radeol.fr

A Terminologie pour les radars compensatoires

Les définitions des termes utilisés dans ce rapport figurant dans le Tableau A-1. Les zones et les secteurs sont illustrés dans la Figure A-1.

Topic	Abbreviation	Expansion
Radar	MR	Radar principal (objet de la compensatoire)
	CR	Radar compensatoire
Bénéficiaires	BSI	bénéficiaires secondaires initiaux
	BPI	bénéficiaire principal initial
	BI	bénéficiaires initiaux (= BSI + BPI)
Zones radar **	CR-ZP	Zone de protection du radar compensatoire (ZP)
	CR-ZE-Eff*	zone d'éloignement (ZE) effective du radar compensatoire (secteur minimal d'atténuation des parcs éoliens existants et bénéficiaires initiaux)
	CR-ZE-Max*	zone d'éloignement (ZE) maximale du radar compensatoire (secteur le plus étendu où le radar compensatoire atténue potentiellement les effets futurs des turbines)
	MR-ZE	zone d'éloignement (ZE) du radar principal
	MR-ZP	zone de protection (ZP) du radar principal
Secteurs	SEC-CR-ZE-Eff	Le secteur défini par les angles min/max de CR-ZE-Eff
	SEC-CR-ZE-Max	le secteur défini par les angles min/max de CR-ZE
Zones d'impact	CR-ZI	la ZI dans CR ZE
	MR-ZI	la ZI dans MR-ZE (pas d'atténuation par radar compensatoire)
	MR-ZI-R	MR ZI résiduelle (après atténuation par radar compensatoire)
Autre	BoC	base de couverture (voir la figure A-2)
	BW	largeur du faisceau d'antenne (à une puissance de -3 dB)
	H _{MAX}	hauteur maximale de l'aérogénérateur
	HTLOS	hauteur dans la ligne de visée (voir la figure A-2)
	LOS	ligne de visée (voir la figure A-2)
	MW	mégawatts (puissance nominale de la turbine)
	MSA	angle de balayage minimal (degrés)
	OCC	occultation
	SS	sites sensibles
	ZI	zone d'impact

Tableau A-1 : Terminologie utilisée dans les évaluations des radars compensatoires (remarque : tous les termes ne sont pas utilisés dans cette évaluation) ; * = une zone est (généralement) un secteur et

non pas un cercle fermé sur 360° ** Rayon de ZP = 10/5/4 km pour les radars en bande S/C/X ; rayon ZE = 30/20/10 km pour les radars en bande S/C/X

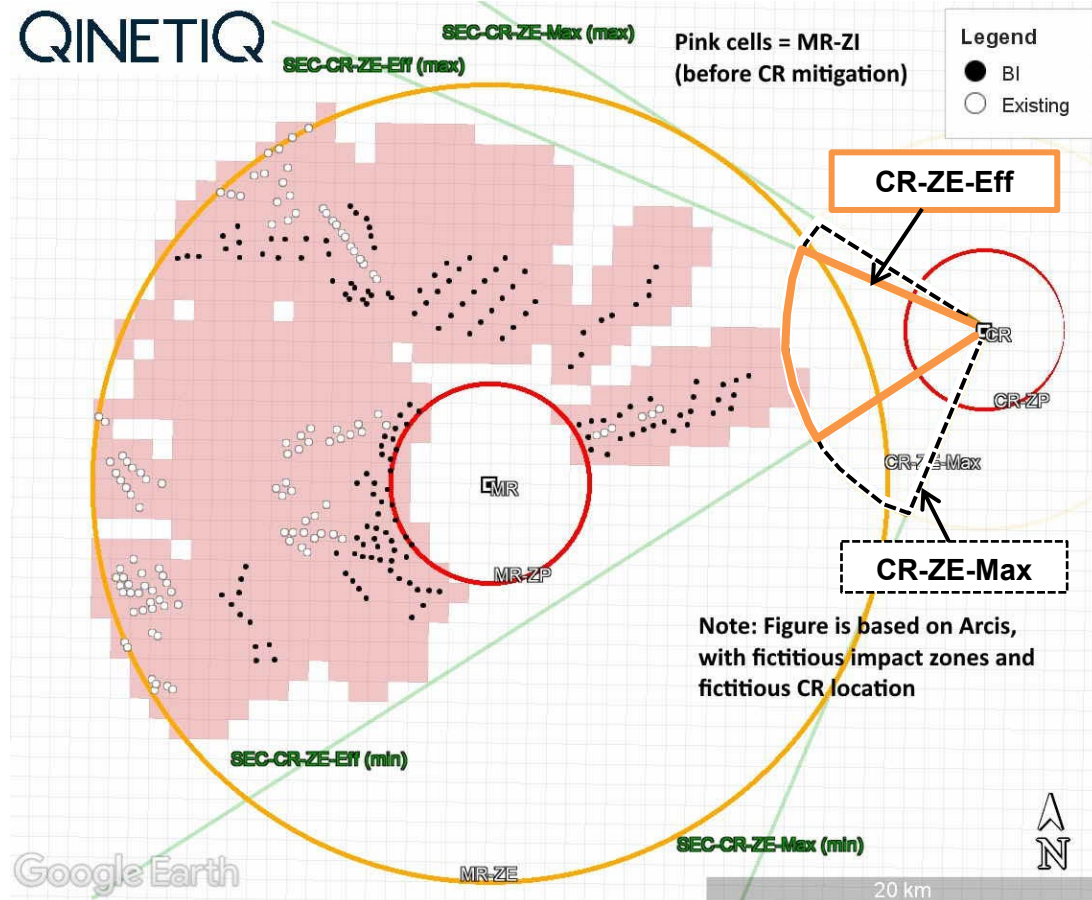


Figure A-1: Secteurs et zones ; le chiffre est basé sur Arcis, mais l'emplacement du radar compensatoire et des zones d'impact est fictif

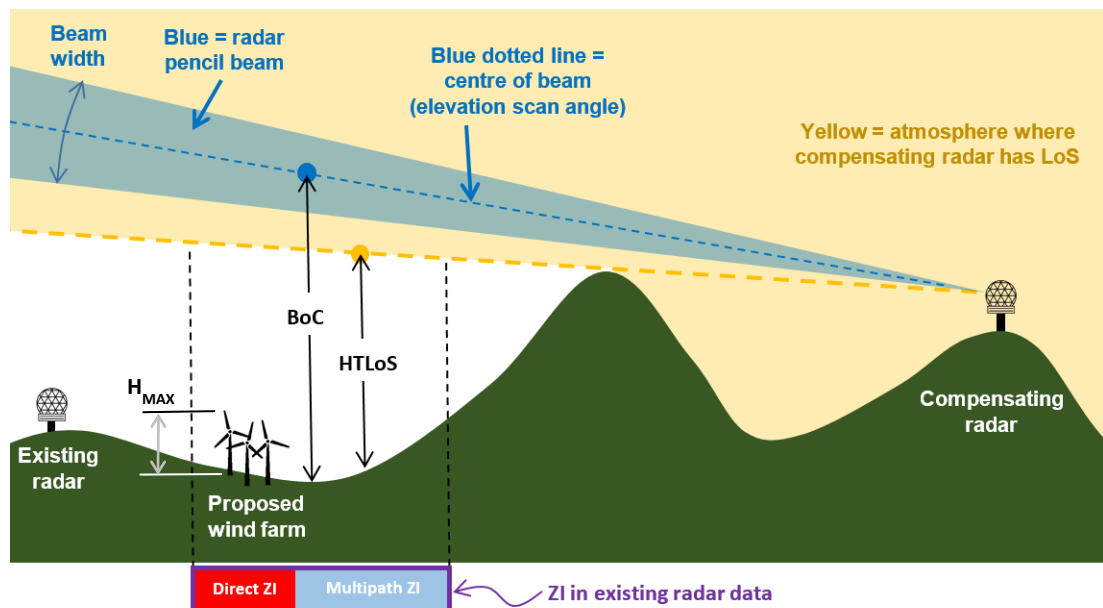


Figure A-2 Définition de la hauteur par rapport à la ligne de visée radar (HTLOS) et la couverture (BOC)

Compatibility of the Proposed PEN Wind Farm with Arcis RCM

Vince Savage
QINETIQ/25/04804/2
November 2025

Requests for wider use or release must be sought from:

Vince Savage vincent.savage@qinetiq.com
Jon Ellis jonathan.ellis@qinetiq.com

Should this document be translated into any language other than English, it should be translated in its entirety to maintain integrity and context. For the avoidance of doubt, the English version should also always be provided as the technical source document with any translated version.

List of contents

1	Introduction (January 2025)	3
1.1	Scope	3
1.2	Background	3
1.3	Proposed PEN wind farm	4
1.4	Other wind farms	4
1.5	Acceptability	5
2	MR Occultation (January 2025)	6
3	RCM Mitigation	7
3.1	LOS	7
3.2	BOC	8
4	Summary	11
5	References	12
A	CR Terminology	13

1 Introduction

1.1 Scope

This report evaluates the feasibility of mitigating the proposed Projet Éolien des Nourots (PEN) wind farm with compensating radar (CR).

It is assumed the reader is familiar with the impacts of wind turbines on weather radars, the safeguarding legislation [1], and the legislation for CR [2]. CR terminology and abbreviations are summarised in Annex A of this report.

1.2 Background

Nouvergies intends to develop the PEN wind farm inside the zone d'éloignement (ZE) of the Arcis weather radar. The impacts on the radar are likely to be unacceptable, as determined by the safeguarding legislation [1]. The project can potentially be mitigated using a CR solution as described in [1]. The CR technical and operational requirements are described in the legislation [2].

The radar Compensatoire de Morvilliers (RCM) solution has been approved for the Arcis radar. The solution comprises two identical X-band (approximately 10GHz) radars – RCM1 and RCM2 – separated by approximately ten metres. Two radars are used to safeguard against loss of data provision if one of the radars is not operational.

1.3 Proposed PEN wind farm

The latest PEN project definition, “PEN_17NOV25A”, is summarised in Table 1-1.

ID	WGS84 location (degrees)		Dimensions (m)		
	Latitude	Longitude	Type	Hub height	Rotor diameter
E1	48.466668	4.440887	V136	97	136
E2	48.473680	4.441742	V136	112	136
E3	48.471176	4.447339	V136	97	136
E4	48.477627	4.449957	V136	106	136
E5	48.476122	4.455592	V136	97	136
E6	48.474139	4.466930	V136	97	136

Table 1-1: PEN_17NOV25A project definition

1.4 Other wind farms

Other wind turbines inside the Arcis MR ZE are shown in Figure 1-1. Existing and other proposed turbines are taken from the November 2025 QinetiQ database. The proposed Projet Éolien des Grandes Voies (PEGV) wind farm, “PEGV_17NOV25A”, is also taken into account, as defined in Table 1-2.

ID	WGS84 location (degrees)		Dimensions (m)		
	Latitude	Longitude	Type	Hub height	Rotor diameter
E1	48.465817	4.394136	V163	118.5	163
E2	48.459295	4.386859	V163	118.5	163

Table 1-2: PEGV_17NOV25A project definition

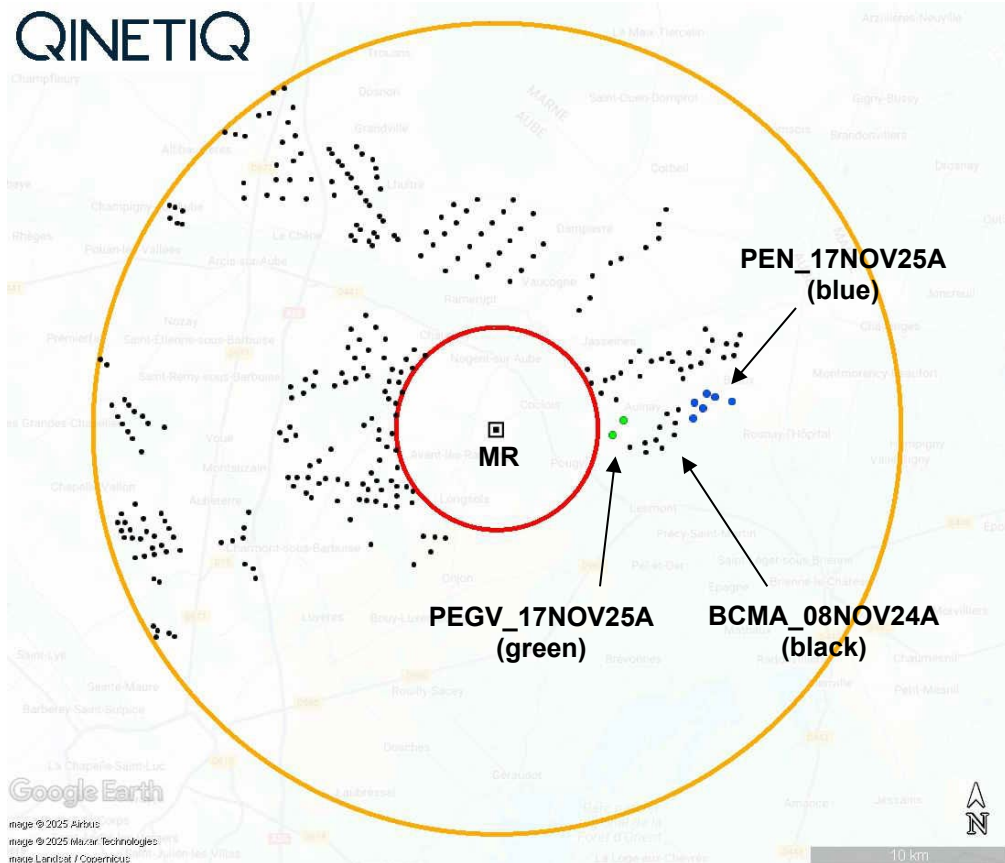


Figure 1-1: Existing and Proposed turbines (black/green/blue dots); MR = white square, ZP = red line; ZE = orange line

1.5 Acceptability

Following the legislation, a proposed wind farm is fully mitigated by a CR if the following requirements are respected:

1. MR occultation^A 10% or less in the sector containing the proposed turbines;
2. All proposed turbines out of CR LOS;
3. CR BOC 1400m AGL or less above the proposed wind farm ZI.

The three requirements are discussed in the following three sections.

^A CR only mitigates the zone d'impact (unwanted radar echoes from turbines). CR does not mitigate the long-distance impact of occultation (unwanted reduction in signal strength behind turbines)

2 MR Occultation

The occultation impact from the proposed PEN_17NOV25A and other wind farms is shown in Figure 2-1. The impact in the lowest MR elevation scan angle is shown. The impact at higher scan angles is less and so is not shown. There are no existing turbines in this sector, the only other proposed wind farms in the sector are BCMA1 and PEGV_17NOV25A.

The maximum percentage impact is less than 10% in any bearing containing a proposed PEN_17NOV25A turbine. Accordingly, the project is acceptable with respect to occultation.

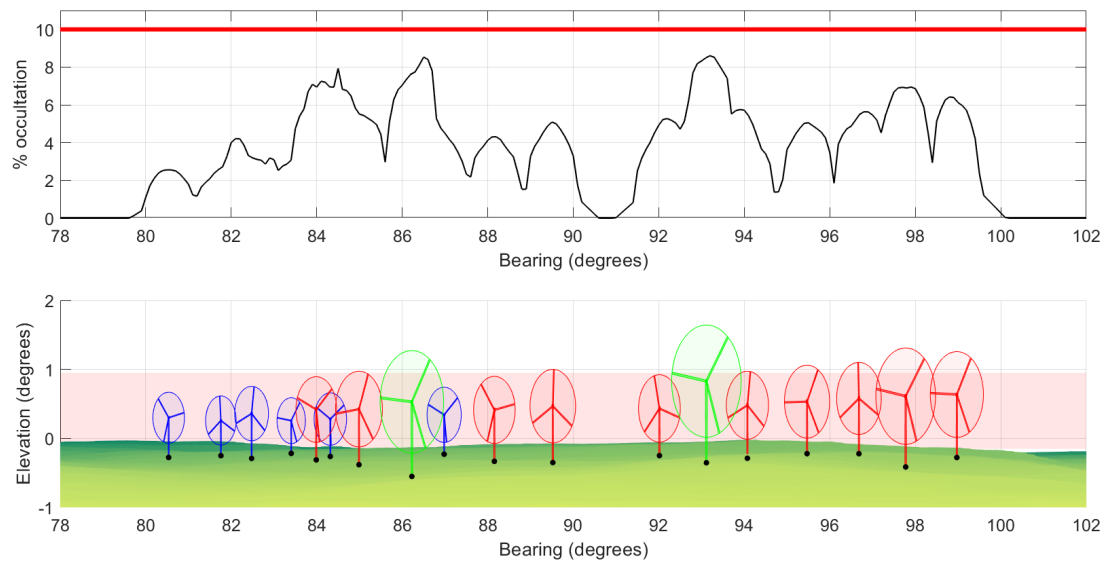


Figure 2-1: Occultation in the sector containing the proposed BCMA_08NOV24A (red), PEGV_17NOV25A (green) and PEN_17NOV25A (blue) wind farms; top = occultation impact (%); bottom = radar view. Pink polygon = volume of atmosphere illuminated by the MR in one complete horizontal scan at lowest elevation scan angle

3 RCM Mitigation

3.1 LOS

The height to LOS from RCM1 inside the Arcis main radar (MR) ZE is shown in Figure 3-2. All proposed PEN turbines are in a dark blue area where turbines 200m or larger are fully out of radar LOS. The maximum PEGV turbine height is 180m. Accordingly, the proposed turbines fully respect requirement R4 [2]. The corresponding data for RCM2 is shown in Figure 3-2; the same conclusion applies.

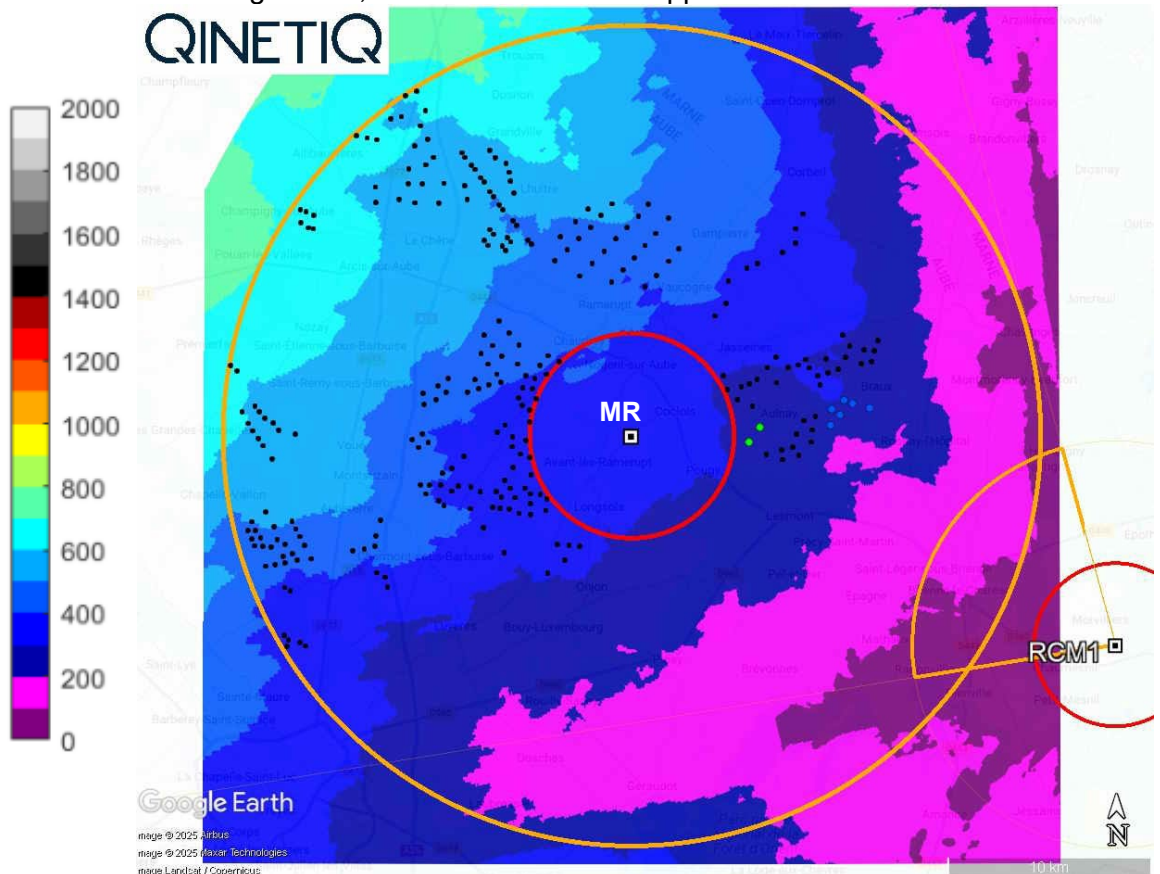


Figure 3-1: RCM1 height to radar LOS (m AMSL)

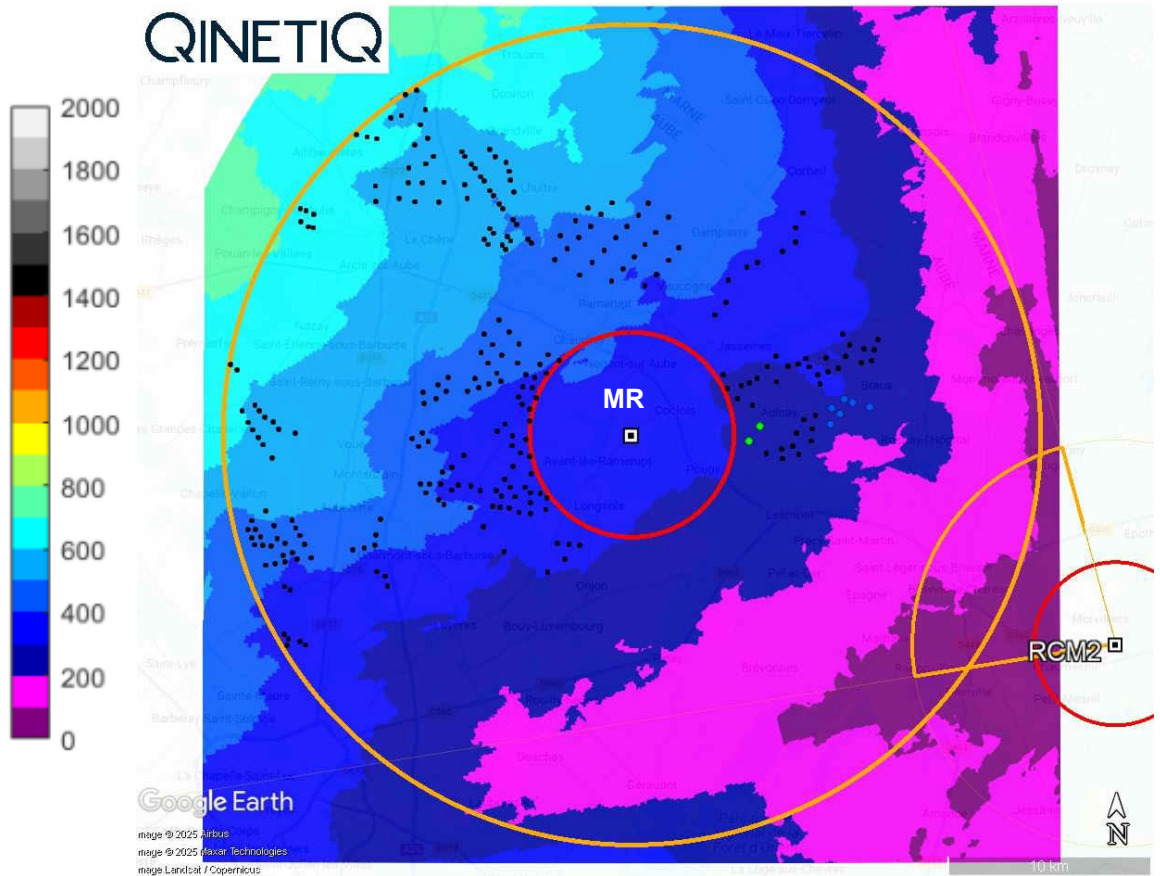


Figure 3-2: RCM2 height to radar LOS (m AMSL)

3.2

BOC

The RCM1 BOC inside the MR ZE is shown in Figure 3-3. All MR ZI cells are in area where the BOC is 1400m or less. Accordingly, the proposed PEN wind turbines fully respect requirement R5 [2]. The corresponding data for RCM2 is shown in Figure 3-4; the same conclusion applies.

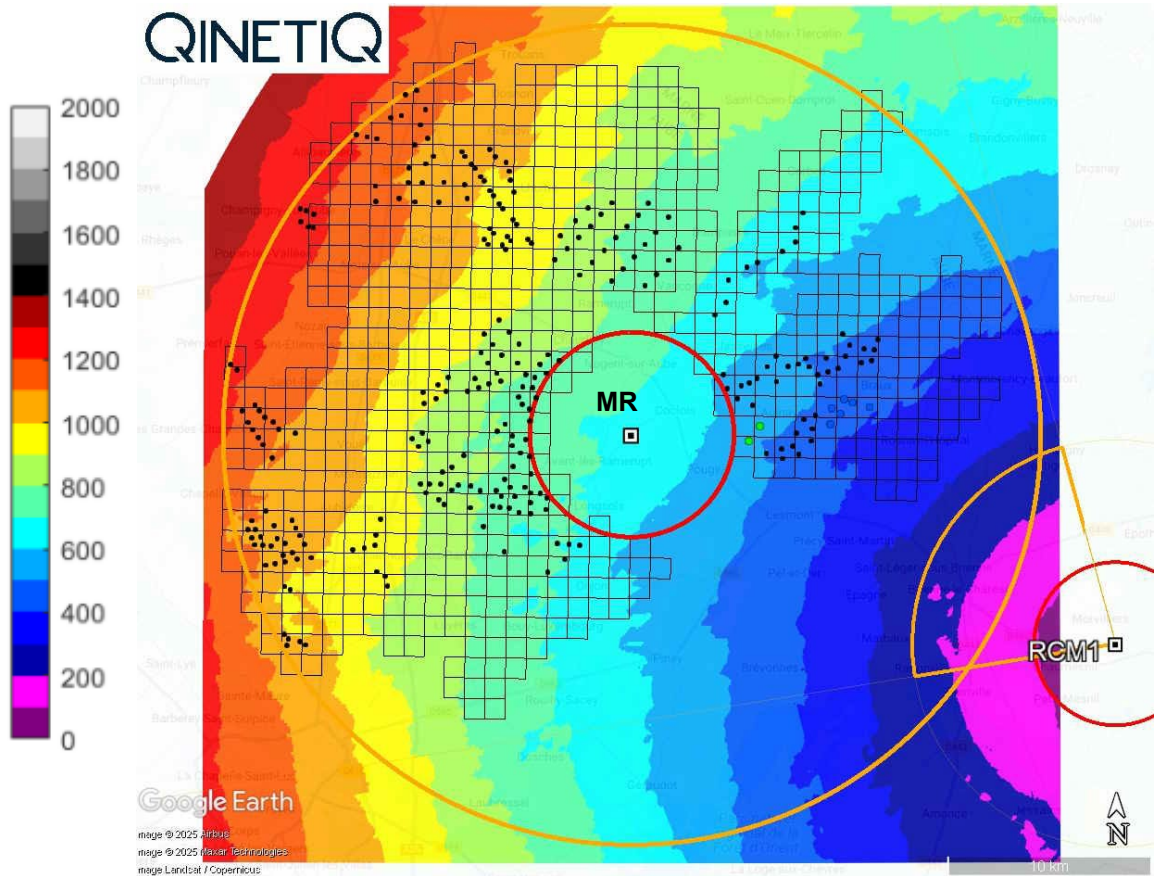


Figure 3-3: RCM1 BOC (m AMSL); grey cells = MR ZI

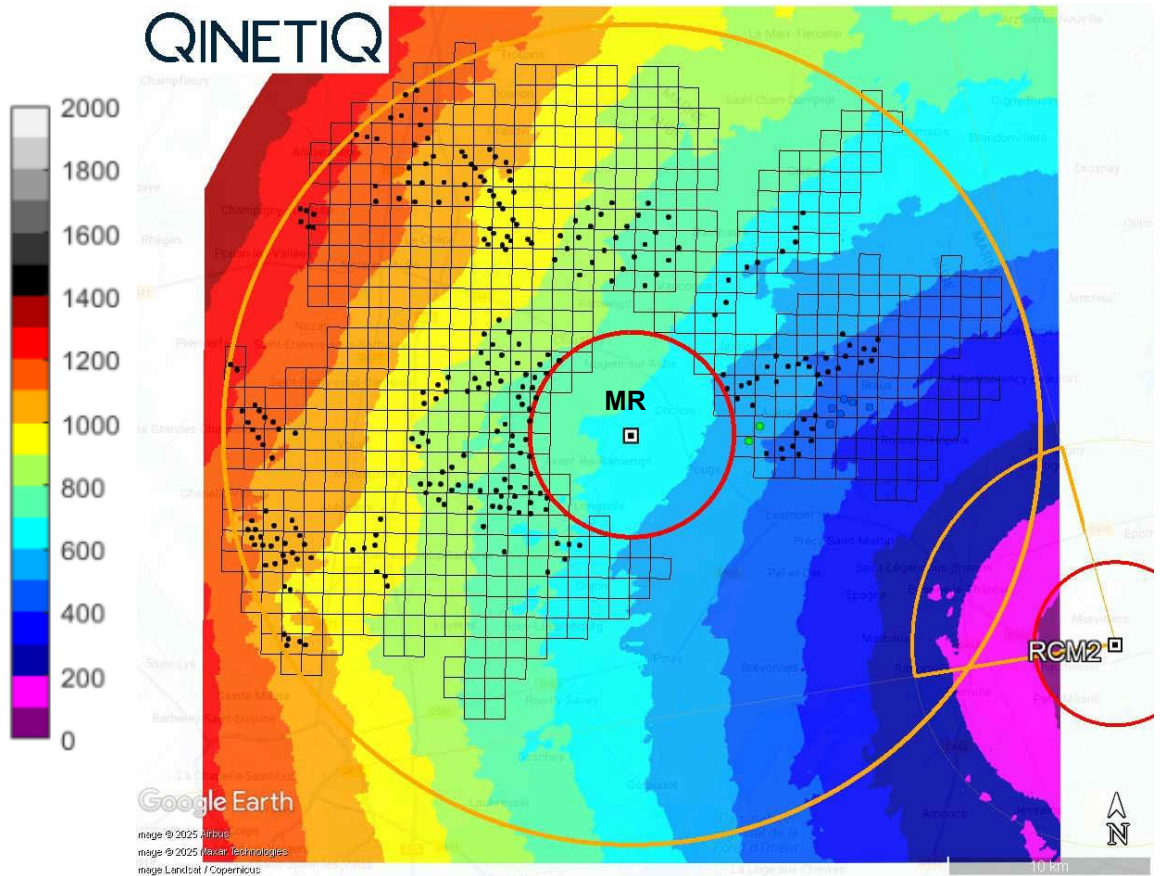


Figure 3-4: RCM2 BOC (m AMSL); grey cells = MR ZI

4 Summary

Nouvergies intends to develop the PEN wind farm, "PEN_17NOV25A", inside the zone d'éloignement (ZE) of the Arcis weather radar. The impacts on the radar are likely to be unacceptable, as determined by the safeguarding legislation. The projects can potentially be mitigated using a CR solution.

An analysis of the acceptability of the proposed wind farm with the consented RCM solution was made, including other proposed wind farms, including the proposed PEGV and BCMA projects that have a cumulative impact in the sector containing PEN. The main findings are summarised in Table 4-1.

Requirement	Assessment conclusion
1. MR occultation 10% or less in the sector containing the proposed turbines	Pass (see Figure 2-1)
2. All proposed turbines out of CR LOS	Pass (see Figure 3-1 and Figure 3-2)
3. CR BOC 1400m AGL or less above the proposed wind farm ZI	Pass (see Figure 3-3 and Figure 3-4)

Table 4-1: Acceptability of PEN_17NOV25A

5 References

- [1] Legifrance, *Arrêté du 10 décembre 2021 modifiant l'arrêté du 26 août 2011 modifié relatif aux installations de production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation au titre de la rubrique 2980 de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement*, TREP2136555A, URL: <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000044516558>
- [2] Ministère de la transition écologique et de la cohésion des territoires, *Décision radars compensatoires*, 5 December 2023, URL: <https://www.bulletin-officiel.developpement-durable.gouv.fr/documents/Bulletinofficiel-0033263/TREP2325494S.pdf>
- [3] Radeol, URL: www.radeol.fr

A CR Terminology

The definitions of terms used in this report are listed in Table A-1. The zones and sectors are illustrated in Figure A-1.

Topic	Abbreviation	Expansion
Radar	MR	main radar (object of the compensation)
	CR	compensating radar
Beneficiaries	BSI	bénéficiaires secondaires initiaux
	BPI	bénéficiaire principal initial
	BI	bénéficiaires initiaux (= BSI + BPI)
Radar zones **	CR-ZP	CR zone de protection (ZP)
	CR-ZE-Eff*	effective CR zone d'éloignement (ZE) (minimum sector to mitigate existing wind farms and BI)
	CR-ZE-Max*	maximum CR zone d'éloignement (ZE) (largest sector where CR provides potential future mitigation)
	MR-ZE	MR zone d'éloignement (ZE)
	MR-ZP	MR zone de protection (ZP)
Sectors	SEC-CR-ZE-Eff	the sector defined by min/max angles of CR-ZE-Eff
	SEC-CR-ZE-Max	the sector defined by min/max angles of CR-ZE-Max
Impact zones	CR-ZI	the ZI inside the CR ZE
	MR-ZI	the ZI inside the MR-ZE (no CR mitigation)
	MR-ZI-R	the residual MR ZI (after CR mitigation)
Other	BoC	base of cover (see Figure A-2)
	BW	antenna beam width (to -3dB power)
	H _{MAX}	Maximum height of wind turbine
	HTLOS	height to LOS (see Figure A-2)
	LOS	line of sight (see Figure A-2)
	MW	megawatts (turbine power rating)
	MSA	minimum scan angle (degrees)
	OCC	occultation
	SS	sensitive sites
	ZI	zone d'impact

*Table A-1: Terminology used in CR assessments (note: not all terms are used in this assessment); * = zone is (generally) a sector, not a full 360° circle ** ZP radius = 10/5/4km for S/C/Xband radars; ZE radius = 30/20/10km for S/C/Xband radars*

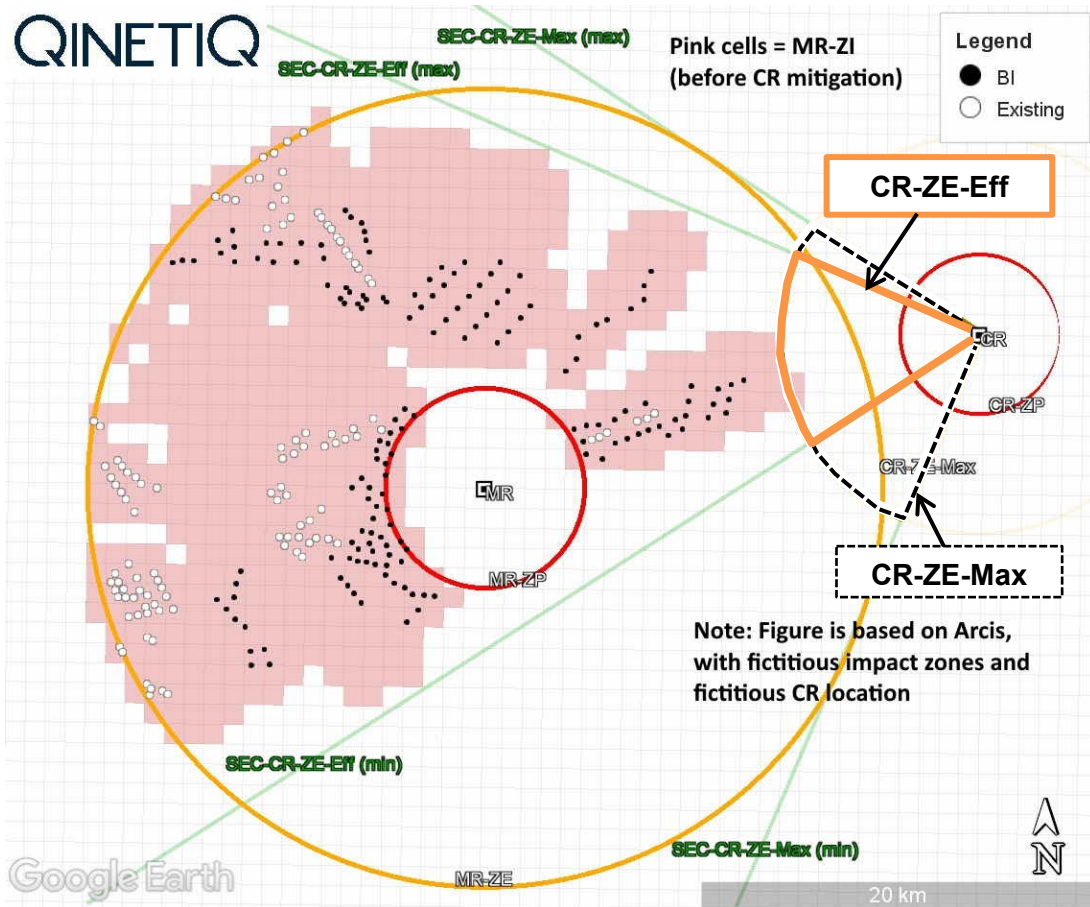


Figure A-1: Sectors and zones; the figure is based on Arcis but the CR location and impact zones are fictitious

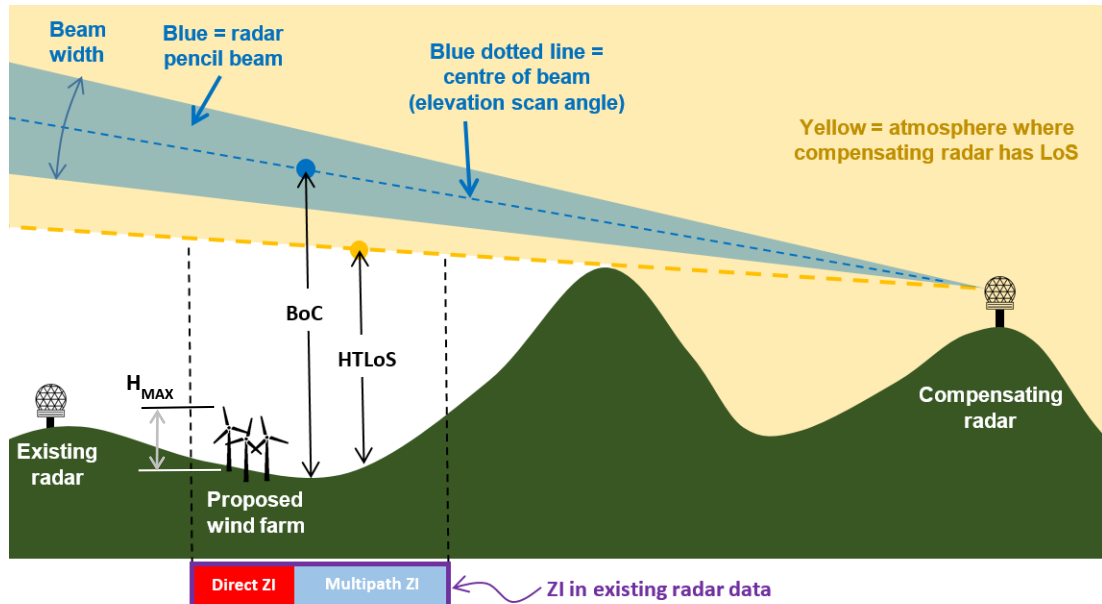


Figure A-2 Definition of height to radar LOS (HTLOS) and BOC