ANNEXE V à VI

Projet éolien d'Alaincourt

Commune d'Alaincourt

Aisne (02) – HAUTS-DE-FRANCE

ANNEXE DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

ANNEXE DE L'ÉTUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Projet éolien d'Alaincourt

Commune d'Alaincourt

Aisne (02) – HAUTS-DE-FRANCE

ANNEXE V : Étude des Zones d'Influence Visuelle (QUADRAN)

ANNEXE VI : Étude stroboscopique (QUADRAN)

Parc technologique du Mont Bernard
18 rue Dom Pérignon
51000 CHALONS-EN-CHAMPAGNE
Téléphone : 03.26.65.75.37

ÉTUDE DES ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET EOLIEN D'ALAINCOURT

Commune d'Alaincourt

Département de l'Aisne (02), Hauts-de-France

Étude d'impact sur l'environnement

Mai 2016

SOMMAIRE

I. METHODOLOGIE DE CALCUL DES ZONES D'INFLUENCE VISUELLE (ZIV) 4

II. IMPACT DES ZONES D'INFLUENCE VISUELLE (ZIV) 6

TABLEAU 1 : PROPORTION DE LA ZONE D'ETUDE RAPPROCHEE CONCERNEE PAR LA VISIBILITE DES EOLIENNES (AIRE DE 10 KM DE RAYON) - (SOURCE : QUADRAN) 7
TABLEAU 2 : PROPORTION DE LA ZONE D'ETUDE ELOIGNEE CONCERNEE PAR LA VISIBILITE DES EOLIENNES (AIRE DE 22 KM DE RAYON) - (SOURCE : QUADRAN) 7
TABLEAU 3 : PROPORTION DE LA ZONE D'ETUDE CONCERNEE PAR LA COVISIBILITE ENTRE AU MOINS UNE EOLIENNE DU PROJET ET UNE EOLIENNE D'UN PARC VOISIN (AIRE DE 10 KM DE RAYON) - (SOURCE : QUADRAN) 7
TABLEAU 4 : PROPORTION DE LA ZONE D'ETUDE CONCERNEE PAR LA COVISIBILITE ENTRE AU MOINS UNE EOLIENNE DU PROJET ET UNE EOLIENNE D'UN PARC VOISIN (AIRE DE 22 KM DE RAYON) - (SOURCE : QUADRAN) 8

III. CONCLUSION 8

CARTE 1 : ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET A HAUTEUR DE BOUT DE PALE SUR LE PERIMETRE LOINTAIN (22 KM) - (SOURCE : QUADRAN) 7
CARTE 2: ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET A HAUTEUR DE BOUT DE PALE SUR LE PERIMETRE INTERMEDIAIRE (10 KM) - (SOURCE : QUADRAN) 8
CARTE 3 : ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET A HAUTEUR DE MOYEU SUR LE PERIMETRE LOINTAIN (22 KM) - (SOURCE : QUADRAN) 9
CARTE 4 : ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET A HAUTEUR DE MOYEU SUR LE PERIMETRE INTERMEDIAIRE (10 KM) - (SOURCE : QUADRAN) 10
CARTE 5 : ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET ET DES PARCS VOISINS A HAUTEUR DE BOUT DE PALE SUR LE PERIMETRE LOINTAIN (22 KM) - (SOURCE : QUADRAN) 11
CARTE 6 : ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET ET DES PARCS VOISINS A HAUTEUR DE BOUT DE PALE SUR LE PERIMETRE INTERMEDIAIRE (10 KM) - (SOURCE : QUADRAN) 12
CARTE 7 : ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET ET DES PARCS VOISINS A HAUTEUR DE NACELLE SUR LE PERIMETRE LOINTAIN (22 KM) - (SOURCE : QUADRAN) 13
CARTE 8 : ZONES D'INFLUENCE VISUELLE DU PROJET ET DES PARCS VOISINS A HAUTEUR DE NACELLE SUR LE PERIMETRE INTERMEDIAIRE (10 KM) - (SOURCE : QUADRAN) 14

ANNEXE 15

TABLEAU 5 : PROPORTION DE LA ZONE D'ETUDE CONCERNEE PAR LA VISIBILITE DES EOLIENNES (AIRE DE 10 KM DE RAYON) - (SOURCE : QUADRAN) 15
TABLEAU 6 : PROPORTION DE LA ZONE D'ETUDE CONCERNEE PAR LA VISIBILITE DES EOLIENNES (AIRE DE 22 KM DE RAYON) - (SOURCE : QUADRAN) 15
TABLEAU 7 : PROPORTION DE LA ZONE D'ETUDE CONCERNEE PAR LA COVISIBILITE ENTRE AU MOINS UNE EOLIENNE DU PROJET ET LES PARCS VOISINS (AIRE DE 22 KM DE RAYON) - (SOURCE : QUADRAN) 16
TABLEAU 8 : PROPORTION DE LA ZONE D'ETUDE CONCERNEE PAR LA COVISIBILITE ENTRE AU MOINS UNE EOLIENNE DU PROJET ET LES PARCS VOISINS (AIRE DE 10 KM DE RAYON) - (SOURCE : QUADRAN) 16

I. Méthodologie de calcul des zones d'influence visuelle (ZIV)

Une modélisation de l'impact visuel du projet a été réalisée au moyen du module ZVI du logiciel WindFarm (version 4.2). Elle prend en compte l'orographie, d'une part, et les effets de masques existants (exemples : forêts, premiers fronts bâtis autour des zones d'habitation agglomérées…) d'autre part. Pour un territoire donné centré sur le site éolien, les zones potentielles d'influence visuelle du projet sont obtenues à partir :

- ✓ De l'implantation et des caractéristiques géométriques des éoliennes
- ✓ De l'altimétrie de la zone considérée
- ✓ De la prise en compte de l'occupation du sol (boisements et forêts)

Les données utilisées pour effectuer cette modélisation sont les suivantes :

- ✓ 7 éoliennes de 3.2 MW d'une hauteur totale de 150 m chacune (mât de 93 m, rotor de 114 m)

  (Notons qu'il s'agit ici d'un gabarit étudié pour lequel il a fallu prendre un exemple, celui de la 3.2 114 de REpower Ce n'est pas nécessairement la machine définitive et Quadran se réserve le droit d'implanter une autre machine en respectant ce même gabarit) ;
- ✓ Prise en compte de l'altimétrie de la zone large (IGN-BDAlti®)
- ✓ Modélisation du couvert végétal et des bâtiments sur la zone large (c'est-à-dire exclusion des boisements et des villes et villages)
- ✓ Hauteur des yeux considérée : 2 m
- ✓ Aire maximale considérée :
  - Cercle de 22 km de rayon centré sur le site d'implantation pour le calcul des zones d'influence visuelle lointaines cumulées globales (*sous fond IGN 1/100 000*) ;
  - Cercle de 10 km de rayon centré sur le site d'implantation pour le calcul des zones d'influence visuelle rapprochées cumulées globales (*sous fond IGN 1/25 000*) ;
  - Cercle de 22 km de rayon centré sur le site d'implantation pour le calcul des zones d'influence visuelle lointaines (*sous fond IGN 1/100 000*) ;
  - Cercle de 10km de rayon centré sur le site d'implantation pour le calcul des zones d'influence visuelle rapprochées (*sous fond IGN 1/25 000*).

Le calcul des zones d'influence visuelle cumulatives prend en compte les 27 parcs éoliens à proximité :

- Les 2 parcs éoliens des villes d'Oyses composés de 5 et 6 éoliennes* ;
- Les 2 parcs éoliens de Villeselve et Bouchy composés de 3 et 2 éoliennes ;
- Le parc éolien de Saint-Simon composé de 4 éoliennes* ;
- Les 2 parcs éoliens de Remigny Ly Fontaine composés de 4 et 4 éoliennes* ;
- Les 4 parcs éoliens de la carrière Martin composés de 3, 4, 5 et 3 éoliennes* ;
- Les 2 parcs éoliens de Hauteville composés de 6 et 5 éoliennes ;
- Le parc éolien de Noyales composé de 4 éoliennes ;
- Les 2 parcs éoliens de Gricourt et Lehaucourt composés de 5 et 6 éoliennes ;
- Le parc éolien de Saint-Quentin nord composé de 4 éoliennes ;
- Le parc éolien de Lehaucourt composé de 4 éoliennes ;
- Le parc éolien de Pontru, Pontruet et Villeret composé de 8 éoliennes ;
- Le parc éolien Fresnoy, Brancourt et Montbreh composé de 6 éoliennes ;
- Le parc éolien d'Anguilcourt Brissay-Choigny composé de 6 éoliennes* ;
- Le parc éolien de la voie des monts composé de 5 éoliennes* ;
- Les 2 parcs éoliens des portes du Vermandois composés de 3 et 3 éoliennes* ;
- Le parc éolien de Mézières, Sissy et Chatillon composé de 4 éoliennes* ;
- Les 2 parcs éoliens du Saint-Quentinois et de Regny composés de 5 et 4 éoliennes* ;
- Les 2 parcs éoliens du val d'Origny composés de 7 et 4 éoliennes ;
- Le parc éolien de Clanlieu composé de 6 éoliennes ;
- Le parc éolien de la Mutte composé de 6 éoliennes ;
- Les 2 parcs éoliens de Hauteville 3 composés de 3 et 6 éoliennes ;
- Le parc éolien de la vielle carrière composé de 6 éoliennes ;
- Le parc éolien des Tournevents du COS composé de 9 éoliennes ;
- Le parc éolien du champs à Gelaine composé de 6 éoliennes ;
- Le parc éolien de la croix bonne dame composé de 6 éoliennes ;
- Le parc éolien de la pâture composé de 6 éoliennes ;
- Le parc éolien des champs d'œillette composé de 6 éoliennes ;

NB : Les parcs arborés d'un astérisque seront utilisés pour l'étude de la ZIV cumulative à influence visuelle intermédiaire (voir ci-après).

Les modèles des turbines ci-dessus, utilisés dans l'étude, sont les mêmes que ceux véritablement installés. Ces machines ont une hauteur comprise entre 123 m et 175 m en bout de pâle.

II. Impact des zones d'influence visuelle (ZIV)

A partir de ces données, plusieurs calculs des zones potentielles d'influence visuelle (ZIV) ont été menés ; la prise en compte et l'exclusion du couvert végétal concernent chacune de ces cartes :

- Impact du parc éolien d'Alaincourt :

ZIV 1 (zones d'influence visuelle lointaines*)* **et ZIV 2** (zones d'influence visuelle intermédiaires) (Carte 1 et carte 2) : calcul de visibilité à hauteur totale, défini par : « le sommet (bout de pale) d'au moins une des 7 éoliennes est potentiellement visible »

ZIV 3 (zones d'influence visuelle lointaines) et **ZIV 4** (zones d'influence visuelle intermédiaires) (Carte 3 et Carte 4) : calcul de visibilité à hauteur de moyeu, défini par : « la nacelle d'au moins une des 7 éoliennes est potentiellement visible »

- Impact cumulatif

ZIV 5 (zones d'influence visuelle lointaines*)* et **ZIV 6** (zones d'influence visuelle intermédiaires), (Carte 5 et 6) : Calcul de visibilité à hauteur total, d'au moins une des 7 éoliennes du parc d'Alaincourt pris seul, d'au moins une des éoliennes des parcs environnants pris seul et d'au moins une éolienne du parc d'Alaincourt avec au moins une éolienne d'un parc voisin.

ZIV 7 (zones d'influence visuelle lointaines*)* et **ZIV 8** (zones d'influence visuelle intermédiaires), (Carte 7 et 8) : Calcul de visibilité à hauteur de moyeu, d'au moins une des 7 éoliennes du parc d'Alaincourt pris seul, d'au moins une des éoliennes des parcs environnants pris seul et d'au moins une éolienne du parc d'Alaincourt avec au moins une éolienne d'un parc voisin.

Dans le but de prendre en compte tous les parcs aux alentours, le périmètre d'étude lointain a été augmenté à 22 km au lieu de 20 km de rayon autour du parc d'Alaincourt.

Les tableaux 1 et 2 récapitulent les zones impactées, c'est-à-dire pour lesquelles la visibilité est constatée, respectivement dans le périmètre lointain (22 km) et plus rapproché (10 km). L'impact cumulatif est étudié sur le périmètre lointain et plus rapproché dans les tableaux 3 et 4.

Il est important de rappeler les limites de cette représentation cartographique des zones d'influence visuelle, et donc la représentativité des résultats présentés ci-dessous. Dans le calcul il est impossible de déterminer avec exactitude la hauteur de chaque groupement forestier (et cela d'autant plus étant donné la surface totale calculée de plusieurs centaines de km²) ; une hauteur globale est donc attribuée à chaque formation (bosquet, bois, forêt…) en fonction de son emprise, de sa localisation topographique, et des conditions édaphiques et climatiques locales. Celle-ci respecte notre méthodologie conservatrice, c'est-à-dire que ces hauteurs ont tendance à être minimisées afin d'envisager la situation dans le cas le plus défavorable. Par conséquent, les contours des zones de visibilité projetées ne peuvent être pris au sens strict de leur représentation cartographique. En effet, les surfaces impactées représenteront en réalité un

pourcentage inférieur à celui présenté ici et les contours des zones de visibilité s'en trouveront repoussés.

Surface totale calculée : 348,02 km²	Surface potentielle d'influence visuelle	
ZIV 2 : A hauteur de bout de pale (projet seul)	60,1 %	189,8 km²
ZIV 4 : A hauteur de nacelle (projet seul)	50,19 %	158,5 km²

Tableau 1 : Proportion de la zone d'étude rapprochée concernée par la visibilité des éoliennes (aire de 10 km de rayon) - (Source : QUADRAN)

Surface totale calculée : 1523,87 km²	Surface potentielle d'influence visuelle	
ZIV 1 : A hauteur de bout de pale (projet seul)	38,93 %	593,36 km²
ZIV 3 : A hauteur de nacelle (projet seul)	29,54 %	450,26 km²

Tableau 2 : Proportion de la zone d'étude éloignée concernée par la visibilité des éoliennes (aire de 22 km de rayon) - (Source : QUADRAN)

Surface totale calculée : 348,02 km²	Surface potentielle d'influence visuelle	
ZIV 6 : A hauteur de bout de pale (Impact supplémentaire du projet par rapport aux parcs existants)	0,15	0,52 km²
ZIV 6 : A hauteur de bout de pale (projet + au moins un parc voisin)	83,24 %	289,71 km²
ZIV 8 : A hauteur de nacelle (Impact supplémentaire du projet par rapport aux parcs existants)	0,29	1 km²
ZIV 8 : A hauteur de nacelle (projet + au moins un parc voisin)	81,03 %	281,99 km²

Tableau 3 : Proportion de la zone d'étude concernée par la covisibilité entre au moins une éolienne du projet et une éolienne d'un parc voisin (aire de 10 km de rayon) - (Source : QUADRAN)

Surface totale calculée : 1523,87 km²	Surface potentielle d'influence visuelle	
ZIV 5 : A hauteur de bout de pale (Impact supplémentaire du projet par rapport aux parcs existants)	0,04	0,54 km²
ZIV 5 : A hauteur de bout de pale (projet + au moins un parc voisin)	75,77 %	1154,63 km²
ZIV 7 : A hauteur de nacelle (Impact supplémentaire du projet par rapport aux parcs existants)	0,07	1,07 km²
ZIV 7 : A hauteur de nacelle (projet + au moins un parc voisin)	72,26 %	1101,17 km²

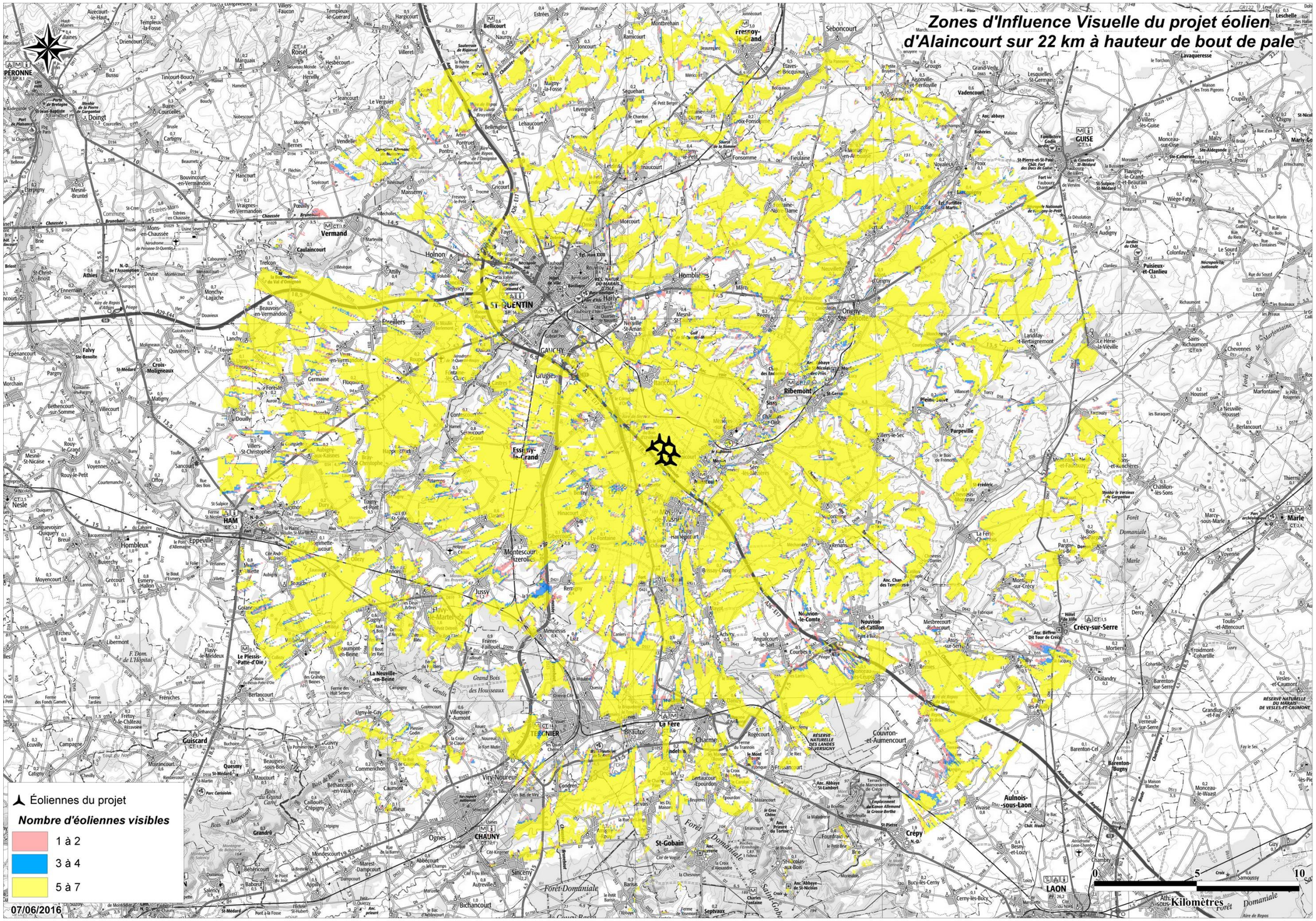
Tableau 4 : Proportion de la zone d'étude concernée par la covisibilité entre au moins une éolienne du projet et une éolienne d'un parc voisin (aire de 22 km de rayon) - (Source : QUADRAN)

III. Conclusion

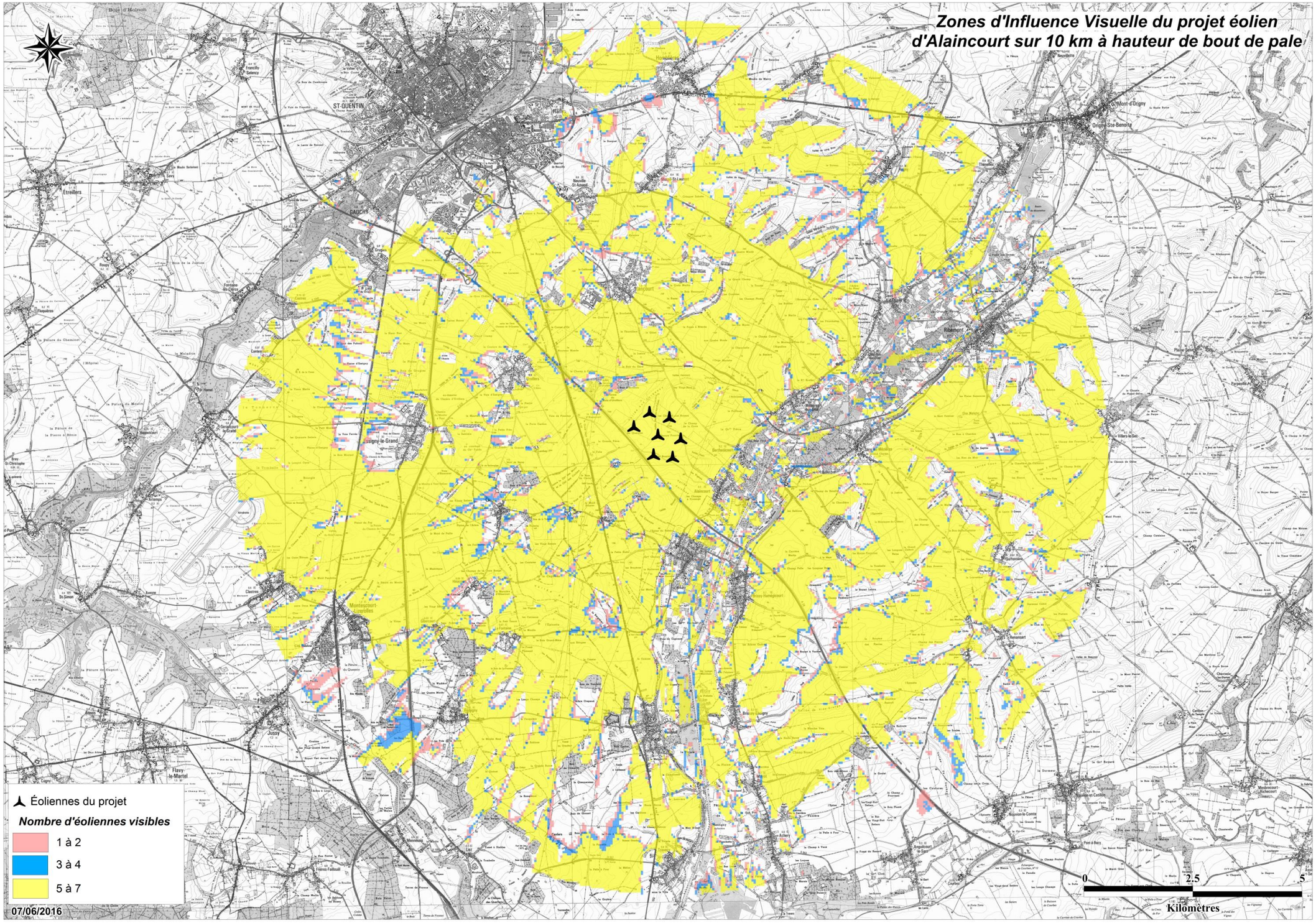
A la lecture des résultats et de la zone d'influence visuelle, le parc d'Alaincourt va être visible totalement ou partiellement sur 60% de la surface autour du parc dans un rayon de 10 km et de 38% dans un rayon de 22 km. En revanche, la plupart de ces zones de visibilité se situe au niveau des champs et des routes, autour du parc. La Vallée de l'Oise et les villages alentours n'en seront que peu impactés.

De plus, l'étude de covisibilité montre que l'ajout du parc d'Alaincourt aux parcs déjà construits, accordés et instruits n'augmentera que de 0,3% la surface d'où l'on peut apercevoir une éolienne dans le paysage.

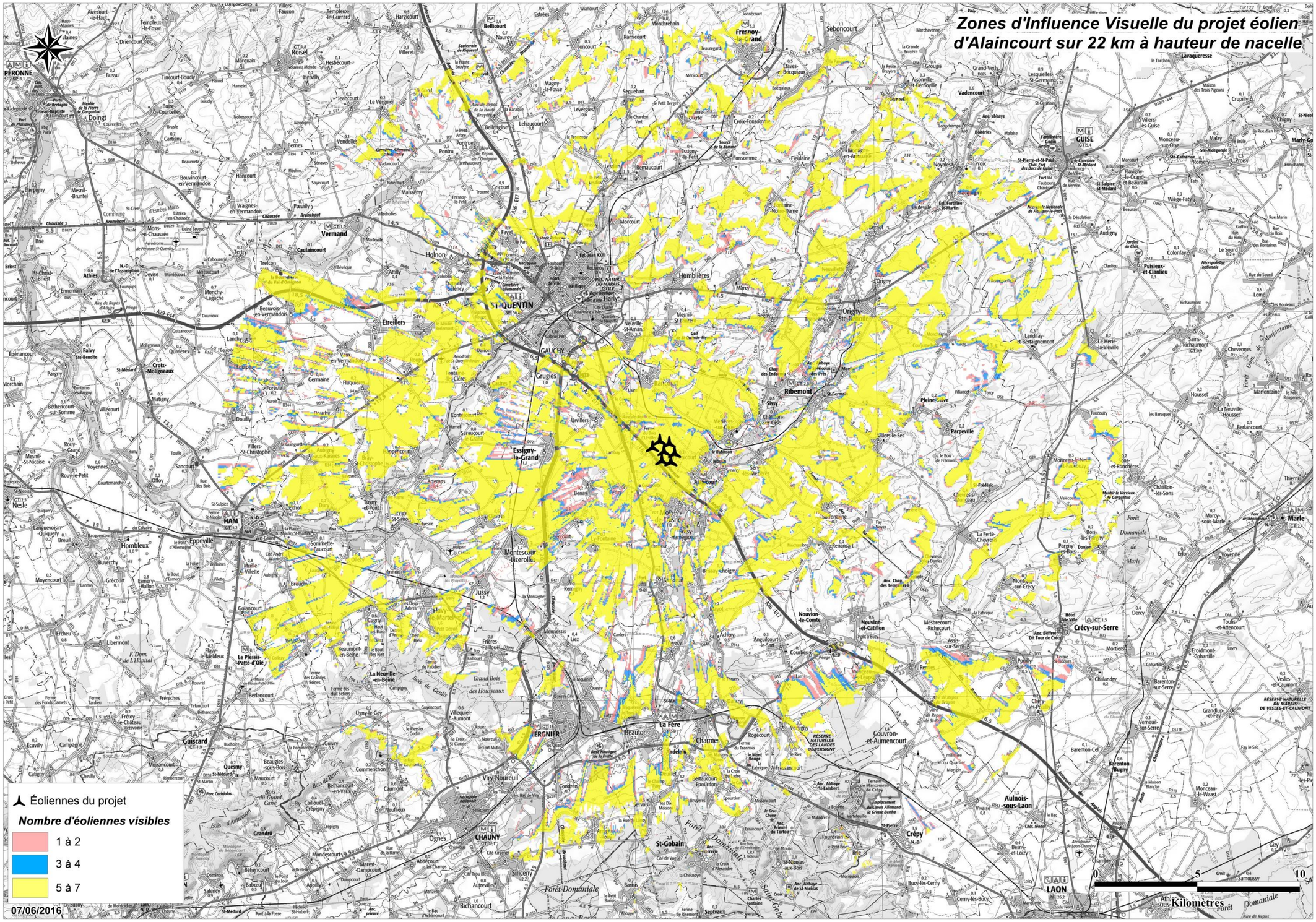
Enfin, le parc d'Alaincourt n'aura que peu d'impact additionnel sur le paysage. Les zones les plus impactées seront les champs et les routes telles que l'autoroute A26 ou la départementale D1044 présents dans l'axe et à proximité du parc.



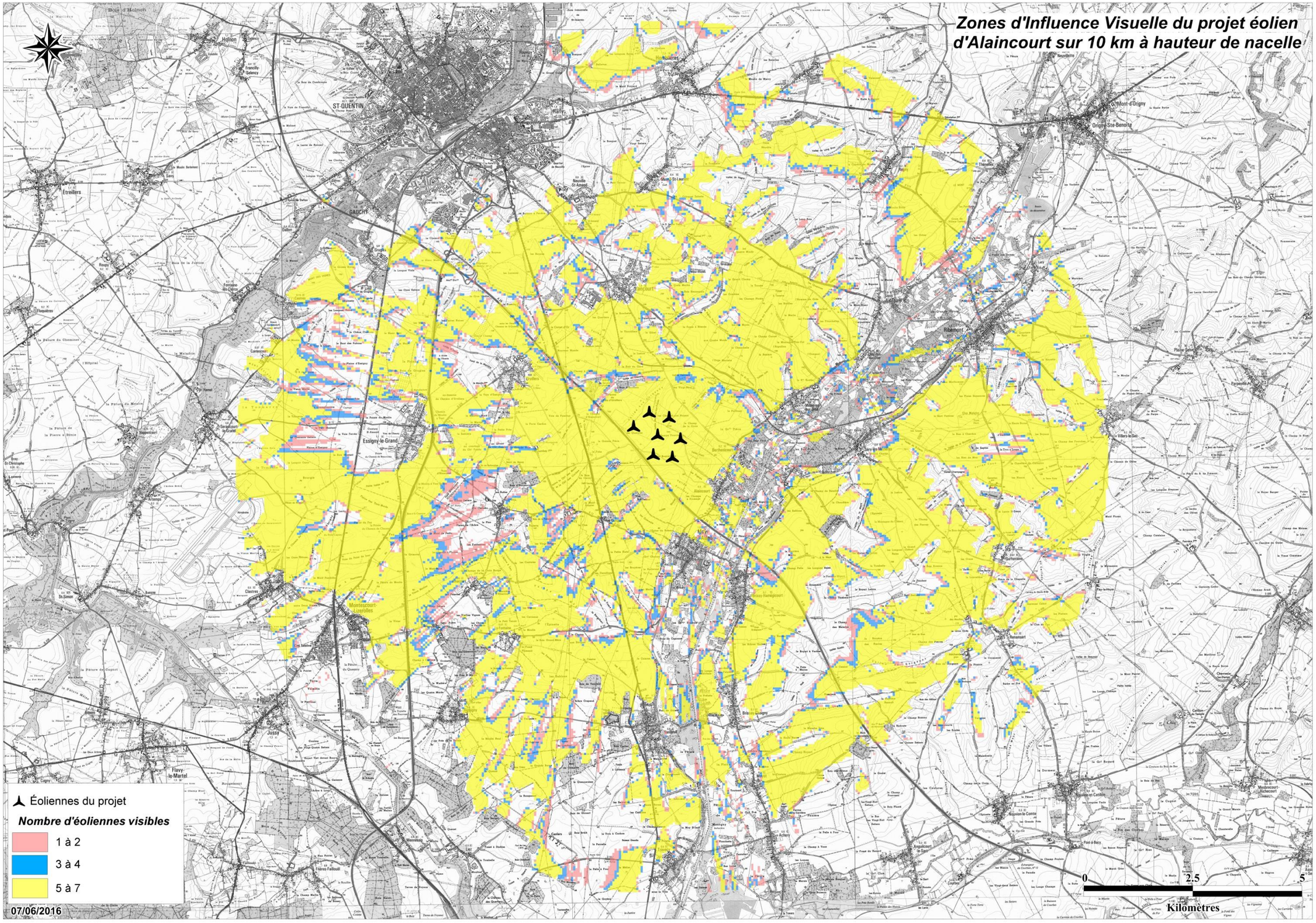
Carte 1 : Zones d'influence visuelle du projet à hauteur de bout de pale sur le périmètre lointain (22 km) - (Source : Quadran)



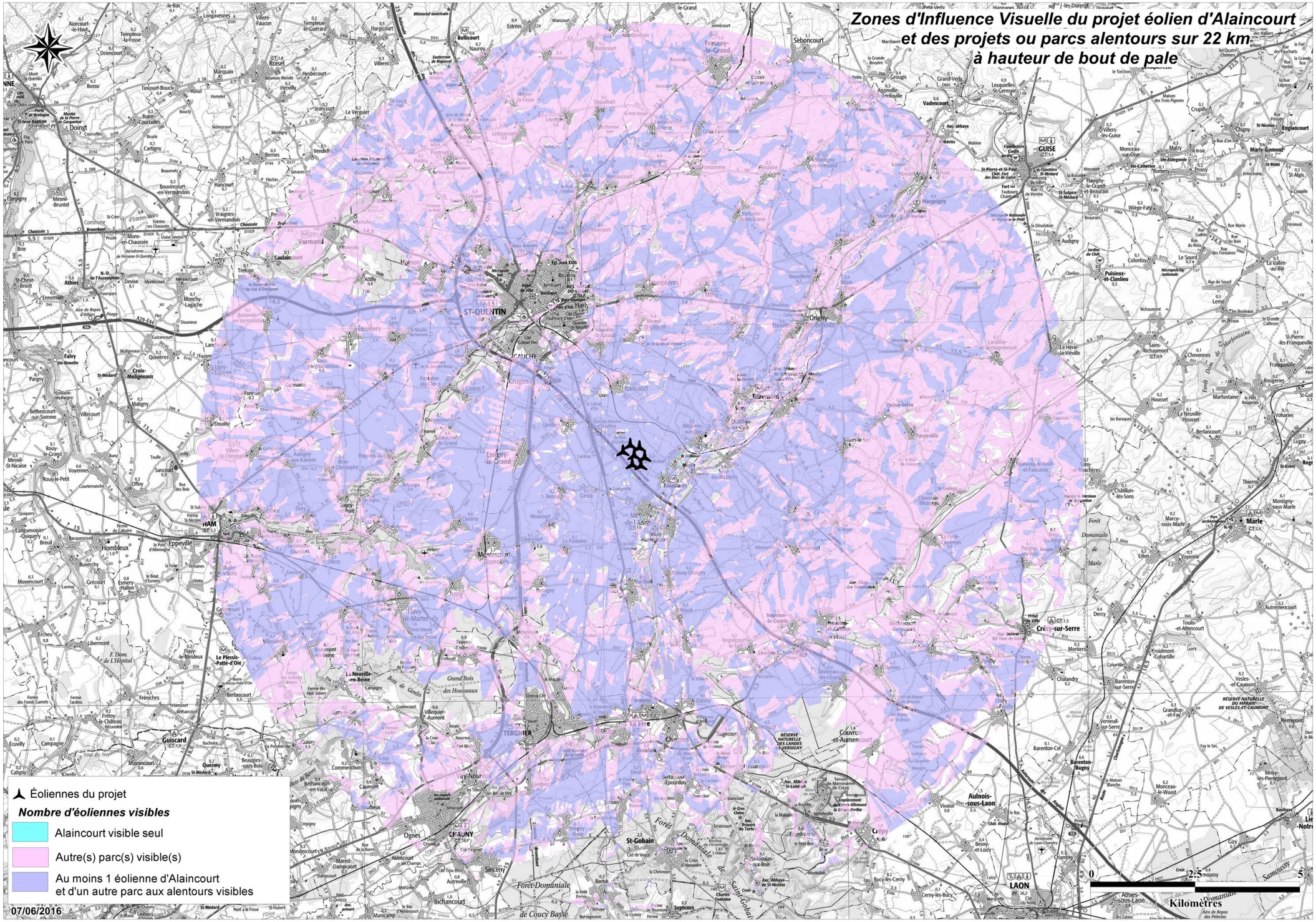
Carte 2: Zones d'influence visuelle du projet à hauteur de bout de pale sur le périmètre intermédiaire (10 km) - (Source : Quadran)



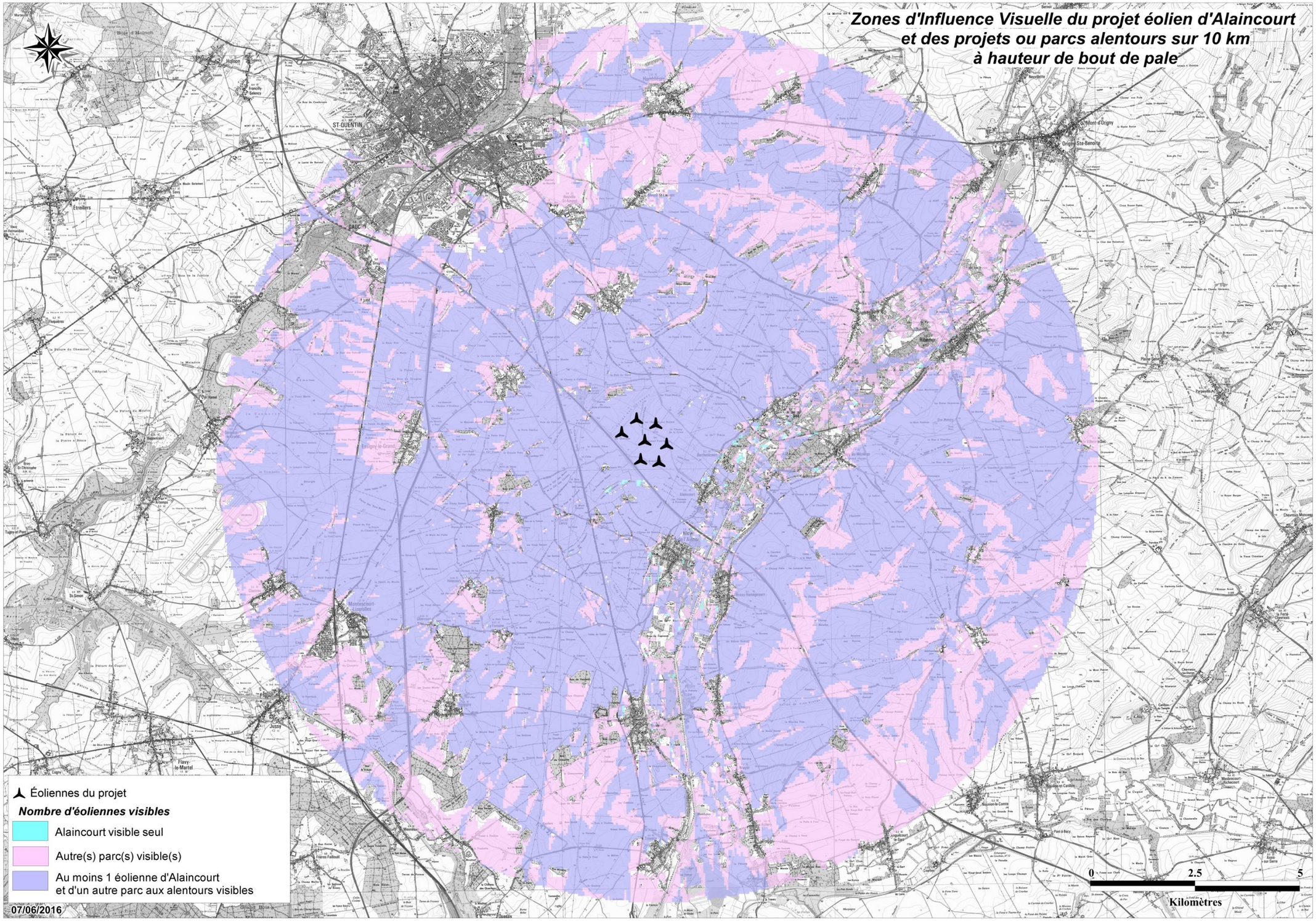
Carte 3 : Zones d'influence visuelle du projet à hauteur de moyeu sur le périmètre lointain (22 km) - (Source : Quadran)



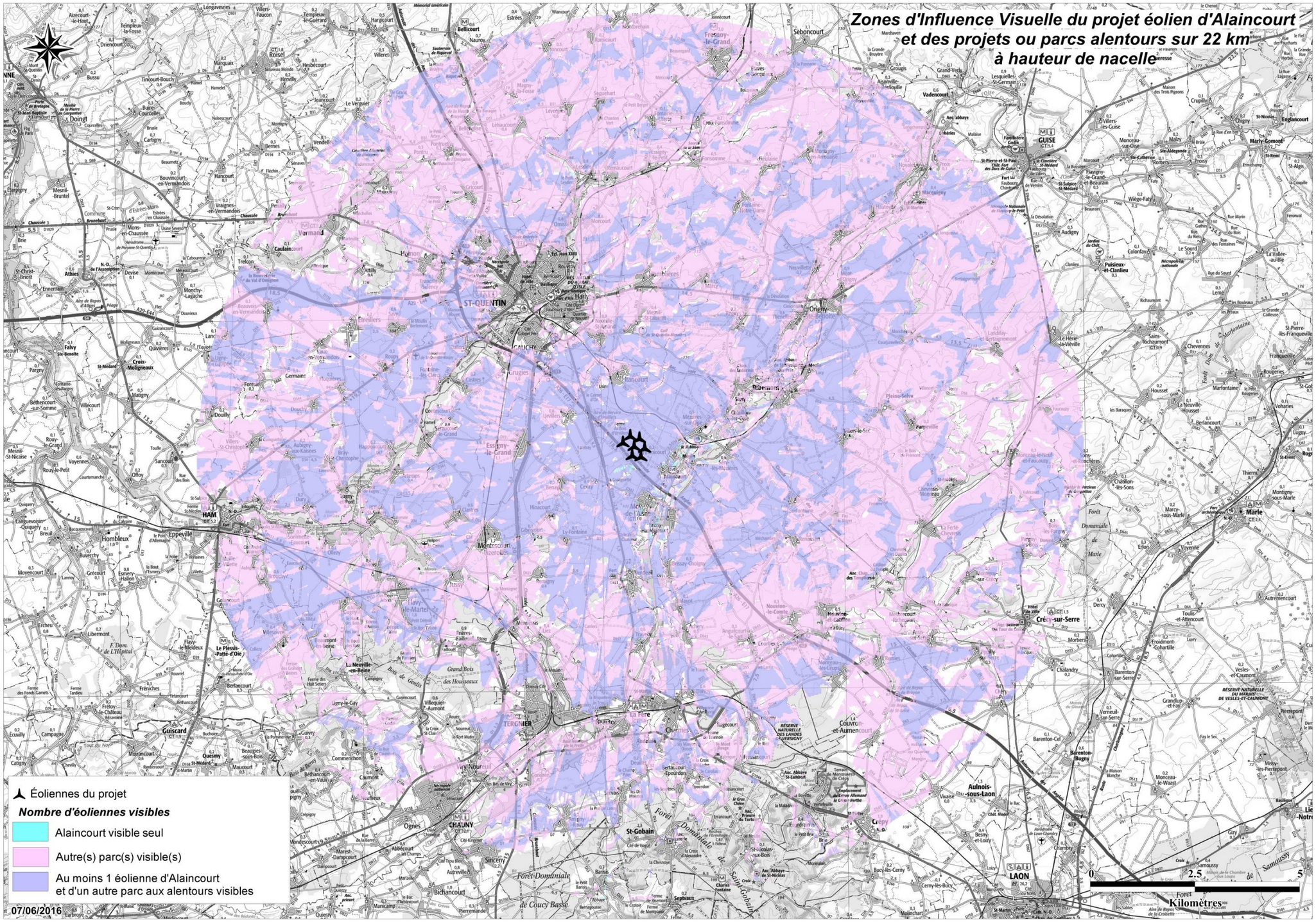
Carte 4 : Zones d'influence visuelle du projet à hauteur de moyeu sur le périmètre intermédiaire (10 km) - (Source : Quadran)



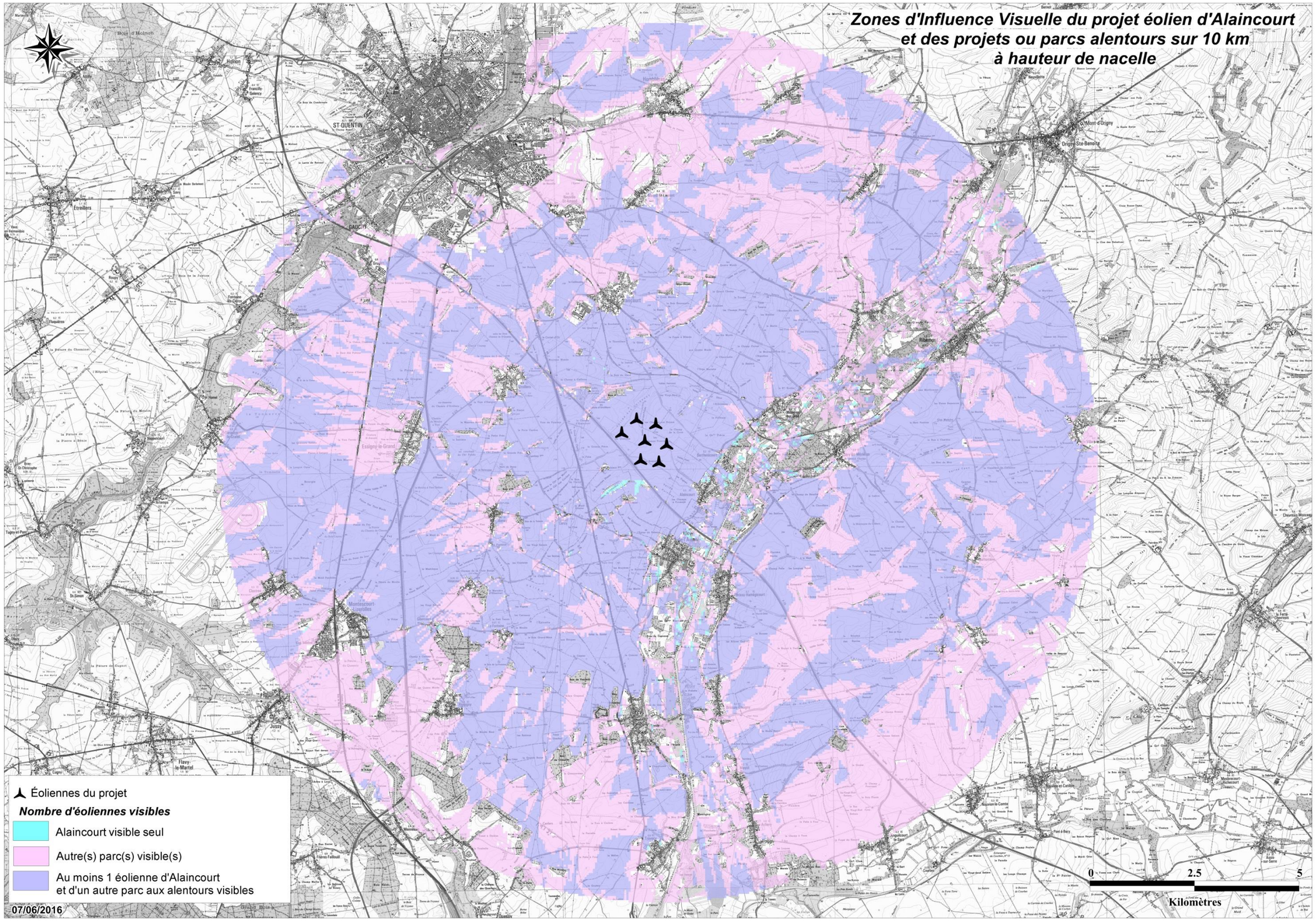
Carte 5 : Zones d'influence visuelle du projet et des parcs voisins à hauteur de bout de pale sur le périmètre lointain (22 km) - (Source : Quadran)



Carte 6 : Zones d'influence visuelle du projet et des parcs voisins à hauteur de bout de pale sur le périmètre intermédiaire (10 km) - (Source : Quadran)



Carte 7 : Zones d'influence visuelle du projet et des parcs voisins à hauteur de nacelle sur le périmètre lointain (22 km) - (Source : Quadran)



Carte 8 : Zones d'influence visuelle du projet et des parcs voisins à hauteur de nacelle sur le périmètre intermédiaire (10 km) - (Source : Quadran)

ANNEXE

Les tableaux suivants présentent le détail des différentes études.

Aire d'étude totale : 315,77	Visibilité du moyeu		visibilité du bout de pale	
Nombre d'éoliennes visibles	**Pourcentage (%)**	**Aire (km²)**	**Pourcentage (%)**	**Aire (km²)**
1 à 2	4,62	14,6	3,36	10,62
3 à 4	3,89	12,29	3,17	10,02
5 à 7	41,68	131,61	53,57	169,16
visibilité totale	50,19	158,5	60,1	189,8
aucune visibilité	49,81	157,29	39,9	125,98

Tableau 5 : Proportion de la zone d'étude concernée par la visibilité des éoliennes (aire de 10 km de rayon) - (Source : Quadran)

Aire d'étude totale : 1523,87	Visibilité du moyeu		visibilité du bout de pale	
Nombre d'éoliennes visibles	**Pourcentage (%)**	**Aire (km²)**	**Pourcentage (%)**	**Aire (km²)**
1 à 2	3,06	46,69	2,56	39,08
3 à 4	2,58	39,29	2,22	33,88
5 à 7	23,9	364,28	34,15	520,4
visibilité totale	29,54	450,26	38,93	593,36
aucune visibilité	70,46	1073,61	61,07	930,51

Tableau 6 : Proportion de la zone d'étude concernée par la visibilité des éoliennes (aire de 22 km de rayon) - (Source : Quadran)

Aire d'étude totale : 1523.87	Visibilité du moyeu		visibilité du bout de pale	
Parcs	**Pourcentage (%)**	**Aire (km²)**	**Pourcentage (%)**	**Aire (km²)**
Alaincourt	0,07	1,07	0,04	0,54
autres parcs	42,71	650,91	36,83	561,27
Alaincourt + autres parcs	29,48	449,19	38,9	592,82
visibilité totale	72,26	1101,17	75,77	1154,63
aucune visibilité	27,74	422,7	24,23	369,24

Tableau 7 : Proportion de la zone d'étude concernée par la covisibilité entre au moins une éolienne du projet et les parcs voisins (aire de 22 km de rayon) - (Source : Quadran)

Aire d'étude totale : 348.02	Visibilité du moyeu		visibilité du bout de pale	
Parcs	**Pourcentage (%)**	**Aire (km²)**	**Pourcentage (%)**	**Aire (km²)**
Alaincourt	0,29	1	0,15	0,52
autres parcs	32,67	113,69	24,85	86,49
Alaincourt + autres parcs	48,07	167,3	58,24	202,7
visibilité totale	81,03	281,99	83,24	289,71
aucune visibilité	18,97	66,03	16,76	58,31

Tableau 8 : Proportion de la zone d'étude concernée par la covisibilité entre au moins une éolienne du projet et les parcs voisins (aire de 10 km de rayon) - (Source : Quadran)

Parc technologique du Mont Bernard
18 rue Dom Pérignon
51000 CHALONS-EN-CHAMPAGNE
Téléphone : 03.26.65.75.37

ÉTUDE DES BATTEMENTS D'OMBRE
PROJET ÉOLIEN D'ALAINCOURT

Commune d'Alaincourt

Département de l'Aisne (02), Hauts-de-France

Étude d'impact sur l'environnement

Mai 2016

SOMMAIRE

I. L'EFFET DE BATTEMENT D'OMBRE 6

II. ÉVALUATION DE L'IMPACT DES OMBRES PORTEES 7

III. CALCUL DES BATTEMENTS D'OMBRE SUR L'ENVIRONNEMENT PROCHE DU PROJET 8

IV. IMPACT DES BATTEMENTS D'OMBRE SUR LES HABITATIONS LES PLUS PROCHES DES EOLIENNES 8

IV.1. Définition des points de mesure 8

IV.2. Ombre astronomique maximale du projet éolien 11

IV.3. Ombre astronomique probable du projet éolien 16

V. CONCLUSION DE L'ETUDE DES BATTEMENTS D'OMBRE 18

Figures

FIGURE 1 : ILLUSTRATION DU PHENOMENE DE BATTEMENT D'OMBRE (SOURCE : MEEDDM, 2010) **6**

FIGURE 2 : MASQUAGE PERIODIQUE DU SOLEIL PAR LES PALES EN ROTATION (SOURCE : MEEDDM, 2010) **9**

Tableaux

TABLEAU 1 : DEFINITION DES POINTS DE MESURE DES EFFETS STROBOSCOPIQUES (SOURCE : QUADRAN) **9**

TABLEAU 2 : DUREES BRUTES D'EXPOSITION AUX BATTEMENTS D'OMBRE DES HABITATIONS LES PLUS PROCHES POUR LE PROJET EOLIEN D'ALAINCOURT (SOURCE : QUADRAN) **11**

TABLEAU 3 : DUREES BRUTES (NON PONDEREES) D'EXPOSITION AUX BATTEMENTS D'OMBRE DES HABITATIONS LES PLUS PROCHES POUR LE PROJET EOLIEN D'ALAINCOURT (SOURCE : QUADRAN) **15**

TABLEAU 4 : PROBABILITES MOYENNES MENSUELLES REGIONALES D'ENSOLEILLEMENT AUTOUR DE ST QUENTIN (SOURCE : CALSOL, 2016) **16**

TABLEAU 5 : DUREES MOYENNES PONDEREES D'EXPOSITION ANNUELLE ET JOURNALIERE AUX BATTEMENTS D'OMBRE POUR LE PROJET EOLIEN D'ALAINCOURT (SOURCE : QUADRAN) **16**

Cartes

CARTE 1 : LOCALISATION DES HABITATIONS SELECTIONNEES POUR CALCULER LES DUREES D'EXPOSITION AUX BATTEMENTS D'OMBRE LIES AU PARC (SOURCE : QUADRAN) 10

Graphiques

GRAPHIQUE 1 : RESULTATS POUR LA MAISON 1 (FERME DU BOIS D'URVILLERS) 12

GRAPHIQUE 2 : RESULTATS POUR LA MAISON 2 (FERME DE PUISIEUX) 12

GRAPHIQUE 3 : RESULTATS POUR LA MAISON 3 (LA GUINGUETTE) 13

GRAPHIQUE 4 : RESULTATS POUR LA MAISON 4 (BORDURE D'ALAINCOURT, RUE DE LA GARE) 13

GRAPHIQUE 5 : RESULTATS POUR LA MAISON 5 (BORDURE DE BERTHENICOURT, RUE D'ALAINCOURT) 14

GRAPHIQUE 6 : RESULTATS POUR LA MAISON 6 (CITE DONJON DU HAMEL) 14

I. L'effet de battement d'ombre

Par temps ensoleillé, une éolienne en fonctionnement va générer une ombre mouvante périodique (ombre clignotante) créée par le passage régulier des pales du rotor de l'éolienne devant le soleil : souvent appelé « battement d'ombre ».

À une distance de quelques centaines de mètres des éoliennes, les passages d'ombre ne seront perceptibles qu'au lever du soleil ou en fin de journée, et les zones touchées varieront en fonction de la saison. Cette ombre mouvante peut toucher les habitations proches du parc éolien (Figure 1).

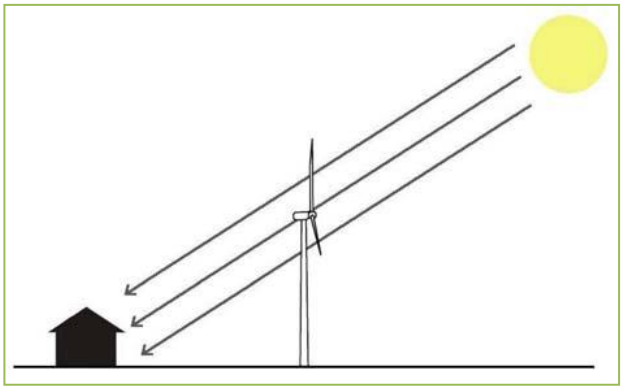


Figure 1 : Illustration du phénomène de battement d'ombre (Source : MEEDDM, 2010)

Ces passages d'ombre seront d'autant plus gênants pour l'observateur, qu'il les subira longtemps et fréquemment. Au-delà de la gêne engendrée, l'impact de cet effet sur la santé humaine, pour autant qu'il existe, n'est pas décrit avec précision à ce jour. Cependant, certaines directives régionales allemandes ont fixé les **durées maximales d'exposition acceptables à 30 heures par an et à 30 minutes par jour** (Bureau public pour l'environnement du Schleswig).

Ces valeurs sont reprises dans l'Arrêté du 26 août 2011 faisant suite à la publication du Décret n°2011-984 du 23 août 2011 modifiant la nomenclature des installations classées. Ce document précise par ailleurs que : « Afin de limiter l'impact sanitaire lié aux effets stroboscopiques, **lorsqu'un aérogénérateur est implanté à moins de 250 m d'un bâtiment à usage de bureaux, l'exploitant réalise une étude démontrant que l'ombre projetée de l'aérogénérateur n'impacte pas plus de trente heures par an et une demi-heure par jour le bâtiment** ». En effet, « une distance minimale de 250 m permet de rendre négligeable l'ombre des éoliennes sur l'environnement humain[1] ». Dans le projet éolien de Bavaisis, aucune éolienne ne sera implantée à moins de 250 mètres d'un bâtiment à usage de bureaux.

<u>Remarque</u> : En dépit de ces éléments, le porteur du projet, dans le souci de conserver une méthodologie conservatrice, a souhaité mener ici cette étude sur les premiers bâtiments susceptibles d'être les plus exposés au projet.

[1] « Le risque d'épilepsie suite à ce phénomène est parfois invoqué à tort. En effet une réaction du corps humain ne peut apparaître que si la vitesse de clignotement est supérieure à 2.5 Hz ce qui correspondrait pour une éolienne à 3 pales à une vitesse de rotation de 50 tours par minute. Les éoliennes actuelles tournent à une vitesse de 9 à 19 tours par minute soit bien en-deçà de ces fréquences. » Le phénomène d'ombre stroboscopique peut être perçu par un observateur statique, par exemple à l'intérieur d'une habitation ; cet effet devient rapidement non perceptible pour un observateur en mouvement, par exemple à l'intérieur d'un véhicule. » (Source : MEEDDM, 2010)

II. Évaluation de l'impact des ombres portées

Évaluer l'impact des ombres portées par les éoliennes en fonctionnement consiste d'abord à définir les périodes de l'année et les durées d'exposition à cet effet pour les habitations les plus proches.

La modélisation par un logiciel spécialisé permet de calculer les projections d'ombre pour un certain nombre de points de mesure de référence sélectionnés. Les paramètres de modélisation choisis sont les plus contraignants possibles, conformément à la méthodologie communément adoptée. En effet, ils reposent sur la triple supposition que le temps est toujours beau (le soleil brille en permanence), que le rotor est toujours perpendiculaire au soleil et qu'il est en constante rotation.

Or, avec les prévisions plus réalistes, prenant en compte le nombre de jours d'ensoleillement, la direction des vents dominants et la durée de fonctionnement réelle des éoliennes, on obtient des valeurs nettement inférieures à l'hypothèse la plus contraignante retenue.

Les éoliennes retenues pour le projet sont des éoliennes tripales dont la vitesse de rotation est variable de 12 à 16 tours/min. ; la fréquence des passages d'ombre pourra donc atteindre jusqu'à un passage toutes les 1,25 secondes en fonctionnement à pleine vitesse.

L'évaluation prévisionnelle de l'impact « ombre portée » des éoliennes en fonctionnement a été menée au moyen du module Shadow Flicker du logiciel WindFarm (version 4.2.1.9). Les calculs sont basés sur la position du soleil au cours d'une journée et au cours d'une année. En partant d'une simulation de la course du soleil par étapes d'une minute, les **calculs d'ombre portée** par chaque rotor d'éolienne sont exécutés, durant une année, **sans prise en compte de la variabilité des conditions météorologiques, ni des éventuels obstacles**. L'ombre calculée est examinée pour déterminer à quel moment un récepteur d'ombre, matérialisé par une fenêtre (orientée dans cette étude sur la façade la plus impactée mais ne correspondant pas forcément à la réalité), se trouve concerné par un battement d'ombre de l'un des rotors en fonctionnement. L'enregistrement des données et des heures de projection d'ombre permet d'en déterminer la durée par jour et par an pour chaque éolienne.

III. Calcul des battements d'ombre sur l'environnement proche du projet

<u>Remarque</u> : L'étude des effets de battements d'ombre sur l'habitat, non requise dans le cadre de ce projet, est réalisée ici à titre informatif (cf. Arrêté du 26 août 2011).

Le calcul mené sous WindFarm permet de déterminer les durées d'exposition aux battements d'ombre sur l'environnement proche du parc. Les données utilisées pour ce calcul sont les suivantes :

- Coordonnées géographiques du site prenant en compte la déclinaison du Nord magnétique (calcul réalisé à partir du site Internet du service NGDC[1] de la NOAA[2]), égale à 0,38° Est dans le cas présent ;
- Fuseau horaire concerné et décalage horaire lié à l'heure d'été ;
- Position exacte des 7 éoliennes du projet ;
- Gabarit des aérogénérateurs : une hauteur totale de 150 m chacune (mât de 93 m ; voilure de 114 m pour cette étude) ;
- Altimétrie de la zone proche ;
- Probabilités moyennes mensuelles d'ensoleillement (Tableau 4 page 17).

Dans le calcul des battements d'ombre, l'hypothèse la plus contraignante est toujours celle qui est envisagée. On parle alors d'*ombre astronomique maximale*. Ainsi, comme expliqué précédemment, la simulation présuppose que le soleil brille toute la journée, du lever au coucher du soleil, que les éoliennes fonctionnent en permanence, et que le rotor est toujours orienté perpendiculairement aux rayons du soleil. Cette situation, la plus défavorable envisagée, est théorique puisque ces situations ne se retrouvent en effet jamais toutes dans la réalité. Cependant, cette méthodologie conservatrice permet d'affirmer que lorsque ces cas les plus contraignants respectent les seuils d'acceptabilité du phénomène, alors tous les autres cas seront d'autant plus conformes aux recommandations.

IV. Impact des battements d'ombre sur les habitations les plus proches des éoliennes

<u>IV.1. Définition des points de mesure</u>

Le calcul mené sous WindFarm a été réalisé afin d'obtenir les durées d'exposition pour les habitations proches du parc les plus exposées et pour une fenêtre type de 1,40 m x 1,40 m (soit environ 2 m²) située à 1,50 m au-dessus du sol et orientée au plus proche de la réalité.

[1] NGDC : National Geophysical Data Center.
[2] NOAA : National Oceanic and Atmospheric Administration.

La sensibilité d'une habitation aux ombres portées par les éoliennes dépend principalement de sa position par rapport aux éoliennes et de sa distance avec celles-ci.

Les habitations localisées à l'Est et à l'Ouest des éoliennes sont davantage susceptibles d'être concernées par ces phénomènes que les habitations situées au Nord ou au Sud (Figure 2). Avec l'éloignement, ces phénomènes de gêne diminuent assez rapidement (selon une courbe hyperbolique).

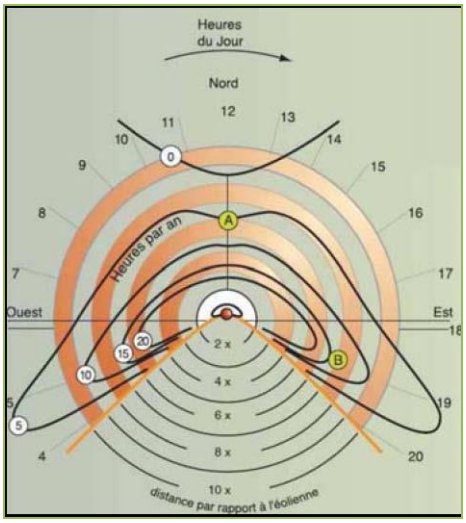
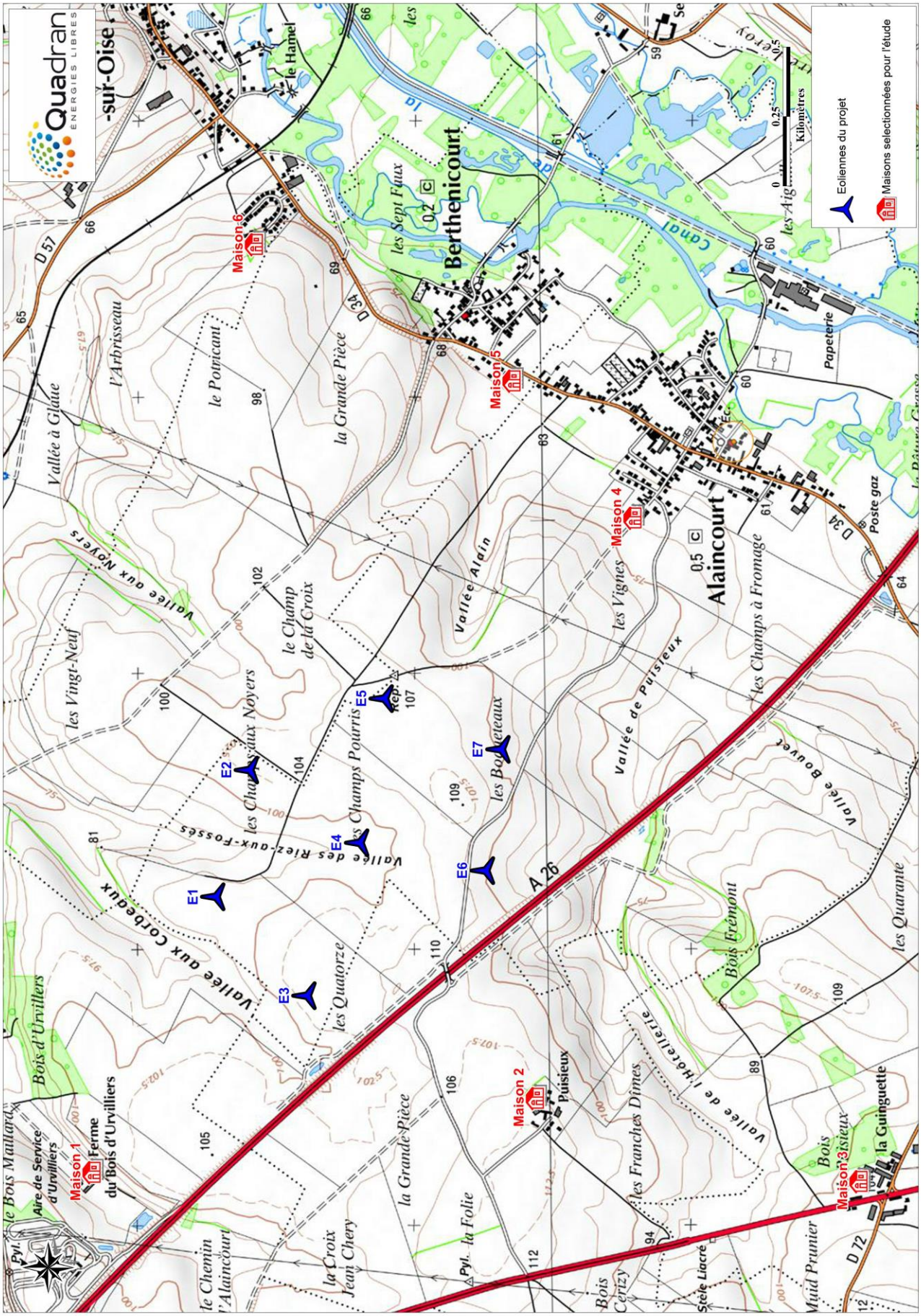


Figure 2 : Masquage périodique du soleil par les pales en rotation (Source : MEEDDM, 2010)

Compte tenu des distances séparant habitations et turbines, de la topographie et de l'orientation générale du projet, 7 zones d'habitation ont été retenues pour une évaluation précise de leur durée d'exposition aux battements d'ombre. Leur localisation, exposition et distance au projet sont détaillées dans le Tableau 1.

	Point de mesure	**Exposition retenue**	**Distance à l'éolienne la plus proche**
1	Ferme du bois d'Urvillers	Sud-Est	1009m
2	Ferme de Puisieux	Est	873m
3	La Guinguette	Nord-Est	1770m
4	Bordure d'Alaincourt, rue de la gare	Nord-Ouest	961m
5	Bordure de Berthenicourt, rue d'Alaincourt	Nord-Ouest	1235m
6	Cité donjon du Hamel	Ouest	1710m

Tableau 1 : Définition des points de mesure des effets stroboscopiques (Source : Quadran)



Carte 1 : Localisation des habitations sélectionnées pour calculer les durées d'exposition aux battements d'ombre liés au parc (Source : Quadran)

IV.2. Ombre astronomique maximale du projet éolien

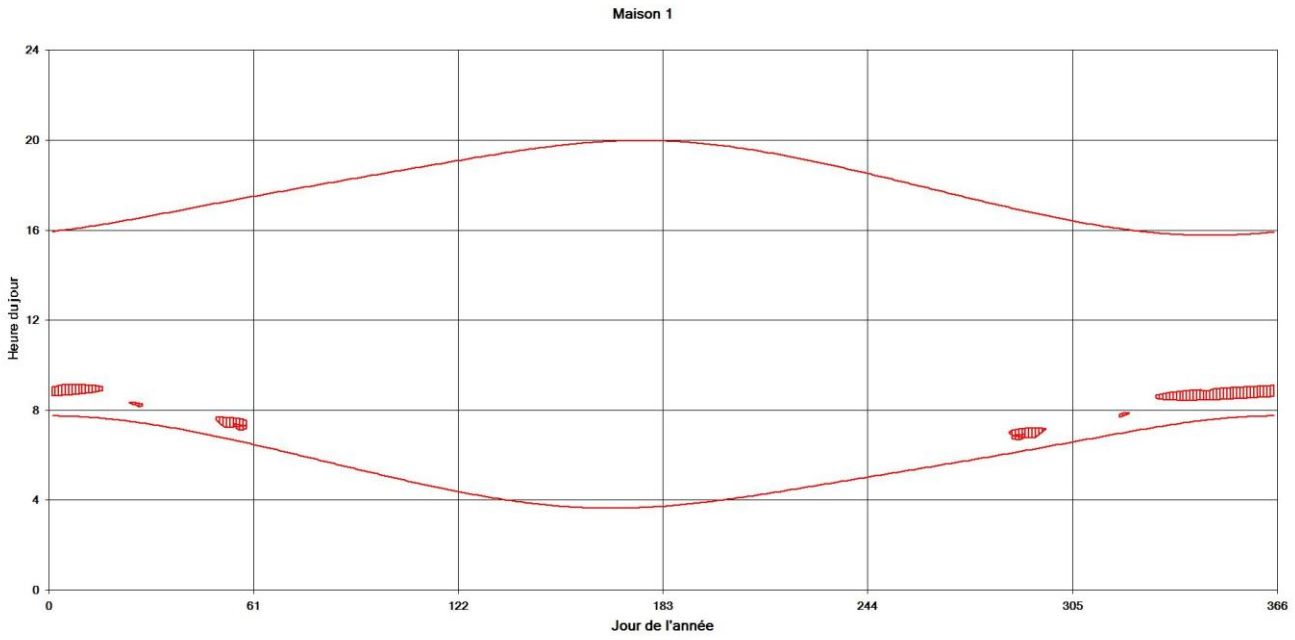
Les durées d'exposition aux battements d'ombre de ces habitations, sont détaillées dans le tableau 2 pour l'ombre astronomique maximale, c'est-à-dire dans le cas le plus défavorable. Pour chaque point de mesure, on retrouve ainsi le nombre de jours impactés dans l'année (*days per year*), le nombre maximum et moyen d'heures concernées (*max* et *mean hours per day*), et le nombre total d'heures impactées dans l'année (*total hours*).

Les graphiques 1 à 7 représentent les résultats pour chaque point de mesure, c'est-à-dire les périodes concernées, du jour et de l'année, au niveau d'une maison (*house*).

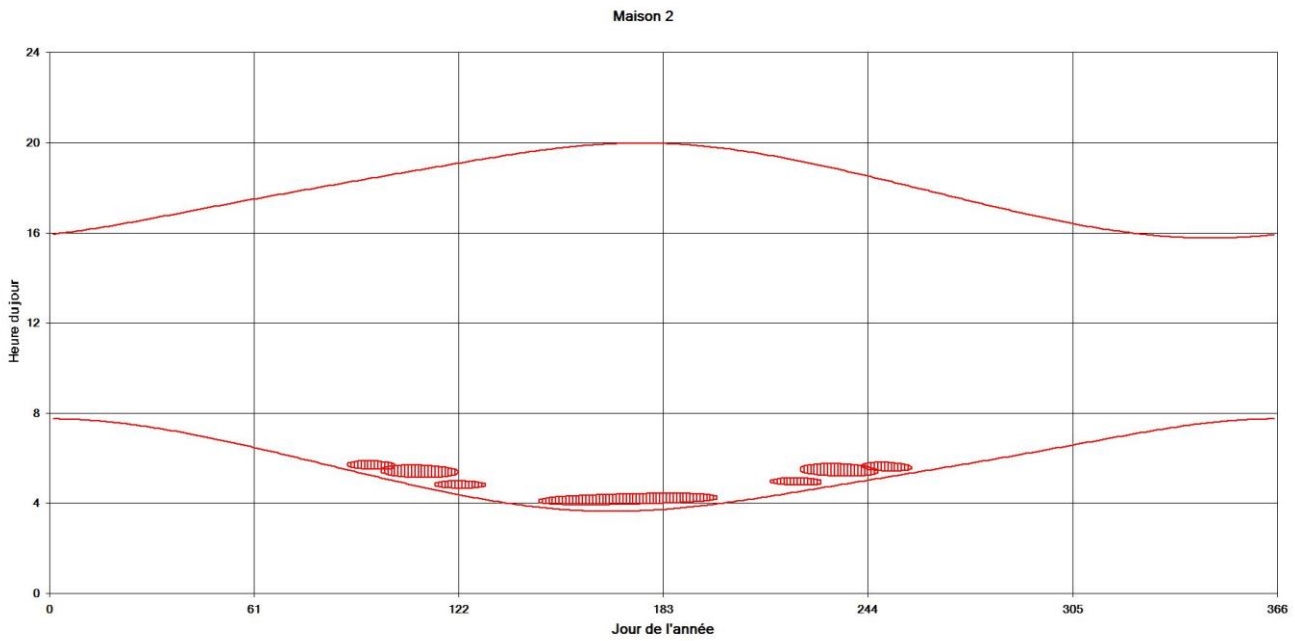
Maison	Longueur (m)	Largeur (m)	Hauteur (m)	Angle par rapport au Nord (°)	Jours par année	Max heure par jour	Nombre d'heure moyen par jour	Nombre d'heures totales
1	1,4	1,4	1,5	140	83	0.5	0.36	29.6
2	1,4	1,4	1,5	78.8	139	0.69	0.42	57.8
3	1,4	1,4	1,5	39.5	0	0	0	0
4	1,4	1,4	1,5	300	99	0.7	0.41	41.1
5	1,4	1,4	1,5	291.7	148	0.53	0.33	48.6
6	1,4	1,4	1,5	253.6	69	0.29	0.19	12.9

Tableau 2 : Durées brutes d'exposition aux battements d'ombre des habitations les plus proches pour le projet éolien d'Alaincourt (Source : Quadran)

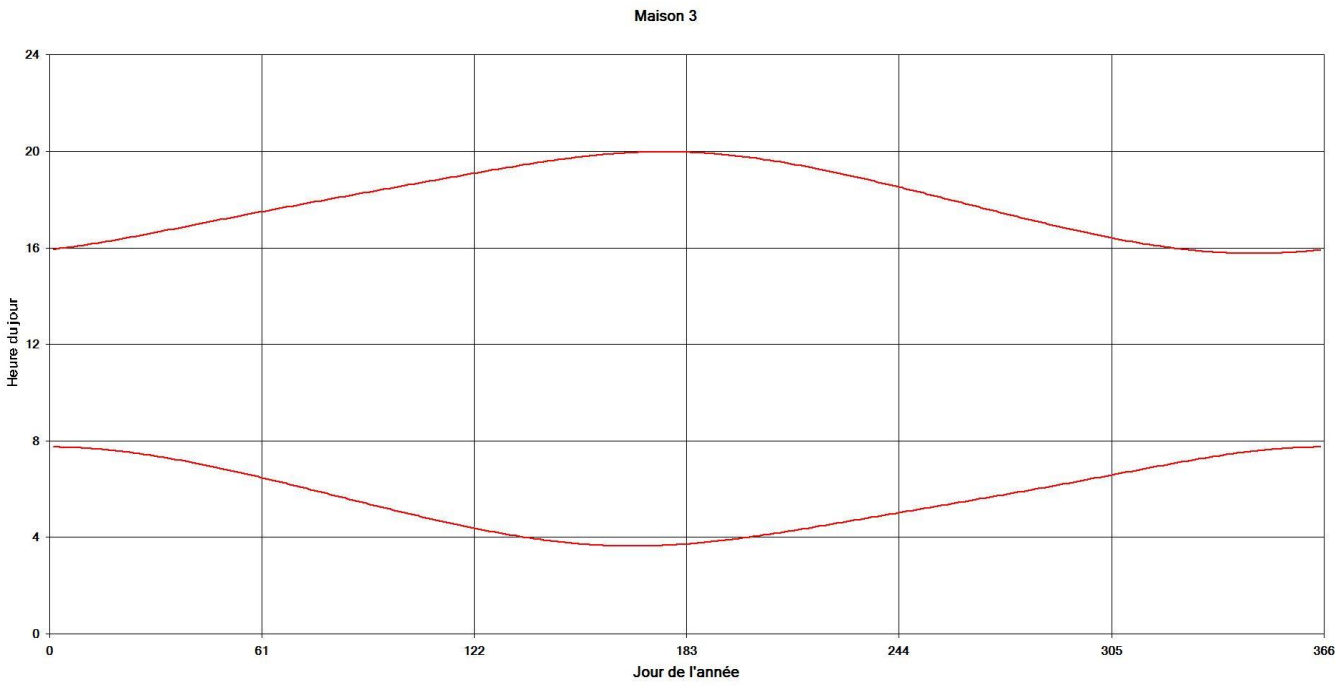
Les graphiques suivants représentent les résultats pour un point de mesure, c'est-à-dire les périodes concernées, du jour et de l'année, au niveau d'une fenêtre d'une maison.



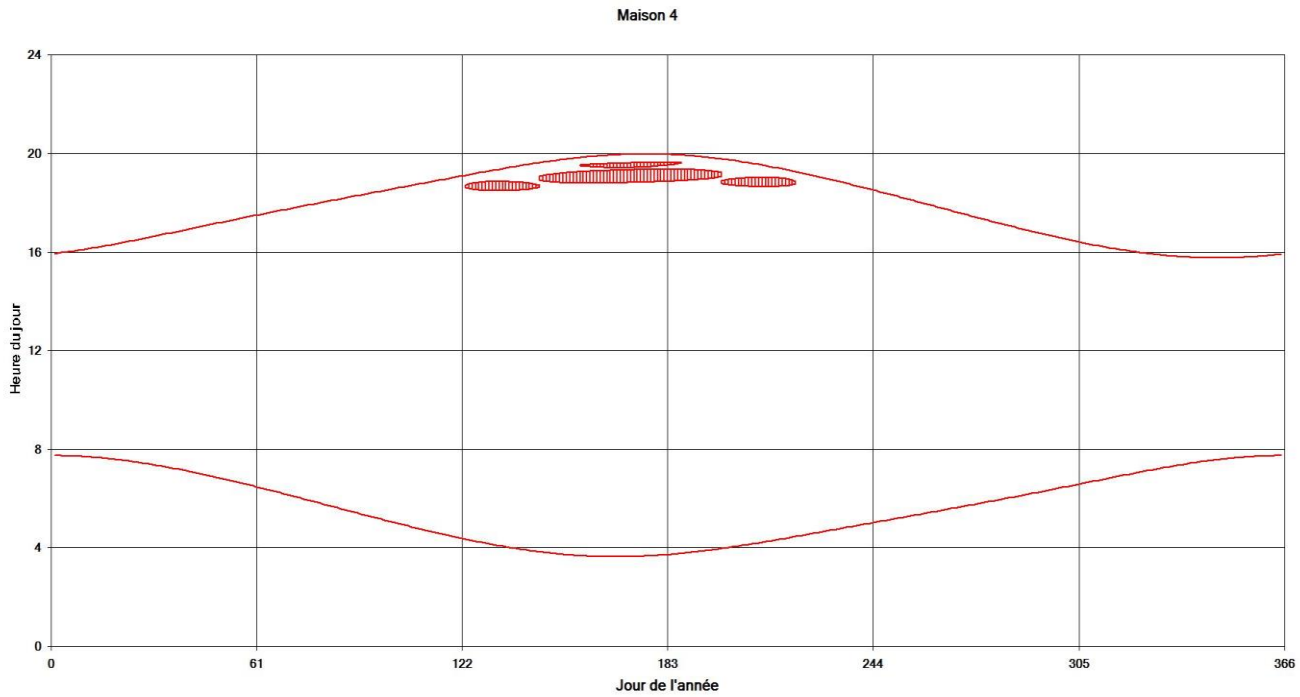
Graphique 1 : Résultats pour la maison 1 (Ferme du bois d'Urvillers)



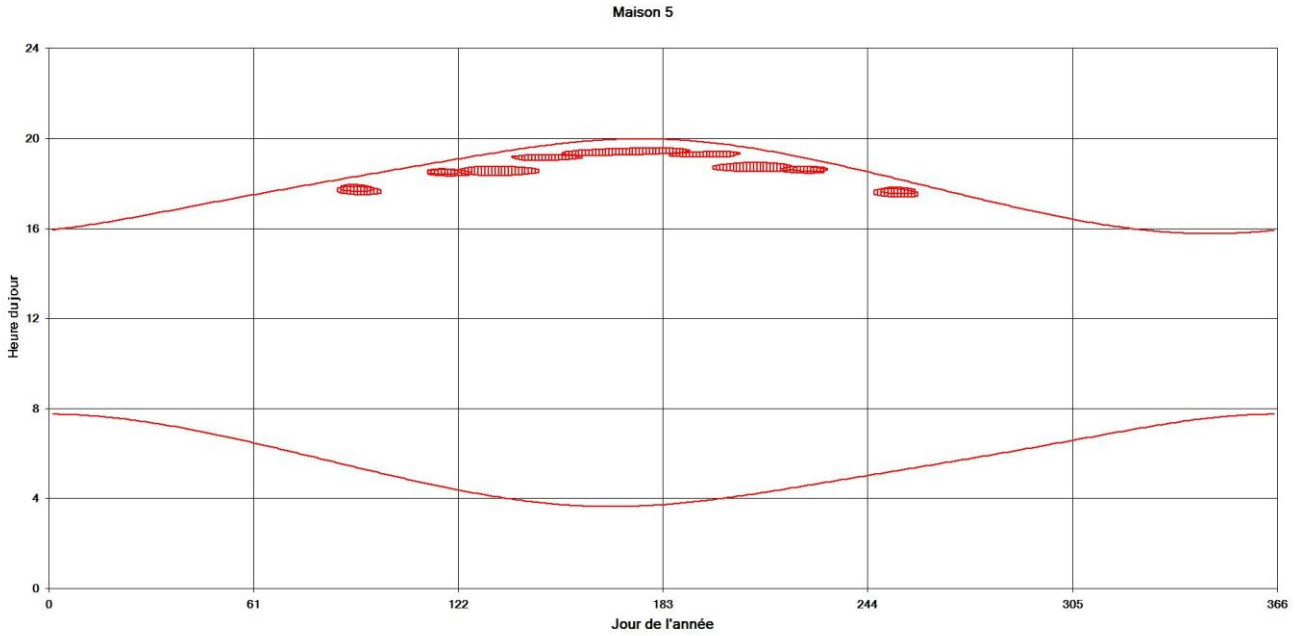
Graphique 2 : Résultats pour la maison 2 (Ferme du Puisieux)



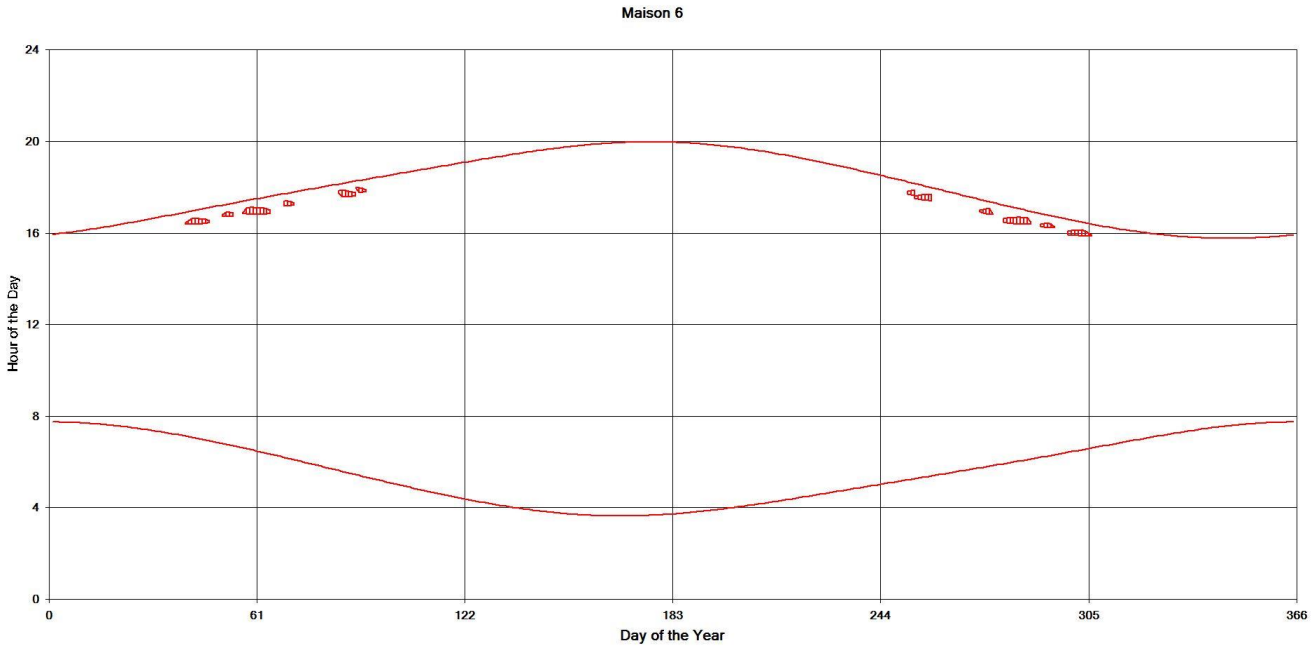
Graphique 3 : Résultats pour la maison 3 (La Guinguette)



Graphique 4 : Résultats pour la maison 4 (Bordure d'Alaincourt, rue de la gare)



Graphique 5 : Résultats pour la maison 5 (Bordure de Berthenicourt, rue d'Alaincourt)



Graphique 6 : Résultats pour la maison 6 (Cité donjon du Hamel)

L'analyse de ces données brutes permet de mettre en évidence les périodes et heures concernées par l'exposition aux battements d'ombre. Ces informations sont présentées dans le Tableau 3 ci-dessous.

Point de Mesure	Durée maximale d'exposition annuelle	Nombre de jours possibles d'exposition par an	Durée maximale possible d'exposition par jour (en minute)	Période d'exposition
1	29 h 36 min	83	30	De fin novembre à mis janvier, fin février et mi-octobre En début de matinée
2	57 h 48 min	139	41.4	D'avril à mi-mai, de juin à juillet et de mis aout à mis septembre En début de matinée
3	0 h 0 min	0	0	Pas d'effet stroboscopique
4	41 h 6 min	99	42	De début mai à fin juillet En fin d'après midi
5	48 h 36 min	148	31.8	Début avril, de fin avril à mi-aout et mis septembre En fin d'après midi
6	12 h 54 min	69	17.4	Entre mis février et mi-mars, début avril, mi-septembre et octobre En fin d'après midi

Tableau 3 : Durées brutes (non pondérées) d'exposition aux battements d'ombre des habitations les plus proches pour le projet éolien d'Alaincourt (Source : Quadran)

IV.3. Ombre astronomique probable du projet éolien

Afin d'obtenir des résultats plus réalistes, ces données brutes d'ombre astronomique maximale sont **pondérées en fonction des probabilités moyennes mensuelles d'ensoleillement régionales**, calculées dans le Tableau 4. Il s'agit alors de l'*ombre astronomique probable*.

Les résultats de cette pondération sont exposés dans le tableau ci-dessous. Pour chaque point de mesure, les durées mensuelles d'exposition sont pondérées puis sommées afin d'obtenir la durée moyenne annuelle pondérée. La durée moyenne journalière est pondérée par mois puis moyennée sur une année, pour chaque point de mesure (Tableau 5).

	Janv.	**Fév.**	**Mars**	**Avril**	**Mai**	**Juin**	**Juil.**	**Août**	**Sept.**	**Oct.**	**Nov.**	**Déc.**	**Année**
Coefficient	0,19	0,3	0,33	0,41	0,42	0,46	0,45	0,47	0,45	0,36	0,26	0,2	0,358

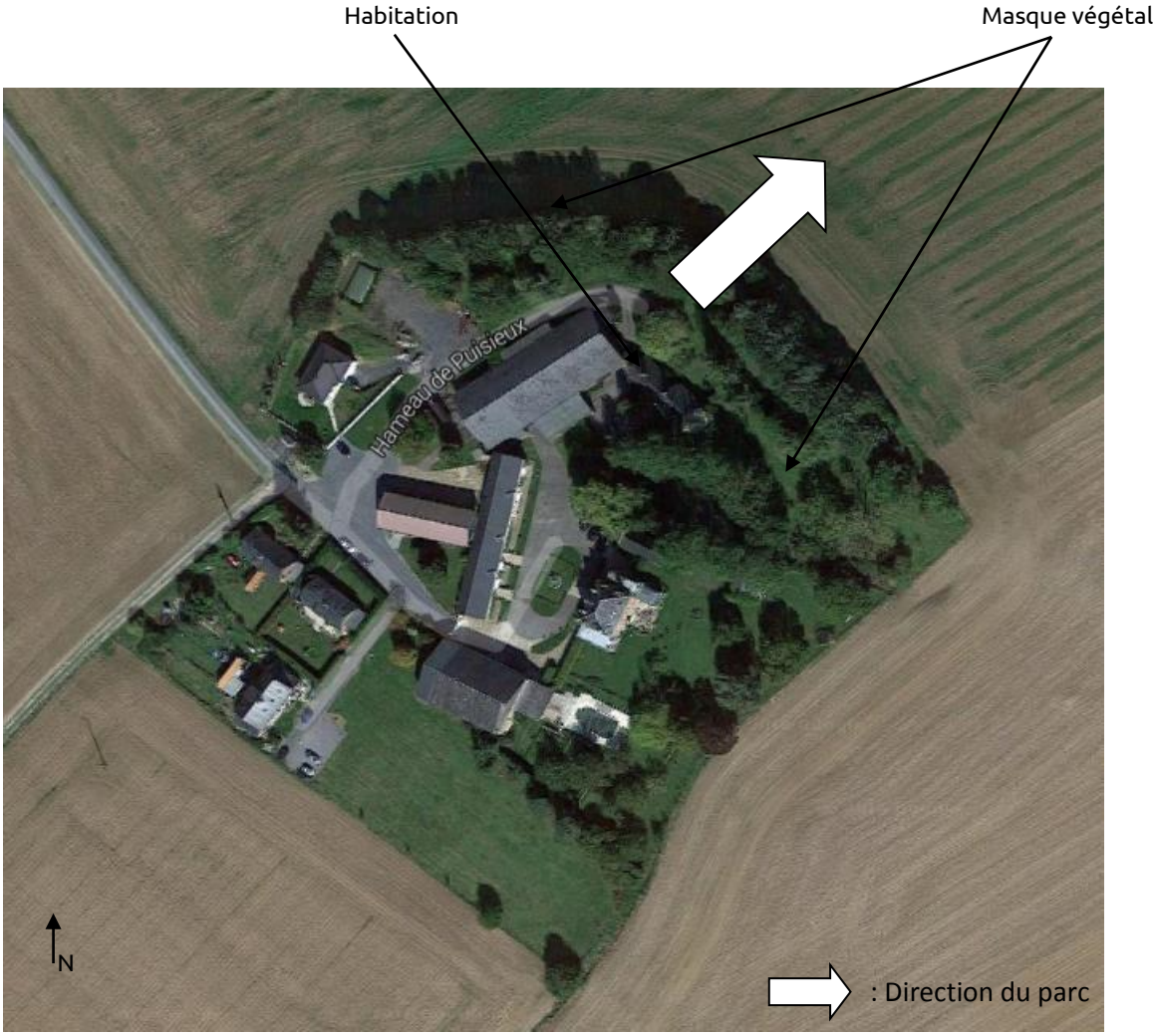
Tableau 4 : Probabilités moyennes mensuelles régionales d'ensoleillement autour de St Quentin (Source : Calsol, 2016)

Point de Mesure	**Durée moyenne d'exposition annuelle aux battements d'ombre** (pondérée selon les probabilités moyennes régionales d'ensoleillement)	**Durée moyenne d'exposition journalière aux battements d'ombre** (pondérée selon les probabilités moyennes régionales d'ensoleillement)
1	10h36min	7min40sec
2	20h42min	8min56sec
3	0h0min	0min0sec
4	14h43min	8min55sec
5	17h24min	7min3sec
6	4h37min	4min09sec

Tableau 5 : Durées moyennes pondérées d'exposition annuelle et journalière aux battements d'ombre pour le projet éolien d'Alaincourt (Source : Quadran)

Il est à noter, en outre, que ces simulations ont été effectuées sans tenir compte des éventuels écrans végétaux ou bâtiments qui peuvent masquer les ombres portées.

C'est le cas par exemple de l'habitation n°2 (Cf. Photo ci-dessous). Face à la façade orientée vers le parc éolien se trouve de la végétation. Celle-ci fait office de masque vis-à-vis du parc éolien.



V. Conclusion de l'étude des battements d'ombre

L'analyse montre que les points de mesure donnent des valeurs nettement inférieures aux 30 heures annuelles (et inférieures aux 30 minutes journalières) usuellement recommandées. L'ensemble des habitations pris comme référence pour l'étude des battements d'ombres apparait donc peu impacté par le phénomène de battement d'ombres.

Notons également que l'habitation 3 (de par sa position) n'est pas impactée par les ombres portées.

Il est important de noter, en outre, que ces simulations ont été effectuées sans tenir compte des éventuels écrans végétaux ou bâtiments agricoles qui peuvent masquer les ombres portées. La maison 2, la plus impactée, est ainsi presque entièrement cachée par un masque végétal.

De plus, un autre critère permettrait de réduire encore ces résultats : il s'agit des durées annuelles de rotation des éoliennes par secteur d'orientation du vent**. Or il est rappelé ici que les modélisations ont été réalisées en prenant les hypothèses contraignantes, c'est-à-dire des éoliennes fonctionnant en permanence, avec un rotor orienté toujours perpendiculairement aux rayons du soleil.**

Considérant donc ces résultats et les directives usuellement en vigueur, l'impact des ombres portées par les éoliennes en fonctionnement sur les habitations les plus proches du projet peut être considéré ici comme faible.