

Champ éolien de Vélye (51) - Mise en place d'éoliennes N117 - Analyse du risque d'agression d'un gazoduc et d'un forage.

Site de Vélye (51)

Préparé pour : ENGIE Green

Projet N° 60587333

17 octobre 2018

Rapport final

Référence : AIX-RAP-18-10760B

Champ éolien de Vélye (51) - Mise en place d'éoliennes N117 - Analyse du risque d'agression d'un gazoduc et d'un forage.

17 octobre 2018

Site de Vélye (51)

Rapport



Préparé par Alain ROUANET
Consultant Senior - Management HSE et Risques Industriels



Vérifié et approuvé par Stéphane HARTZ
Chef de Groupe - Management HSE et Risques Industriels

Fiche de référence

Détails du rapport	
Nom du client :	ENGIE Green
Nom du contact client :	Florent KLEIN
Numéro de projet :	60587333
Préparé par	AECOM France, bureau d'Aix en Provence Europarc de Pichaury - Bât. A5 1330 rue Guilibert de La Lauzière - CS 80430 13591 Aix en Provence Cedex 3, France Tél : 04 42 91 39 33
Numéro de référence :	AIX-RAP-18-10760B
Titre du rapport :	Champ éolien de Vélye (51) - Mise en place d'éoliennes N117 - Analyse du risque d'agression d'un gazoduc et d'un forage.
Date du rapport :	17 octobre 2018

Statut du rapport		
Version du rapport	Date	Détails
A	12 octobre 2018	Version initiale
B	17 octobre 2018	Version finale

DROIT D'AUTEUR

© Ce rapport est la propriété d'AECOM France. Toute reproduction ou utilisation non autorisée par toute personne autre que le destinataire est strictement interdite.

AECOM et URS ne formant qu'un seul groupe, les entités juridiques (URS France SAS et AECOM France SARL, toutes deux détenues par AECOM) ont fusionné en mars 2016 (rachat d'AECOM France SARL par URS France SAS) et opèrent à compter du mois de mai 2016 sous le nom d'AECOM France SAS. Les points de contact restent inchangés sauf spécification particulière.

AECOM France SAS - Lieu d'enregistrement au Registre du Commerce : RCS Nanterre 92 - N° RCS : 402 298 624 00113 - Adresse du Siège Social : 10 Place de Belgique - 92250 La Garenne Colombes – France.

TABLE DES MATIERES

1.	INTRODUCTION	4
2.	DESCRIPTION DES INSTALLATIONS	5
2.1	Situation	5
2.1.1	Contexte topographique.....	5
2.1.2	Implantation du projet éolien et contraintes techniques.....	5
2.2	Caractéristiques des éoliennes	8
3.	METHODOLOGIE RETENUE	9
3.1	Cas de la chute de la machine	9
3.2	Cas de la projection d'un composant	10
4.	HYPOTHESES ET DONNEES DE CALCUL	11
4.1	Zone vulnérable	11
4.2	Probabilité des évènements redoutés	12
4.3	Vitesse et direction du vent	14
4.4	Distance de projection	15
4.5	Probabilité d'une distance de projection défavorable	18
5.	RESULTATS	19
5.1	Cas du gazoduc	19
5.1.1	Effondrement de la machine	19
5.1.2	Projection d'une pale entière	19
5.1.3	Projection d'un tiers de pale.....	19
5.1.4	Projection d'un fragment d'extrémité	21
5.1.5	Synthèse des impacts sur le gazoduc	22
5.2	Cas des installations LUNDIN	23
5.2.1	Effondrement de la machine	23
5.2.2	Projection d'une pale entière	23
5.2.3	Projection d'un tiers de pale.....	24
5.2.4	Projection d'un fragment d'extrémité	25
5.2.5	Synthèse des impacts sur GEN1	26
6.	CONCLUSIONS	27

ISTE DES ANNEXES

Annexe A :	Plan de situation des éoliennes
Annexe B :	Répartition des fréquences de vents
Annexe C :	Synthèses des calculs de projection
Annexe D :	Enveloppe des projections d'une pale entière
Annexe E :	Enveloppe des projections d'un tiers de pale
Annexe F :	Enveloppe des projections de l'extrémité d'une pale
Annexe G :	Enveloppe des zones atteintes en cas d'effondrement de l'éolienne

1. INTRODUCTION

La société ENGIE Green, filiale du Groupe ENGIE, intervient dans le domaine de l'énergie éolienne en assurant des missions de développeur, constructeur et exploitant de parcs éoliens.

Dans le cadre de l'extension du parc éolien de Germinon, dont une partie est située sur la commune de Vélye dans la Marne (51), elle est confrontée à des contraintes techniques liées à la présence d'un gazoduc enterré (exploité par GRTgaz) traversant la zone d'implantation et à l'existence d'un forage de pétrole (installation exploitée par la société LUNDIN) à proximité d'une éolienne.

Parmi les 8 éoliennes prévues dans ce projet, 3 sont implantées à proximité du gazoduc (entre 200 et 300 m) et 1 à proximité du forage (à moins de 300 m).

La société ENGIE Green souhaite donc mener une analyse de risques relative à la proximité entre certaines éoliennes et ces installations.

La présente étude évalue la probabilité annuelle (ou plus exactement la fréquence annuelle) d'impact direct au voisinage de la canalisation (gazoduc) ou des équipements du forage, lié à l'effondrement de la machine ou à la projection d'un des composants. Elle ne comprend pas d'analyse du risque des dommages à la canalisation ou aux équipements du forage en cas de chute ou de projection d'un composant, mais uniquement une détermination de la probabilité d'atteinte de la zone au voisinage de ceux-ci.

Précédemment, la même étude avait été réalisée avec d'autres machines, de moindre envergure, mais situées plus près du gazoduc et en nombre plus important.

2. DESCRIPTION DES INSTALLATIONS

2.1 Situation

2.1.1 Contexte topographique

Le parc éolien de Germinon est situé à moins d'une quinzaine de kilomètres au Sud-ouest de la ville de Châlons-en-Champagne, dans le département de la Marne (51). Située dans l'environnement des plaines champenoises, la zone présente un relief très peu accidenté dans un périmètre de 10 km autour du site.

Pour les éoliennes en projet, l'altitude d'implantation varie entre 120 m et 130 m NGF. Le terrain est donc plat et aucune différence de niveau n'est retenue pour la suite des calculs.

2.1.2 Implantation du projet éolien et contraintes techniques

2.1.2.1 Généralités

Le projet consiste en une extension du parc éolien de Germinon. Il consiste en l'implantation de 8 nouvelles éoliennes réparties sur 6 rangées au nord-ouest de l'actuelle implantation (voir plan de situation en Annexe A).

Il est envisagé une implantation dans la continuité des rangées d'éoliennes existantes, selon un axe sud-est / nord-ouest et selon le principe suivant :

- 4 machines (repères E31 à E34) sur une 1^{ère} rangée,
- 2 machines (repères E35 et E36) sur une 2^{ème} rangée,
- 1 machine (repère E37) sur une 3^{ème} rangée,
- 1 machine (repère E38) sur une 4^{ème} rangée,

2.1.2.2 Implantation du projet vis à vis des installations GRTgaz

GRTgaz exploite les canalisations de gaz haute pression suivantes implantées à proximité de la zone d'implantation :

- une canalisation de transport de gaz Villeseneux – Pocancy (CI) de diamètre nominal DN80 et DN150, et de pression maximale de service (PMS) de 67,7 bar,
- une canalisation de transport de gaz Vélye – Fagnières de diamètre nominal DN150, et de pression maximale de service (PMS) de 67,7 bar,

Le tracé d'implantation des futures éoliennes et du gazoduc qui traverse la zone est présenté ci-après de même qu'en Annexe A.

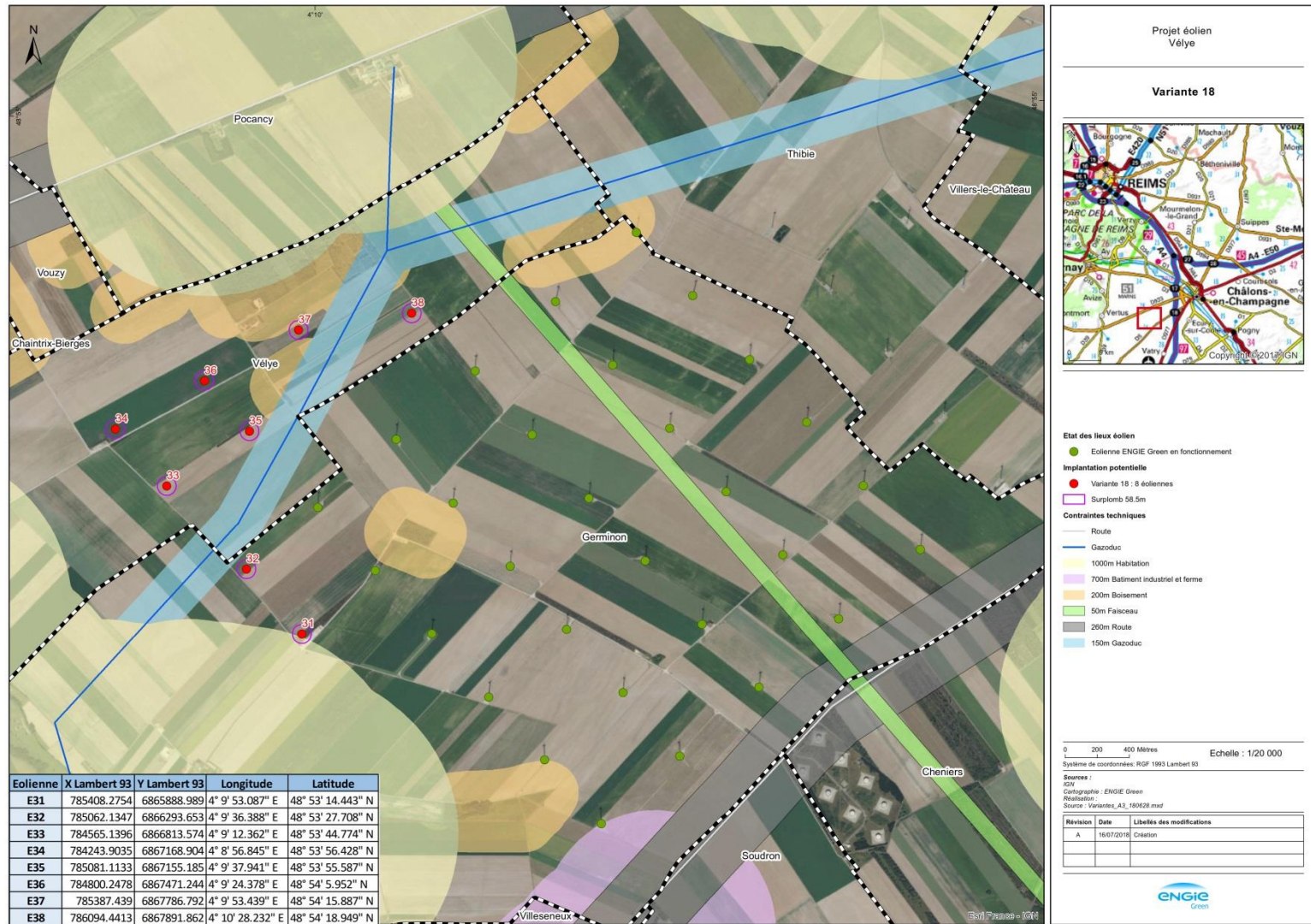


Figure 1 : Implantation du projet vis à vis des canalisations de gaz

2.1.2.3 Implantation du projet vis à vis des installations LUNDIN

LUNDIN Petroleum exploite une installation de production d'hydrocarbures nommée GEN1. Cette installation est située à l'intérieur d'un permis exclusif de recherches d'hydrocarbures, dit de Plivot, renouvelé le 16/09/2015.

De telles installations peuvent comprendre, outre le ou les puits producteurs, des installations annexes :

- un puits de réinjection de l'eau de gisement,
- un ou plusieurs bacs de stockage et de test de production contenus dans une rétention,
- des bâtiments nécessaires à la réinjection,
- un local électrique (TGBT),
- une aire de chargement des hydrocarbures,
- des canalisations reliant les puits à un Centre de Production.

La zone GEN1, située au nord de la zone d'implantation, à proximité des éoliennes E36 et E37, représente une surface d'environ 5 000 m² (en limite parcellaire). Elle est présentée sur la plan en Annexe A.

Les installations réellement présentes sur cette zone, outre le forage de production, n'ont pas été précisées par LUNDIN.

2.1.2.4 Positionnement des installations GRTgaz et LUNDIN

Les canalisations de transport de gaz GRTgaz sont positionnées sur le plan en Annexe A à partir d'un scan des cartes de situation.

L'installation LUNDIN est positionnée sur ce même plan à partir d'un plan et de coordonnées d'implantation fournies par LUNDIN (coordonnées Lambert 93 du forage : X = 785 141.27; Y = 6 867 947.09).

Les éoliennes sont positionnées selon les coordonnées d'implantation ci-dessous fournies par Engie Green.

Eolienne	X Lambert 93	Y Lambert 93
E31	785408.2754	6865888.989
E32	785062.1347	6866293.653
E33	784565.1396	6866813.574
E34	784243.9035	6867168.904
E35	785081.1133	6867155.185
E36	784800.2478	6867471.244
E37	785387.439	6867786.792
E38	786094.4413	6867891.862

Tableau 1 : Coordonnées d'implantation des éoliennes

2.2 Caractéristiques des éoliennes

Il s'agit d'éoliennes construites par la société NORDEX de type N117/2400 d'une puissance nominale unitaire de 2.4 MW. Cette machine comporte un rotor tripale de 117 m de diamètre disposé sur un mât d'une hauteur de 91 m. Les pales sont réalisées en matériau composite (fibre de verre et résine).

Le tableau ci-après indique les caractéristiques principales de la machine (données fournies par ENGIE Green) :

Eolienne N117	
Diamètre du rotor	117 m
Vitesse de rotation (mini / maxi)	7.5 à 13.2 tours par minute
Vitesse de rotation nominale	11.8 tours par minute
Longueur de pale	57.3 m
Vitesses mini et maxi de vent	3 à 20 m/s
Vitesse de vent minimale permettant d'atteindre la vitesse de rotation nominale	11 m/s
Masse de la pale	11.7 tonnes
Rayon du moyeu	1.2 m
Hauteur du mat (à l'axe du moyeu)	91 m

Tableau 2 : Caractéristiques des éoliennes

3. METHODOLOGIE RETENUE

L'objectif de la présente étude est de déterminer des probabilités d'atteinte de la zone d'implantation du gazoduc ou des installations LUNDIN par la chute d'une éolienne ou la projection d'un composant de celle-ci.

Comme déjà précisé en introduction, il ne s'agit pas de déterminer les dommages qui peuvent être occasionnés à la canalisation enterrée de gaz sous pression GRTgaz ou aux installations LUNDIN mais seulement de déterminer une probabilité d'impact au voisinage de celles-ci.

Il faut préciser que les probabilités de rupture des canalisations de gaz enterrées, toutes causes confondues, sont évaluées à $1.65 \cdot 10^{-4}$ par km et par an pour un diamètre inférieur à 200 mm (source : Rapport GESIP n° 2008/01 - Guide méthodologique pour la réalisation d'une étude de dangers concernant une canalisation de transport (hydrocarbures liquides ou liquéfiés, gaz naturel ou assimilé et produits chimiques) – janvier 2014). Ce même document précise que pour une canalisation de moins de 200 mm de diamètre, la probabilité de fuite (quelle que soit la taille de la brèche) est de l'ordre de 10^{-3} par km et par an, soit environ 6 fois plus importante que la probabilité de rupture totale.

3.1 Cas de la chute de la machine

Dans ce cas, il est considéré que la chute de la machine (effondrement) est assimilée à un basculement de celle-ci autour du point de base du mât, de telle sorte que la distance maximale atteinte est égale à la hauteur totale de l'éolienne (hauteur à l'axe du moyeu + rayon du rotor). Ceci correspond au cas majorant.

La probabilité d'atteinte d'une zone par l'effondrement de l'éolienne, est déterminée en fonction de la probabilité d'effondrement de la tour et de l'orientation de la chute :

$$P_{\text{mach}} = P_{\text{eff}} \times P_{\text{dir}}$$

Avec :

- P_{mach} : probabilité d'atteinte de la zone par la machine ;
- P_{eff} : probabilité de l'évènement redouté d'effondrement de la tour ;
- P_{dir} : probabilité d'effondrement en direction de la zone.

A noter que cette probabilité ne s'applique que pour les éoliennes situées à une distance inférieure à une hauteur totale de la machine par rapport aux installations voisines.

3.2 Cas de la projection d'un composant

Il s'agit d'examiner la probabilité d'atteinte de la zone d'implantation des installations voisines par un élément de la machine projeté à distance. Les éléments à considérer sont les composants en rotation, à savoir les éléments du rotor (pale entière, morceau de pale).

Il est retenu 3 types de projectiles différents :

- Une pale entière (rupture de pale au niveau de l'emplanture) ;
- Un gros fragment (tiers extrême de pale) ;
- Un petit fragment (extrémité de pale, environ 5% de la longueur).

La probabilité d'atteinte d'une cible par une pale ou une partie de pale est déterminée en fonction de la probabilité de rupture de l'élément, de la situation spatiale de la pale au moment de l'incident (angle d'émission à laquelle correspond une distance de projection), de la fréquence et de la vitesse du vent (dans une direction perpendiculaire à la direction de projection) :

$$P_{\text{pal}} = P_{\text{rup}} \times P_{\text{ang}} \times P_{\text{vent}}$$

Avec :

- P_{pal} : probabilité d'atteinte de la zone par une pale entière ou un fragment de pale ;
- P_{rup} : probabilité de l'évènement redouté de rupture de la pale ou d'un fragment de pale ;
- P_{ang} : probabilité d'un angle d'émission défavorable ;
- P_{vent} : probabilité de vitesses et directions de vent défavorables.

Pour une même cible, la probabilité globale associée au parc éolien est la somme des probabilités obtenues pour chacune des machines composant le parc et susceptibles d'impacter la cible.

4. HYPOTHESES ET DONNEES DE CALCUL

4.1 Zone vulnérable

Dans le cadre de cette étude, nous avons considéré que la zone vulnérable vis-à-vis des impacts ne se limitait pas à la seule surface au sol occupée par la canalisation GRTgaz ou par les installations LUNDIN. Nous avons donc défini une étendue de zone de part et d'autre des installations, considérée comme vulnérable.

Cas des canalisations enterrées :

Une estimation de la zone à retenir est définie par l'ECN (Braam et al. ; Hanboek Risicozonering Windturbines ; versie 2 ; 2005 ; SenterNovem) en fonction du diamètre de la canalisation et de sa profondeur d'enfouissement :

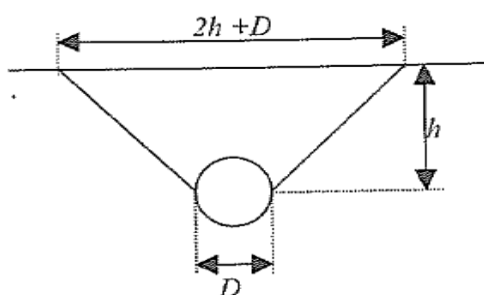


Figure 2 : Définition de la zone vulnérable

La profondeur d'enfouissement n'a pas été indiquée par GRTgaz. Nous avons considéré une profondeur moyenne égale à 1 m. Sur cette base, le diamètre des gazoducs n'excédant pas 15 cm, la largeur de zone à retenir serait de 2.15 m soit moins de 1.5 m de part et d'autre du tracé de la canalisation.

Afin de rester majorants dans ce type de démarche, nous avons retenu une zone vulnérable de 5 m de part et d'autre des gazoducs.

Bien que l'étude ne porte pas sur le risque d'agression proprement dit des gazoducs, on peut néanmoins préciser le point suivant. En supposant qu'un projectile, dont l'impact se situerait à plus de 5 m de la canalisation, pénètre suffisamment dans le sol pour atteindre celle-ci, il faudrait que l'angle d'incidence par rapport au sol au moment de l'impact soit de moins de 12 degrés (Arc tangente 1/5). Sur la base des vitesses d'éjection et de la hauteur minimale d'éjection un tel cas ne peut se produire.

Par ailleurs, dans le cadre de la projection d'éléments, les distances de projection correspondent à la distance calculée entre le pied de mât et le centre de gravité du projectile. En considérant que lors de l'impact au sol, la pale ou le fragment a son extrémité dirigée vers la canalisation, il faut augmenter la zone vulnérable autour de la canalisation de la distance séparant le centre de gravité de l'extrémité du fragment.

En plus du projectile constitué d'une pale entière, deux types de fragments ont été retenus :

- un fragment de grande taille pris égal au tiers de la longueur de la pale (l'accidentologie montre que les gros fragments ont des tailles de l'ordre du tiers ou du quart de la pale) ;

- un fragment de petite taille (extrémité de pale) pris égale à 3 m. Ceci est en accord avec la valeur de 5 % de la longueur de la pale souvent retenue.

Il est fait ensuite l'hypothèse que le centre de gravité est positionné vis-à-vis du point de rupture :

- à 15.7 m de la bride de fixation sur le moyeu (16.9 m de l'axe de rotation) pour une pale entière (donnée ENGIE Green) ;
- au tiers de la taille du projectile pour un fragment d'un tiers de pale ;
- au centre du projectile pour l'extrémité de pale.

Compte tenu de la taille des pales et fragments (voir paragraphe 2.2), la zone vulnérable de part et d'autre d'une installation voisine est donc de :

- 41.6 m (distance entre centre de gravité et bout de pale) pour une pale entière à savoir : 57.3 m (longueur de pale) – 15.7 m (distance entre centre de gravité et la bride de fixation de la pale);
- 12.7 m pour un fragment d'un tiers de pale à savoir : 19.1 m (longueur d'un tiers de pale) x 2/3 (distance entre centre de gravité et bout de fragment) ;
- 1.5 m pour l'extrémité de pale à savoir : 3 m (longueur du fragment) x 1/2 (distance entre centre de gravité et bout de fragment).

Dans le cas où l'installation voisine est une canalisation enterrée, une valeur de 5 m est à ajouter aux distances ci-dessus afin de déterminer la zone vulnérable. La zone vulnérable autour du gazoduc est ainsi portée à :

- 46.6 m pour une pale entière ;
- 17.7 m pour un fragment d'un tiers de pale ;
- 6.5 m pour l'extrémité de pale.

4.2 Probabilité des évènements redoutés

Les évènements redoutés sont les évènements de type effondrement de l'éolienne (chute) ou projection de pale ou de partie de pale.

Les probabilités de ces évènements (assimilées à une fréquence annuelle) ont été déterminées sur la base d'informations transmises par ENGIE Green ou disponibles dans la littérature.

Les valeurs examinées sont présentées dans le tableau ci-dessous. Ces valeurs s'entendent en termes d'évènement par an et par machine.

Type d'évènement redouté	Valeurs typiques (par an et par machine)		
	Valeurs ENGIE Green	Autres valeurs	
		[1]	[2]
Effondrement de la machine	/	$1.3 \cdot 10^{-4}$	$3.5 \cdot 10^{-4}$
Rupture de pale entière	$2.44 \cdot 10^{-4}$	$8.4 \cdot 10^{-4}$	5.38 $\cdot 10^{-4}$ dont : - 12 % pour la pale entière soit $0.65 \cdot 10^{-4}$ - 42 % pour un petit fragment (extrémité) soit $2.26 \cdot 10^{-4}$ - 46 % pour un fragment intermédiaire soit $2.47 \cdot 10^{-4}$
- dont à vitesse nominale	/	$4.2 \cdot 10^{-4}$	
- dont à vitesse maximale (vitesse correspondant au seuil d'arrêt par survitesse)	/	$4.2 \cdot 10^{-4}$	
Rupture de partie de pale	$1.22 \cdot 10^{-4}$	$2.6 \cdot 10^{-4}$ (extrémité)	

Tableau 3 : Valeurs typiques des évènements redoutés

[1] : Valeurs établies par le Centre de Recherche Energétique des Pays-Bas (ECN) dans le cadre d'un programme sur les énergies durables aux Pays-Bas (Braam et al. ; Handboek Risicozonering Windturbines ; versie 2 ; 2005 ; SenterNovem). Ces valeurs sont reprises dans un rapport pour la commission énergétique de Californie (Permitting setback requirements for wind turbines in California ; 2006). Valeurs établies sur la base de données antérieures à 2001 et portant sur des machines installées en Allemagne et au Danemark.

[2] : Valeurs définies par le groupe de travail participant à la définition du guide technique relatif à la conduite de l'étude de dangers dans le cadre de parcs éoliens (INERIS, professionnels du Syndicat des Energies Renouvelables et France Energie Eolienne. Ces valeurs reposent sur le retour d'expérience d'exploitation des machines de génération récente en France (période 2005-2010).

On voit que toutes ces valeurs sont du même ordre de grandeur (facteur de l'ordre de 3 entre la plus faible et la plus élevée).

Nous proposons donc de retenir les valeurs suivantes pour la suite de l'étude :

- effondrement de machine : $3.5 \cdot 10^{-4}$ (valeur enveloppe) ;
- rupture de pale entière : $2.5 \cdot 10^{-4}$ valeur ENGIE Green, intermédiaire entre valeurs issues de [1] et [2] ;
- rupture d'un gros fragment de pale : $2.5 \cdot 10^{-4}$ valeur issue de [2] ;
- rupture d'un petit fragment (extrémité de pale) : $2.5 \cdot 10^{-4}$ valeur issue de [2] ;

Il faut noter que ces valeurs reposent sur le retour d'expérience à partir de données qui concernent des éoliennes dont certaines sont d'ancienne génération. Les éoliennes qu'il est projeté d'installer sont des machines de conception récente qui respectent les dernières normes applicables. Les probabilités de défaillance s'en trouvent réduites.

4.3 Vitesse et direction du vent

La direction du vent conditionne le positionnement de l'éolienne (machine face au vent) et a une influence sur la direction préférentielle de projection d'un fragment ou d'effondrement de la machine.

Il est considéré par la suite que l'effondrement de l'éolienne se fait suivant la direction vers laquelle souffle le vent (la machine « se couche » sous la poussée du vent).

En revanche, lorsqu'il s'agit de la projection de pale ou d'une partie de pale, la direction de projection est perpendiculaire à la direction du vent.

La vitesse du vent agit sur deux facteurs :

- la vitesse de rotation de l'éolienne (la vitesse nominale de rotation ne peut être atteinte que pour des vents dont la vitesse est supérieure ou égale à 11 m/s) ;
- le déport du projectile par rapport à la direction initiale de projection, sous l'effet du vent transversal.

Les probabilités relatives à la vitesse et à la direction du vent sont déterminées à partir des données fournies par ENGIE Green (issues de mesures locales au mât de TRECON). La figure ci-dessous présente l'ensemble des fréquences par direction pour la zone d'implantation.

Le détail des fréquences de vent en fonction de la direction de celui-ci (direction d'où provient le vent) et des classes de vitesses est disponible en Annexe B.

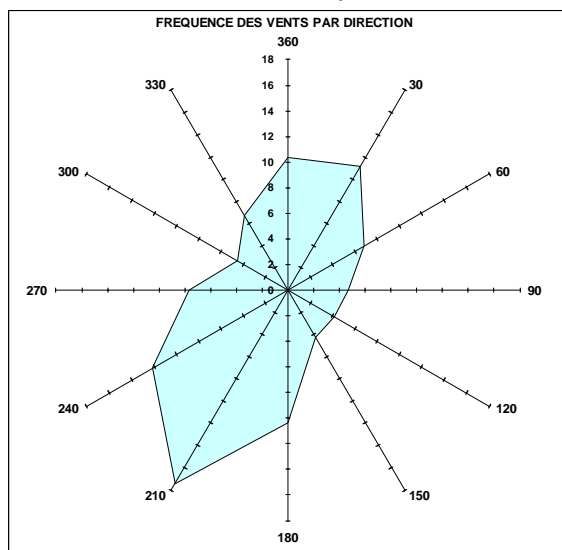


Figure 3 : Rose des vents locale (mât de TRECON)

Pour le calcul de la probabilité d'effondrement de la machine, il est retenu la probabilité correspondant aux vents forts des secteurs de vent dirigés vers la zone vulnérable. Les vents forts considérés sont ceux au-delà desquels la machine atteint sa vitesse de rotation nominale (11 m/s).

4.4 Distance de projection

Pour les phénomènes de projection de pales ou de morceaux de pales, la distance de projection dépend d'une part de la masse et de la géométrie du projectile, mais aussi de l'angle et de la vitesse d'émission, ainsi que de la hauteur de départ de celui-ci. Les équations de la balistique sont utilisées afin de modéliser la trajectoire d'un projectile.

La vitesse d'émission retenue correspond à la vitesse maximale de rotation de l'éolienne. Cette vitesse conduit d'ailleurs aux valeurs maximales des distances de projection.

Il est tenu compte des frottements du projectile dans l'air et de la déviation de sa trajectoire sous l'influence d'un vent transversal. Par contre, dans les calculs, il n'est pas considéré de rebond du projectile lors de l'impact.

Compte tenu de l'absence de relief significatif sur la zone d'implantation, il n'est pas tenu compte de différence d'altitude entre les points d'implantation des éoliennes et les points d'impacts de projectiles (pales ou fragments de pales).

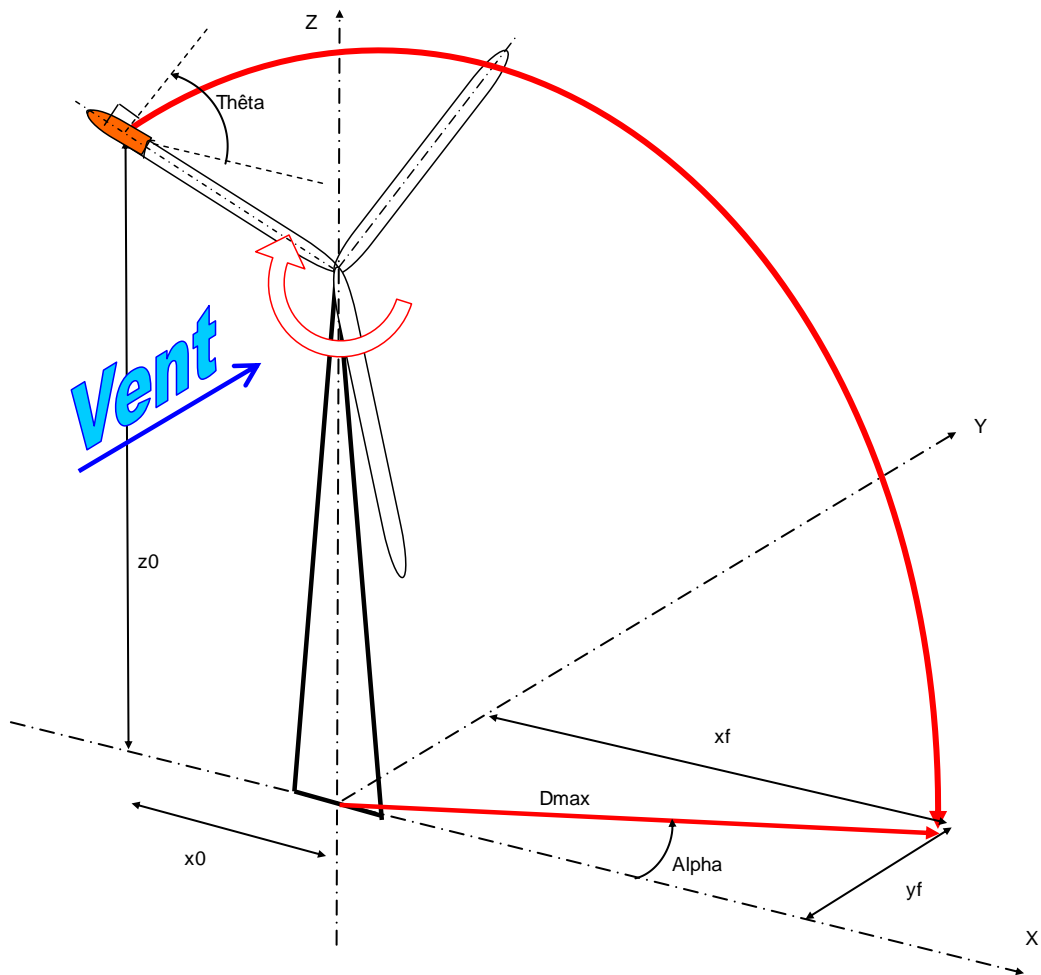


Figure 4 : Trajectoire d'un projectile soumis à l'influence du vent

Le calcul de la trajectoire est réalisé numériquement à partir des équations suivantes.

L'équation de vitesse du centre de masse :

$$v(t) = \sqrt{v_x(t)^2 + v_y(t)^2 + v_z(t)^2}$$

Les accélérations qui sont telles que :

$$a_x = \frac{-D_x}{m} \times v(t) \times v_x$$

$$a_y = \frac{D_y}{m} \times v(t) \times (w - v_y)$$

$$a_z = -g - \frac{D_z}{m} \times v(t) \times v_z$$

Avec :

- $v_{x,y,z}$ = vitesse suivant la direction x, y ou z
- $a_{x,y,z}$ = accélération suivant la direction x, y ou z
- w = vitesse du vent,
- m = masse du projectile,
- $D_{x,y,z} = 0.5 * C_d * \rho * A$
- C_d = coefficient de traînée,
- ρ = masse volumique de l'air = 1.2 kg/m³,
- A = surface du maître couple considéré.

Il est considéré que le projectile est orienté dans le sens longitudinal lors de son éjection (comme un javelot). Le frottement de l'air dans la direction de projection s'exerce sur le maître couple principal (dans le plan YZ sur la figure ci-après) et tend à freiner le projectile. Pour la prise en compte de l'effet du vent sur le déport du projectile, il est retenu un maître couple dit « latéral » qui est une valeur moyenne des maîtres couples dans les deux autres plans de la pale (plans XY et XZ).

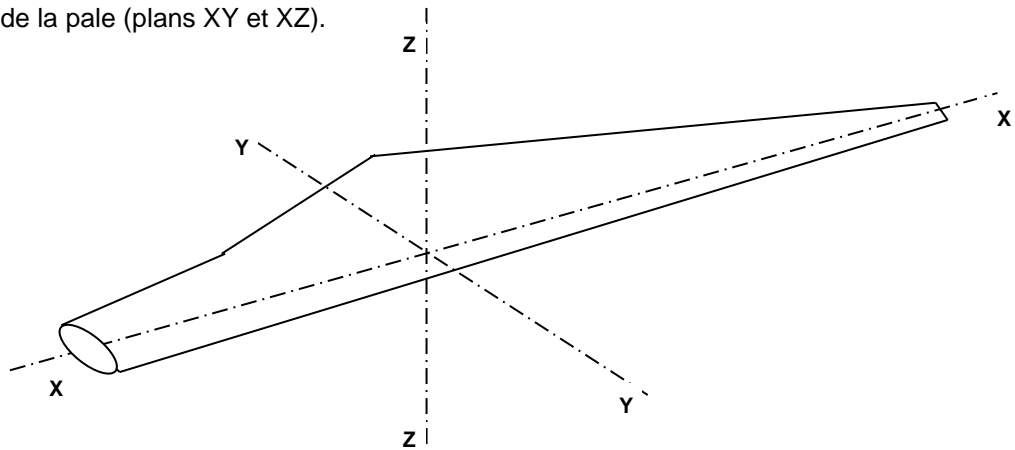


Figure 5 : Axes principaux de la pale

La distance atteinte par le projectile est calculée pour différents angles d'émission **Thêta** (angle entre la normale à la pale et le plan horizontal). Un pas angulaire de 10 degrés est choisi par AECOM France.

Les hypothèses retenues pour les différentes modélisations sont présentées dans le tableau ci-après :

Paramètre	Valeurs retenues
Vitesse de vent	11 m/s
Vitesse du rotor (vitesse maximale)	13.2 tours par minute
Rayon du moyeu de l'éolienne	1.2 m
Longueur du projectile	Pale entière : 57.3 m 1/3 de pale : 19.1 m Extrémité de pale : 3 m
Hauteur totale de l'éolienne	150 m
Poids du projectile	Pale entière : 11 700 kg 1/3 de pale : 1 500 kg [1] Extrémité de pale : 75 kg [1]
Surface du maître couple principal (dans la direction de projection) [1]	Pale entière : 6 m ² 1/3 de pale : 1.25 m ² Extrémité de pale : 0.17 m ²
Surface du maître couple latéral (sens perpendiculaire à la projection) [1]	Pale entière : 100 m ² 1/3 de pale : 16 m ² Extrémité de pale : 1.2 m ²
Coefficient de traînée pour la direction de projection (frottement) et dans la direction perpendiculaire (prise au vent)	0.5 (valeur considérée comme enveloppe)

[1] Valeurs estimées par AECOM France, celles-ci n'ayant pu être fournies par ENGIE Green

Tableau 4 : Hypothèses pour le calcul de la trajectoire des projectiles

4.5 Probabilité d'une distance de projection défavorable

La détermination des distances de projection défavorable est faite à partir des tracés graphiques des enveloppes de projection. Un profil, correspondant aux diverses positions de chute du projectile, est positionné sur la carte pour chacune des directions de vent étudiées. Les secteurs de vent retenus ayant un angle de 30°, le profil est également positionné à 15° de part et d'autre de l'axe du vent comme illustré ci-après (cas d'un vent de secteur 30°).

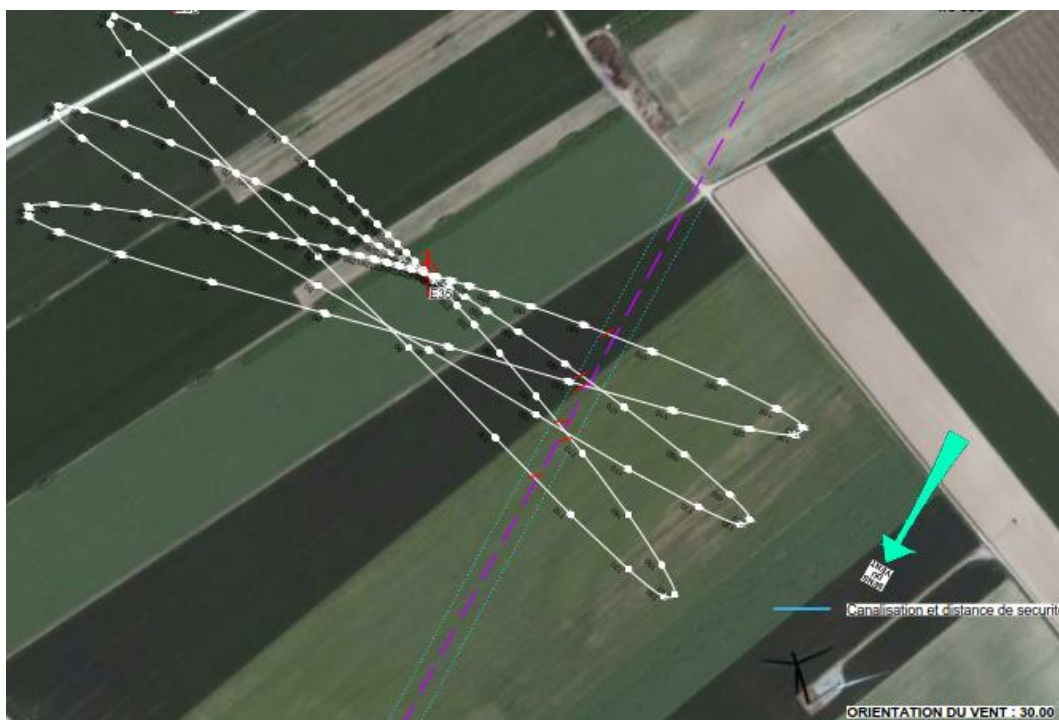


Figure 6 : Détermination des angles de projection défavorable

Pour chacune des directions de vent, le nombre d'angles d'émission défavorables est déterminé graphiquement.

Ainsi, sur l'exemple ci-dessus, il est déterminé que la rupture d'une partie de pale (tiers de pale) lorsque celle-ci est située à un angle Θ de 100 à 110° et de 170 à 180°, conduit à l'envoi du projectile dans la zone étudiée (traits rouges).

Sur cet exemple, parmi les 108 angles d'émission étudiés (36 angles pour chacun des 3 profils), 6 d'entre eux, soit 1/18 des directions d'éjection, conduisent à des distances qui atteignent la zone vulnérable.

Compte tenu de la taille des secteurs d'angle d'émission retenus (tous les 10 degrés), les valeurs trouvées sont enveloppes (valeurs par excès).

Le processus est répété pour chacune des directions de vent et pour chacune des éoliennes, puis sommé pour chacune des directions.

5. RESULTATS

5.1 Cas du gazoduc

5.1.1 Effondrement de la machine

Les éoliennes ont une hauteur totale (mât + pale) de 150 m. Afin que la chute d'une éolienne n'impacte pas la zone du gazoduc, la distance minimale entre les éoliennes et celui-ci devrait donc, en tenant compte d'une zone vulnérable de 5 m autour de la canalisation, être supérieure à 155 m.

Toutes les éoliennes sont situées à une distance supérieure à cette valeur. L'éolienne qui se trouve le plus près (E35) est implantée à plus de 200 m du gazoduc (voir tracé en Annexe G).

L'impact sur la zone d'implantation du gazoduc en cas de renversement d'une éolienne n'est donc pas à retenir.

5.1.2 Projection d'une pale entière

Le détail des distances atteintes par la projection d'une pale entière est présenté en Annexe C. Il peut être retenu que la distance maximale atteinte (par le centre de gravité de la pale) reste inférieur à 113 mètres.

Même en considérant la distance de sécurité de 46.6 m autour du tracé du gazoduc, la projection d'une pale entière n'est donc pas susceptible d'atteindre la zone du gazoduc (voir graphe en Annexe D présentant les diverses zones atteintes en fonction des secteurs de vent retenus).

5.1.3 Projection d'un tiers de pale

5.1.3.1 Distances aux effets

Le détail des distances atteintes par la projection d'un tiers de pale est présenté en Annexe C. Il peut être retenu que la distance atteinte par le centre de gravité reste inférieure 451 m.

Ainsi qu'illustré en Annexe E, seules les éoliennes E32, E35, E37 et E38 sont susceptibles d'induire des effets sur le gazoduc en cas de projection d'un tiers de pale.

5.1.3.2 Probabilités

Le tableau ci-dessous précise les probabilités globales d'atteinte de la zone autour du gazoduc par une projection d'un tiers de pale compte tenu des diverses probabilités élémentaires (direction et vitesse de vent défavorable, angle d'émission défavorable).

Cas d'un gros fragment (Tiers de pale)							
Secteur de vent	Vent défavorable			Angles d'émission défavorables (toutes machines confondues E32, E35, E37 et E38)		Probabilité de rupture d'un gros fragment de pale	Probabilité d'atteinte de la zone vulnérable
	Fréquence direction (%)	Fréquence des vitesses ≥ 11 m/s (‰)	P _{vent}	Nombre d'angles	P _{ang}	P _{rup}	P _{pal}
360° / 0°	10.35	70.54	7.30E-03	21	0.194	2.50E-04	3.55E-07
30°	11.19	123.79	1.39E-02	24	0.222		7.70E-07
60°	6.78	111.74	7.58E-03	27	0.250		4.73E-07
90°	4.65	18	8.37E-04	16	0.148		3.10E-08
120°	4.12	44.54	1.84E-03	1	0.009		4.25E-09
150°	4.25	165.48	7.03E-03	12	0.111		1.95E-07
180°	10.34	353.77	3.66E-02	25	0.231		2.12E-06
210°	17.35	320.4	5.56E-02	24	0.222		3.09E-06
240°	12.07	246.51	2.98E-02	25	0.231		1.72E-06
270°	7.63	101.78	7.77E-03	17	0.157		3.06E-07
300°	4.51	53.61	2.42E-03	0	0.000		0.00E+00
330°	6.75	63.45	4.28E-03	10	0.093		9.91E-08
TOTAL							9.16E-06

Tableau 5 : Probabilité d'atteinte de la zone autour du gazoduc en cas de projection d'un tiers de pale

Le tableau ci-après indique la probabilité d'atteinte de la zone vulnérable autour du gazoduc pour chacune des 4 éoliennes concernées.

Repère de l'éolienne	Probabilité d'atteinte de la zone vulnérable
E32	2.18 E-06
E35	2.24 E-06
E37	2.43 E-06
E38	2.31 E-06

Tableau 6 : Probabilité d'atteinte du gazoduc associée à chaque éolienne en cas de projection d'un tiers de pale

La contribution à la probabilité globale est du même ordre de grandeur pour chacune des 4 éoliennes.

La fréquence annuelle pour que la zone autour du gazoduc soit atteinte par la projection d'un tiers de pale est donc d'environ $1 \cdot 10^{-5}$ par an. Ramenée à la longueur du gazoduc comprise dans la zone d'implantation (environ 2.5 km entre les éoliennes extrêmes), ceci correspond à une probabilité de l'ordre de $4 \cdot 10^{-6}$ / (km.an).

Cette valeur est à comparer à la valeur de $1.65 \cdot 10^{-4}$ / (km.an) retenue comme probabilité générique de rupture d'une canalisation de gaz enterrée selon le guide GESIP 2008/01.

5.1.4 Projection d'un fragment d'extrémité

5.1.4.1 Distances aux effets

Le détail des distances atteintes par la projection d'une extrémité de pale est présenté en Annexe C. Il peut être retenu que la distance maximale est de 550 m.

Ainsi qu'illustré en Annexe F, seules les éoliennes E32, E33, E35, E37 et E38 sont susceptibles d'induire des effets sur la zone autour du gazoduc en cas de projection d'un fragment d'extrémité.

5.1.4.2 Probabilités

Le tableau ci-dessous précise les probabilités globales d'atteinte de la zone autour du gazoduc par la projection d'un fragment d'extrémité compte tenu des diverses probabilités élémentaires (direction et vitesse de vent défavorable, angle d'émission défavorable).

Cas d'un petit fragment (Extrémité)							
Secteur de vent	Vent défavorable			Angles d'émission défavorables (toutes machines confondues E32, E33, E35, E37 et E38)		Probabilité de rupture d'un petit fragment de pale P_{rup}	Probabilité d'atteinte de la zone vulnérable P_{pal}
	Fréquence direction (%)	Fréquence des vitesses ≥ 11 m/s (‰)	P_{vent}	Nombre d'angles	P_{ang}		
360° / 0°	10.35	70.54	7.30E-03	29	0.269	2.50E-04	4.90E-07
30°	11.19	123.79	1.39E-02	30	0.278		9.62E-07
60°	6.78	111.74	7.58E-03	28	0.259		4.91E-07
90°	4.65	18	8.37E-04	16	0.148		3.10E-08
120°	4.12	44.54	1.84E-03	6	0.056		2.55E-08
150°	4.25	165.48	7.03E-03	14	0.130		2.28E-07
180°	10.34	353.77	3.66E-02	26	0.241		2.20E-06
210°	17.35	320.4	5.56E-02	30	0.278		3.86E-06
240°	12.07	246.51	2.98E-02	31	0.287		2.14E-06
270°	7.63	101.78	7.77E-03	22	0.204		3.95E-07
300°	4.51	53.61	2.42E-03	6	0.056		3.36E-08
330°	6.75	63.45	4.28E-03	17	0.157		1.69E-07
TOTAL							1.10E-05

Tableau 7 : Probabilité d'atteinte de la zone autour du gazoduc en cas de projection d'un fragment d'extrémité

Le tableau ci-après indique la probabilité d'atteinte de la zone vulnérable autour du gazoduc pour chacune des 5 éoliennes concernées.

Repère de l'éolienne	Probabilité d'atteinte de la zone vulnérable
E32	2.31 E-06
E33	1.81 E-06
E35	2.35 E-06
E37	2.27 E-06
E38	2.28 E-06

Tableau 8 : Probabilité d'atteinte du gazoduc associée à chaque éolienne en cas de projection d'un fragment d'extrémité

La contribution à la probabilité globale est du même ordre de grandeur pour chacune des éoliennes (légèrement plus faible pour E33 qui est un peu plus éloignée du gazoduc).

La fréquence annuelle pour que la zone autour du gazoduc soit atteinte par la projection d'un fragment d'extrémité est donc d'environ $1.1 \cdot 10^{-5}$ par an, soit légèrement supérieure à celle correspondant à un tiers de pale. Ramenée à la longueur du gazoduc comprise dans la zone d'implantation (environ 2.5 km entre les éoliennes extrêmes), ceci correspond à une probabilité de l'ordre de $4.4 \cdot 10^{-6}$ / (km.an).

Cette valeur est à comparer à la valeur de $1.65 \cdot 10^{-4}$ / (km.an) retenue comme probabilité générique de rupture d'une canalisation de gaz enterrée selon le guide GESIP 2008/01.

5.1.5 Synthèse des impacts sur le gazoduc

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des effets sur le gazoduc, liés à l'effondrement d'une éolienne ou à la projection d'une pale ou d'un morceau de pale.

Type d'évènement redouté		Fréquence annuelle d'impact liée à l'évènement redouté
Effondrement		Pas d'atteinte de la zone vulnérable
Projection d'un élément	Pale entière	Pas d'atteinte de la zone vulnérable
	Tiers de pale	$9.16 \cdot 10^{-6}$
	Fragment d'extrémité	$1.1 \cdot 10^{-5}$

Tableau 9 : Synthèse des effets sur le gazoduc

La fréquence annuelle d'occurrence d'un impact sur la zone au voisinage du gazoduc liée à la projection d'un élément est au global de l'ordre de $2 \cdot 10^{-5}$ par an. Ramené à la longueur de la canalisation au droit de la zone d'implantation (environ 2.5 km), ceci représente une fréquence inférieure à 10^{-5} par km et par an, soit en moyenne moins d'une fois tous les 100 000 ans.

Cette probabilité est à comparer à la probabilité générique de brèche sur une canalisation de gaz qui est de $1.65 \cdot 10^{-4}$ / (km.an) pour une rupture totale et de l'ordre de 10^{-3} / (km.an) pour une brèche quelconque, soit 15 à 100 fois plus élevée.

La présence d'éoliennes dans le voisinage du gazoduc n'amène donc pas une augmentation significative du risque d'agression et de perte de confinement de celui-ci.

Il faut préciser que les probabilités calculées dans le présent document sont des valeurs enveloppes, compte tenu des approximations faites, notamment dans le choix des probabilités des évènements redoutés qui sont supérieures aux valeurs définies par Engie Green (ou aux valeurs basées sur un retour d'expérience plus récent) et de l'identification des angles de projection défavorables qui sont majorants par rapport à la réalité. En effet, pour les projections d'un fragment d'extrémité ou d'un tiers de pale, les distances d'impact au sol entre deux angles d'émission voisins peuvent atteindre la centaine de mètres (entre les angles 100 et 110 degrés par exemple) alors que la zone vulnérable ne représente que de 10 à 30 mètres).

De même, les calculs ont pris en compte les vitesses de vent à partir de 11 m/s (40 km/h). Cette vitesse de vent, qui correspond à celle qui conduit à l'atteinte du régime de rotation nominal, est très en dessous des valeurs retenues pour la conception des machines et même de la vitesse qui conduit à la mise en sécurité (20 m/s soit 72 km/h). Si l'on retient les vents supérieurs à 16 m/s (vitesse environ 50 % plus élevée que les vents qui conduisent à l'atteinte du régime de rotation nominal), les probabilités d'impact des zones vulnérables sont, pour chaque évènement, diminuées de plus d'une décade, ramenant celles-ci à moins de 10^{-6} par an.

5.2 Cas des installations LUNDIN

Dans un cadre de détermination des probabilités enveloppe et compte tenu que les installations présentes sur la zone GEN1 autour du puits de pompage ne sont pas connues, il est considéré que la zone vulnérable correspond à la surface totale de la zone (limite parcellaire) soit environ 5 000 m².

5.2.1 Effondrement de la machine

Les éoliennes ont une hauteur totale (mât + pale) de 150 m. Afin que la chute d'une éolienne n'impacte pas la zone des installations GEN1 de LUNDIN, la distance minimale entre les éoliennes et la limite parcellaire devrait, devrait donc être supérieure à 150 m.

Toutes les machines sont au-delà de cette distance (voir tracé en Annexe G).

5.2.2 Projection d'une pale entière

Le détail des distances atteintes par la projection d'une pale entière est présenté en Annexe C. Il est rappelé que la distance maximale atteinte (par le centre de gravité de la pale) reste inférieure à 113 mètres.

Ainsi qu'illustré en Annexe D, quelle que soit l'éolienne concernée, la zone GEN1 n'est pas atteinte en cas de projection d'une pale entière.

5.2.3 Projection d'un tiers de pale

5.2.3.1 Distances aux effets

Le détail des distances atteintes par la projection d'un tiers de pale est présenté en Annexe C. Il peut être retenu que la distance atteinte par le centre de gravité reste inférieure 451 m.

Ainsi qu'illustré en Annexe E, seule l'éolienne E37 est susceptible d'induire des effets sur la zone GEN1 en cas de projection d'un tiers de pale.

5.2.3.2 Probabilités

Le tableau ci-dessous précise les probabilités globales d'atteinte de la zone GEN1 par une projection d'un tiers de pale compte tenu des diverses probabilités élémentaires (direction et vitesse de vent défavorable, angle d'émission défavorable).

Cas d'un gros fragment (Tiers de pale)							
Secteur de vent	Vent défavorable			Angles d'émission défavorables (E37)		Probabilité de rupture d'un gros fragment de pale	Probabilité d'atteinte de la zone vulnérable
	Fréquence direction (%)	Fréquence des vitesses ≥ 11 m/s (‰)	P_{vent}	Nombre d'angles	P_{ang}	P_{rup}	P_{pal}
360° / 0°	10.35	70.54	7.30E-03	0	0.000	2.50E-04	0.00E+00
30°	11.19	123.79	1.39E-02	5	0.046		1.60E-07
60°	6.78	111.74	7.58E-03	3	0.028		5.26E-08
90°	4.65	18	8.37E-04	0	0.000		0.00E+00
120°	4.12	44.54	1.84E-03	0	0.000		0.00E+00
150°	4.25	165.48	7.03E-03	0	0.000		0.00E+00
180°	10.34	353.77	3.66E-02	1	0.009		8.47E-08
210°	17.35	320.4	5.56E-02	4	0.037		5.15E-07
240°	12.07	246.51	2.98E-02	0	0.000		0.00E+00
270°	7.63	101.78	7.77E-03	0	0.000		0.00E+00
300°	4.51	53.61	2.42E-03	0	0.000		0.00E+00
330°	6.75	63.45	4.28E-03	0	0.000		0.00E+00
TOTAL							8.12E-07

Tableau 10 : Probabilité d'atteinte de la zone GEN1 en cas de projection d'un tiers de pale

La fréquence annuelle pour que la zone GEN1 soit atteinte par la projection d'un tiers de pale est donc d'environ $8 \cdot 10^{-7}$ par an.

5.2.4 Projection d'un fragment d'extrémité

5.2.4.1 Distances aux effets

Le détail des distances atteintes par la projection d'une extrémité de pale est présenté en Annexe C. Il peut être retenu que la distance maximale atteinte est de 550 m.

Ainsi qu'illustré en Annexe F, comme pour le cas de la projection d'un tiers de pale, seule l'éolienne E37 est susceptible d'induire des effets sur la zone GEN1 en cas de projection d'un fragment d'extrémité. La zone de projection des éléments de l'éolienne E36, bien que proche du forage, n'atteint pas la zone vulnérable autour de celui-ci.

5.2.4.2 Probabilités

Le tableau ci-dessous précise les probabilités globales d'atteinte de la zone GEN1 par la projection d'un fragment d'extrémité compte tenu des diverses probabilités élémentaires (direction et vitesse de vent défavorable, angle d'émission défavorable).

Cas d'un petits fragment (Extrémité)							
Secteur de vent	Vent défavorable			Angles d'émission défavorables (E37)		Probabilité de rupture d'un petit fragment de pale	Probabilité d'atteinte de la zone vulnérable
	Fréquence direction (%)	Fréquence des vitesses ≥ 11 m/s (%)	P_{vent}	Nombre d'angles	P_{ang}	P_{rup}	P_{pal}
360° / 0°	10.35	70.54	7.30E-03	0	0.000	2.50E-04	0.00E+00
30°	11.19	123.79	1.39E-02	2	0.019		6.41E-08
60°	6.78	111.74	7.58E-03	2	0.019		3.51E-08
90°	4.65	18	8.37E-04	0	0.000		0.00E+00
120°	4.12	44.54	1.84E-03	0	0.000		0.00E+00
150°	4.25	165.48	7.03E-03	0	0.000		0.00E+00
180°	10.34	353.77	3.66E-02	2	0.019		1.69E-07
210°	17.35	320.4	5.56E-02	2	0.019		2.57E-07
240°	12.07	246.51	2.98E-02	0	0.000		0.00E+00
270°	7.63	101.78	7.77E-03	0	0.000		0.00E+00
300°	4.51	53.61	2.42E-03	0	0.000		0.00E+00
330°	6.75	63.45	4.28E-03	0	0.000		0.00E+00
TOTAL							5.26E-07

Tableau 11 : Probabilité d'atteinte de la zone GEN1 en cas de projection d'un fragment d'extrémité

La fréquence annuelle pour que la zone GEN1 soit atteinte par la projection d'un fragment d'extrémité est de $5.3 \cdot 10^{-7}$ par an, soit un peu plus faible que la projection d'un tiers de pale.

5.2.5 Synthèse des impacts sur GEN1

Le tableau ci-dessous présente une synthèse des effets sur la zone GEN1, liés à l'effondrement d'une éolienne ou à la projection d'une pale ou d'un morceau de pale.

Type d'évènement redouté		Fréquence annuelle d'impact liée à l'évènement redouté
Effondrement		Pas d'atteinte de la zone vulnérable
Projection d'un élément	Pale entière	Pas d'atteinte de la zone vulnérable
	Tiers de pale	$8.12 \cdot 10^{-7}$
	Fragment d'extrémité	$5.3 \cdot 10^{-7}$

Tableau 12 : Synthèse des effets sur de la zone GEN1

On notera que la zone GEN1 se trouve hors d'atteinte des conséquences liées à l'effondrement d'une machine et à la projection d'une pale entière.

Pour ce qui concerne le risque de projection d'un élément sur la zone GEN1, la fréquence annuelle d'occurrence globale est de l'ordre de 10^{-6} par an, soit en moyenne une fois tous les millions d'années.

Il faut préciser comme dans le cas précédent qu'il s'agit de valeurs enveloppes, compte tenu des approximations faites, notamment dans le choix des probabilités des évènements redoutés, de l'identification des angles de projection défavorables qui sont majorants par rapport à la réalité et de la vitesse de vent retenue.

Il faut également considérer que cette probabilité est associée à la surface totale de la zone GEN1 (environ 5 000 m²) et que le forage, même en considérant un rayon de zone vulnérable d'une dizaine de mètres autour de celui-ci, ne représente qu'une faible part de la zone GEN1 (moins de 10 %). On pourrait donc considérer que la probabilité d'atteindre la zone autour du forage est abaissée d'un facteur 10 par rapport aux valeurs indiquées ci-dessus.

6. CONCLUSIONS

Sur la base des hypothèses présentées dans ce document et qui conduisent en termes de fréquence d'occurrence à des valeurs enveloppes, il ressort des modélisations effectuées par AECOM France que :

- Vis à vis de l'agression du gazoduc :
 - quelle que soit l'éolienne, les phénomènes d'effondrement de machine ou de rupture de pale entière ne sont susceptibles d'induire des effets sur la zone vulnérable autour du gazoduc,
 - les probabilités de projection d'éléments (tiers de pale ou fragment d'extrémité) sont de l'ordre de 10^{-5} par an pour chacun de ces éléments et pour l'ensemble des éoliennes concernées (5 machines sur les 8 envisagées dans le projet). Au global, la probabilité d'agression par un projectile (tiers de pale ou fragment) de la zone vulnérable autour du gazoduc pour l'ensemble des machines est de $2 \cdot 10^{-5}$ par an,
 - si l'on rapporte les valeurs des probabilités globales à la longueur de la canalisation au droit de la zone d'implantation (environ 2.5 km), la fréquence d'atteinte de la zone vulnérable autour du gazoduc est, pour l'ensemble des phénomènes dangereux examinés, inférieure à 10^{-5} par km et par an. Cette probabilité est à comparer à la probabilité générique de brèche sur une canalisation de gaz qui est de $1.65 \cdot 10^{-4}$ par km et par an pour une rupture totale et de l'ordre de 10^{-3} par km et par an pour une brèche quelconque, soit 15 à 100 fois plus élevée que la probabilité d'impact déterminée dans le présent document. De plus, le calcul effectué ici concerne la probabilité d'impact au voisinage du gazoduc ce qui n'entraîne pas nécessairement une brèche et une perte de confinement de celui-ci,
 - les valeurs de probabilités calculées dans ce rapport reposent sur des valeurs de fréquence de défaillance plutôt élevées (issues du retour d'expérience de machines d'ancienne génération) et sur une détermination de probabilité d'impact enveloppe (angles de projection défavorables majorants par rapport à la réalité). Enfin le choix d'une vitesse minimale de vent de 11 m/s qui entraînerait une défaillance de la machine conduit à surestimer les probabilités d'atteinte des zones vulnérables.
- Vis-à-vis du forage pétrolier exploité par LUNDIN :
 - compte tenu de la distance avec les éoliennes les plus proches, l'agression de la zone vulnérable autour du forage, par effondrement de l'éolienne ou par impact lié à la projection d'une pale entière, est exclu,
 - la probabilité de projection d'éléments (tiers de pale ou fragment d'extrémité), dus à la proximité de l'éolienne E37 est de l'ordre de $1.4 \cdot 10^{-6}$ pour l'ensemble de ces éléments. Cette probabilité est suffisamment faible pour que le risque d'agression des installations en cas de défaillance de l'éolienne puisse être considéré comme faisant partie du risque résiduel, d'autant que la présente étude a considéré la limite parcellaire comme enveloppe des installations vulnérables (le forage pétrolier situé au centre du terrain n'occupant qu'une faible surface par rapport à l'emprise parcellaire).

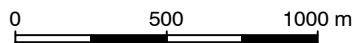
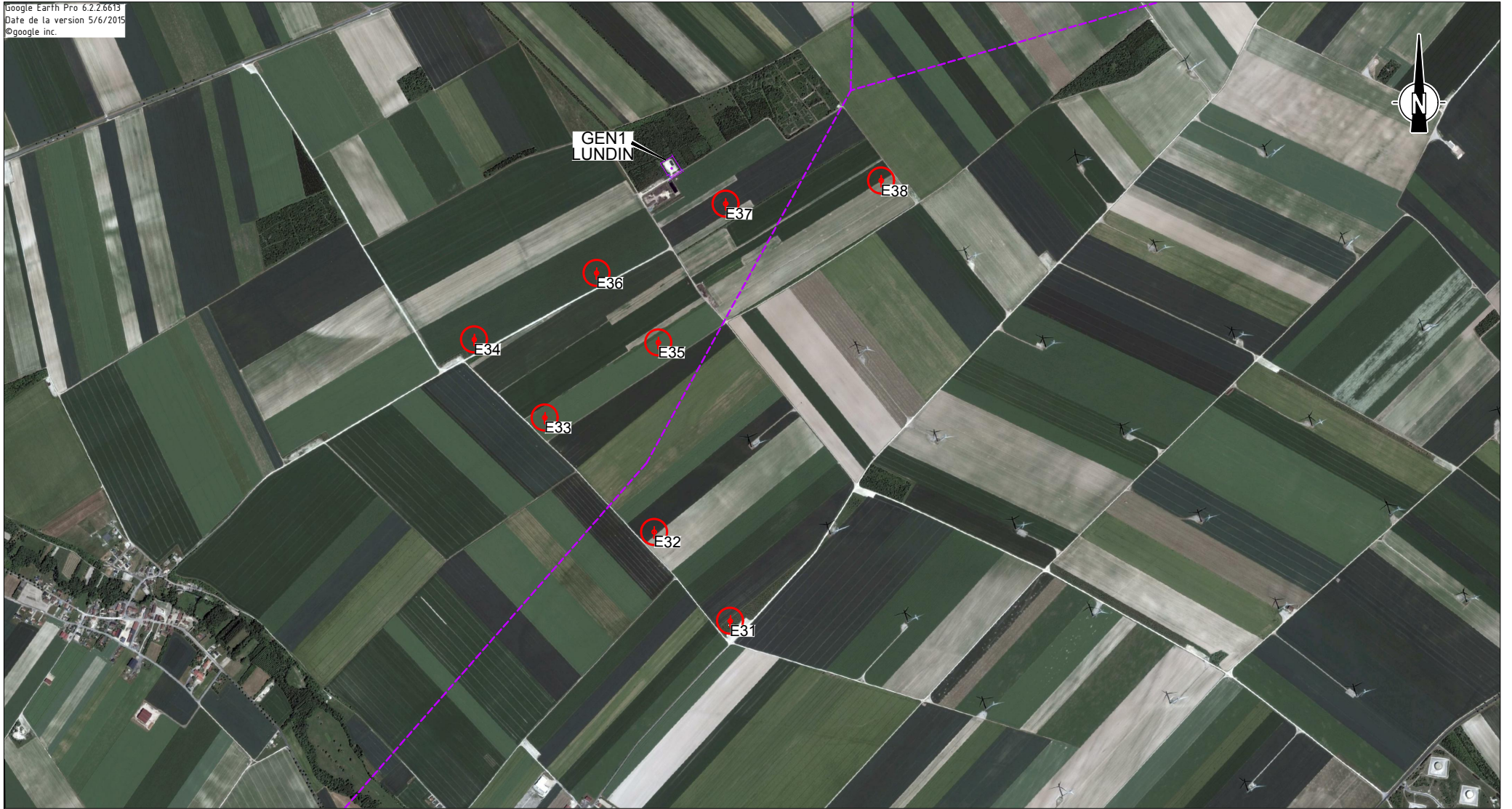
Limitations du rapport

AECOM France a préparé ce rapport pour l'usage exclusif d'ENGIE Green conformément à la proposition commerciale d'AECOM France n° OPP-855261 référencée n° AIX-PRO-18-10658A selon les termes de laquelle nos services ont été réalisés. Le contenu de ce rapport peut ne pas être approprié pour d'autres usages, et son utilisation à d'autres fins que celles définies dans la proposition d'AECOM France, par ENGIE Green ou par des tiers, est de l'entière responsabilité de l'utilisateur. Sauf indication contraire spécifiée dans ce rapport, les études réalisées supposent que les sites et installations continueront à exercer leurs activités actuelles sans changement significatif. Les conclusions et recommandations contenues dans ce rapport sont basées sur des informations fournies par le personnel du site et les informations accessibles au public, en supposant que toutes les informations pertinentes ont été fournies par les personnes et entités auxquelles elles ont été demandées. Les informations obtenues de tierces parties n'ont pas été vérifiées par AECOM, sauf mention contraire dans le rapport.



ANNEXES

Annexe A : Plan de situation des éoliennes

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



PLAN DE SITUATION DES EOLIENNES

-  Eolienne en projet (emprise du rotor)
-  Gazoduc

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre	CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC	
	CHALONS EN CHAMPAGNE (51)	
	ENGIE Green	

Ech.	1/25 000	Format	A4
Date	OCTOBRE 2018		
Proj.	60587333		
Ref.	AIX-RAP-18-10760		
Dess.	AMA	Vérif.	ARO
ANNEXE A			

Annexe B : Répartition des fréquences de vents

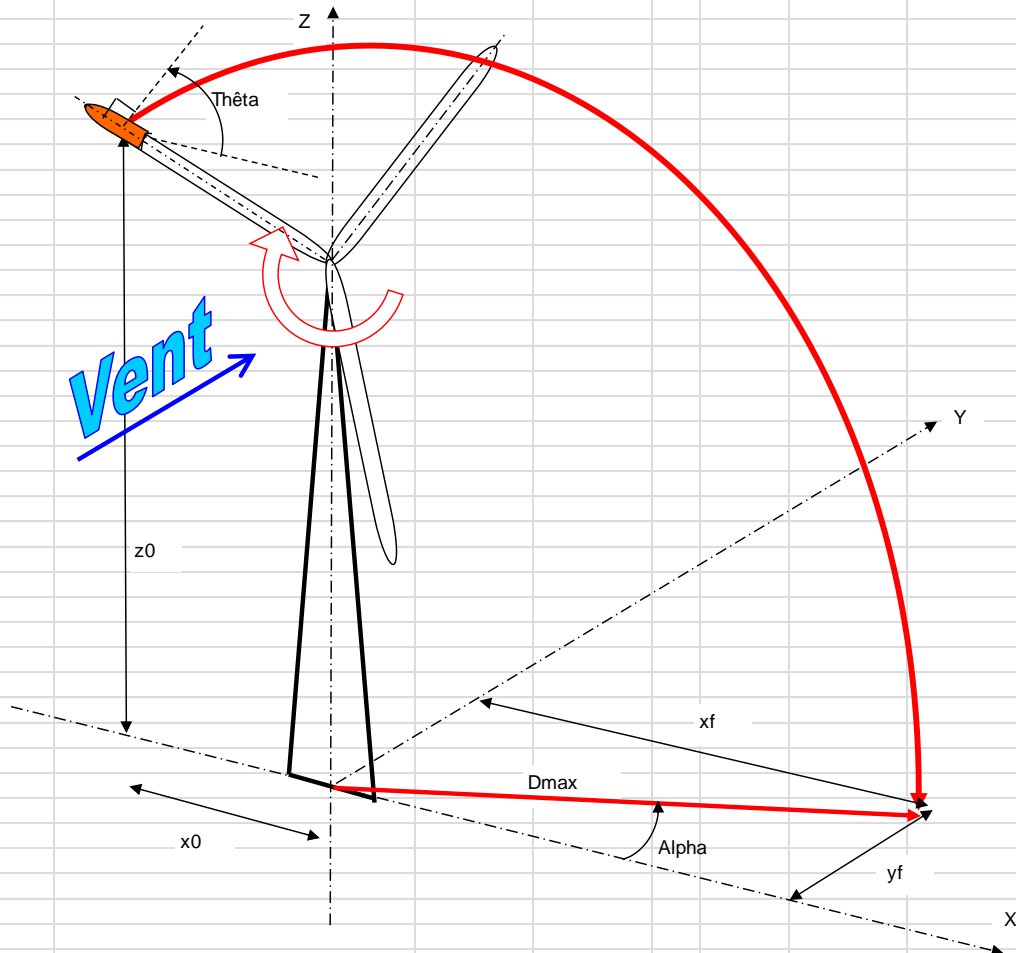
Champ éolien de Vélye -Mât de Trecon - Tableau des fréquences de vents par direction													
Direction (secteur)	360	30	60	90	120	150	180	210	240	270	300	330	Total
Fréquence globale (%)	10.35	11.19	6.78	4.65	4.12	4.25	10.34	17.35	12.07	7.63	4.51	6.75	99.99
Vitesse sup à (m/s)	Fréquence en pour mille dans chaque secteur de direction												
1	0.45	2.39	6.69	13.25	18.33	12.31	2.7	1.54	1.93	12.95	14.18	6.55	93.27
2	36.73	32.64	51.84	74.77	64.28	80.96	30.81	21.25	26.68	38.7	58.51	43.79	560.96
3	73.57	79.2	79.64	126.78	132.51	93	52.63	24.2	28.51	62.46	76.55	75	904.05
4	97.72	99.05	105.05	189.8	142.37	129.92	98.39	41.76	37.28	68.4	135.31	105.69	1250.74
5	125.24	143.12	126.16	175.79	122.64	120.08	66.57	53.22	70.13	90.49	161.08	146.72	1401.24
6	148.38	134.39	181.6	125.78	106.85	102.02	55.89	69.58	102.01	153.56	160.57	142.93	1483.56
7	152.53	100.3	69.34	113.03	104.31	90.54	61.06	95.65	113.09	183.42	114.18	147.24	1344.69
8	128.5	96.14	102.81	87.02	108.26	56.62	79.61	116.09	145.17	160.57	71.91	129.48	1282.18
9	100.53	104.46	101.27	47.01	71.05	68.65	98.5	130.24	129.66	85.47	72.16	80	1089
10	65.82	84.5	63.85	28.76	84.86	80.42	100.08	126.08	99.03	42.2	81.96	59.14	916.7
11	43.69	58.52	60.76	13.5	28.47	42.4	101.2	111.2	71.57	38.7	39.69	33.79	643.49
12	12.69	39.29	18.71	4.5	16.07	56.62	96.71	79.56	47.59	31.23	5.93	29.66	438.56
13	10.45	13.72	22.31	0	0	52.24	65.56	40.35	37.09	4.88	7.99	0	254.59
14	3.71	10.91	7.04	0	0	10.12	42.06	30.1	40.46	14.47	0	0	158.87
15	0	1.35	1.89	0	0	2.46	25.75	27.35	22.83	10.21	0	0	91.84
16	0	0	1.03	0	0	1.37	17.32	15.42	13.29	0	0	0	48.43
17	0	0	0	0	0	0	3.82	10.12	7.32	0	0	0	21.26
18	0	0	0	0	0	0.27	1.24	2.28	5.11	0	0	0	8.9
19	0	0	0	0	0	0	0	3.28	0	0	0	0	3.28
20	0	0	0	0	0	0	0.11	0.34	0.19	0	0	0	0.64
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2.29	0	0	2.29
22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0.67	0	0	0	0.67
24	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0.39	0	0	0	0.46
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0	0	0	0	0.13
28	0	0	0	0	0	0	0	0.13	0	0	0	0	0.13
29	0	0	0	0	0	0	0	0.07	0	0	0	0	0.07
	1000.01	999.98	999.99	999.99	1000.00	1000.00	1000.01	1000.01	1000.00	1000.00	1000.02	999.99	12000
Fréquence (% dans chaque secteur) des vitesses > 11 m/s	70.54	123.79	111.74	18	44.54	165.48	353.77	320.4	246.51	101.78	53.61	63.45	

Annexe C : Synthèses des calculs de projection

Calcul de projections pour les éoliennes du champ de Vélye

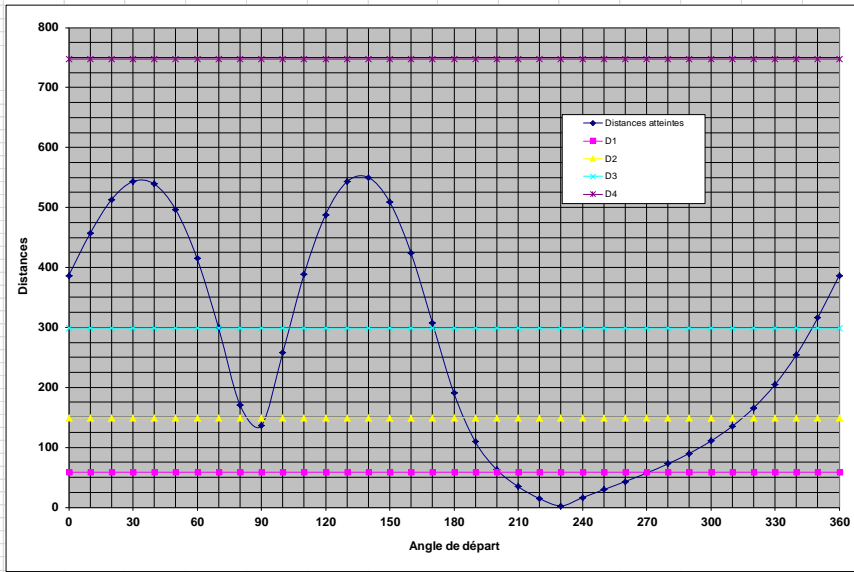
Eolienne NORDEX N117 (hauteur 91m)
 Projection type javelot

Hauteur de mât	91	m		
Longueur pale	57.3	m		
Masse totale de la pale	11700	kg		
Rayon moyeu	1.2	m		
Vrot nominale	11.8	rpm		
V rot maximale	13.2	rpm		
V rot retenue	13.2	rpm		
Vvent	11	m/s		
C	0.5			
Rho	1.2	kg/m ³		
g	9.81	m/s ²		
teta initial	0	degrés	soit	0.000 radians
delta t	0.1	s		

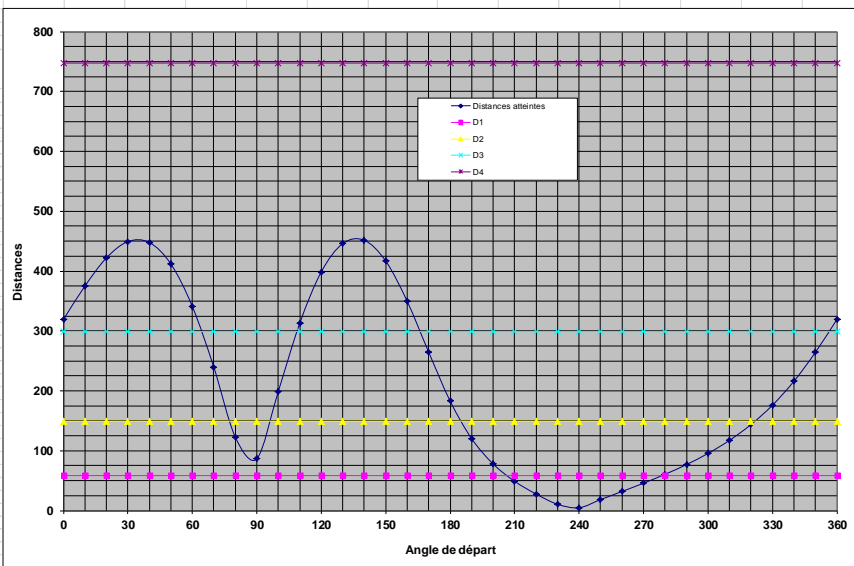


Eolienne NORDEX N117 (hauteur 91m) Hauteur de mât 91.0 m

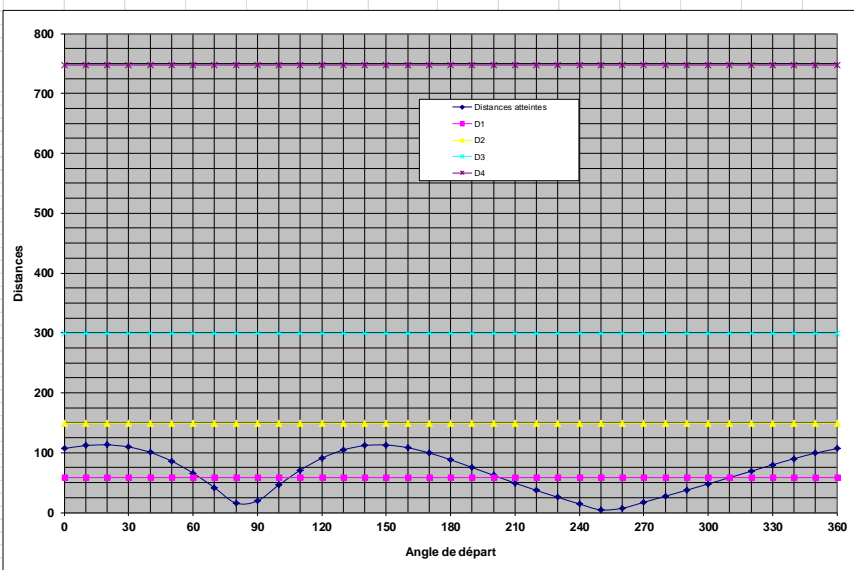
Eolienne NORDEX N117 (hauteur 91m)				
Hauteur de mât 91.0 m				
Fragment d'extrémité				
Direction de projection (degrés)	Xf (m)	Yf (m)	Dmax (m)	Angle par rapport à la direction initiale (degrés)
0	385	37.0	387	5.5
10	454	50.8	457	6.4
20	509	66.4	513	7.4
30	537	82.1	543	8.7
40	530	96.7	539	10.3
50	484	108.9	496	12.7
60	397	118.0	415	16.5
70	273	123.3	299	24.3
80	117	124.6	171	46.8
90	-57	123.4	136	65.2
100	-227	121.7	258	29.2
110	-371	117.4	389	17.6
120	-475	109.0	488	12.9
130	-534	96.4	543	10.2
140	-544	80.4	550	8.4
150	-505	61.8	529	7.0
160	-421	42.0	424	5.7
170	-306	23.7	307	4.4
180	-190	10.9	190	3.3
190	-109	5.0	109	2.6
200	-63	2.8	63	2.6
210	-34	2.0	35	3.4
220	-14	1.8	15	7.0
230	2	1.7	2	45.1
240	16	1.8	16	6.4
250	29	2.0	29	3.8
260	43	2.3	43	3.0
270	57	2.7	57	2.7
280	72	3.3	72	2.6
290	90	4.1	90	2.6
300	110	5.2	110	2.7
310	135	6.8	135	2.9
320	165	9.2	166	3.2
330	204	12.7	205	3.6
340	254	18.1	254	4.1
350	315	26.0	316	4.7
360	385	37.0	387	5.5



Eolienne NORDEX N117 (hauteur 91m)				
Hauteur de mât 91.0 m				
Tiers de pale				
Direction de projection (degrés)	Xf (m)	Yf (m)	Dmax (m)	Angle par rapport à la direction initiale (degrés)
0	318	23.5	319	4.2
10	374	32.1	375	4.9
20	420	42.2	422	5.7
30	446	52.7	449	6.7
40	443	62.4	448	8.0
50	406	70.1	412	9.8
60	333	75.1	341	12.7
70	227	76.8	240	18.7
80	97	75.6	123	28.0
90	-46	73.5	87	58.1
100	-185	73.6	199	21.7
110	-304	72.6	313	13.4
120	-393	68.6	399	9.9
130	-442	61.2	446	7.9
140	-449	50.9	451	6.5
150	-415	38.9	417	5.4
160	-349	26.6	350	4.4
170	-264	15.9	265	3.5
180	-183	8.7	183	2.7
190	-120	4.7	120	2.3
200	-78	2.9	78	2.2
210	-49	2.1	49	2.5
220	-28	1.8	28	3.6
230	-10	1.6	11	8.8
240	4	1.6	5	19.8
250	18	1.7	18	5.2
260	32	1.9	32	3.3
270	46	2.1	46	2.6
280	61	2.5	61	2.4
290	77	3.0	77	2.2
300	95	3.8	95	2.3
310	117	4.8	117	2.3
320	143	6.3	144	2.5
330	176	8.6	176	2.8
340	216	11.9	216	3.2
350	264	16.7	264	3.6
360	318	23.5	319	4.2

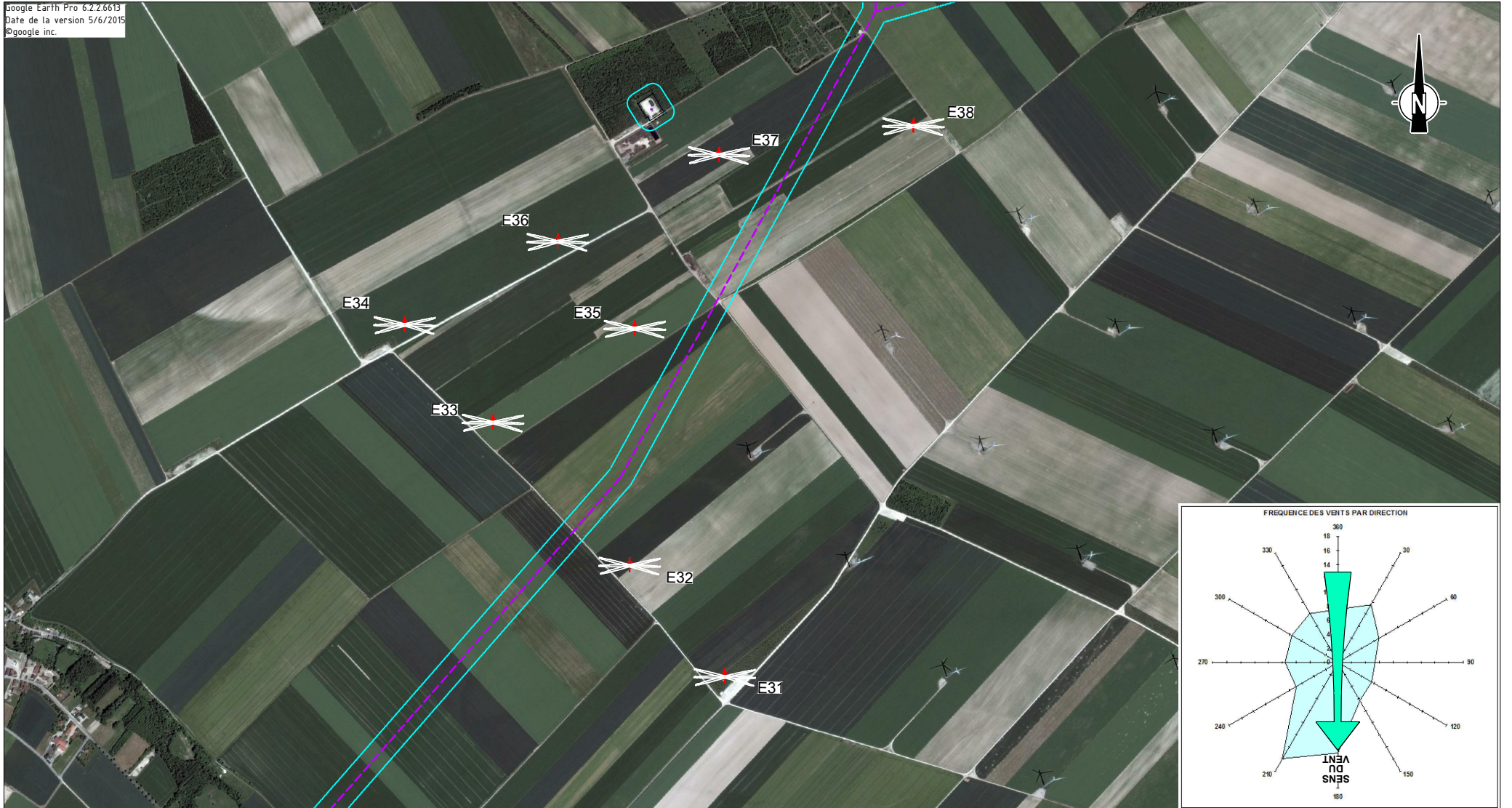


Eolienne NORDEX N117 (hauteur 91m)				
Hauteur de mât 91.0 m				
Pala arrière				
Direction de projection (degrés)	Xf (m)	Yf (m)	Dmax (m)	Angle par rapport à la direction initiale (degrés)
0	107	8	107	4
10	111	9	112	5
20	113	10	113	5
30	109	11	110	6
40	100	11	101	7
50	85	12	86	8
60	65	11	66	10
70	40	11	42	15
80	12	10	16	40
90	-17	10	19	29
100	-45	10	46	12
110	-70	10	71	8
120	-90	10	91	6
130	-104	10	104	5
140	-111	9	112	5
150	-112	8	113	4
160	-108	7	108	4
170	-98	6	100	4
180	-88	5	88	3
190	-75	5	75	3
200	-62	4	62	4
210	-49	3	49	4
220	-37	3	37	5
230	-25	3	25	6
240	-14	3	14	11
250	-4	3	4	36
260	7	3	7	22
270	17	3	17	9
280	27	3	27	6
290	37	3	37	5
300	48	4	48	4
310	58	4	58	4
320	69	5	69	4
330	79	5	80	4
340	90	6	90	4
350	99	7	99	4
360	107	8	107	4



Annexe D : Enveloppe des projections d'une pale entière

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 0.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre
Lieu
Client

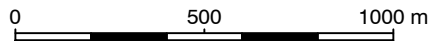
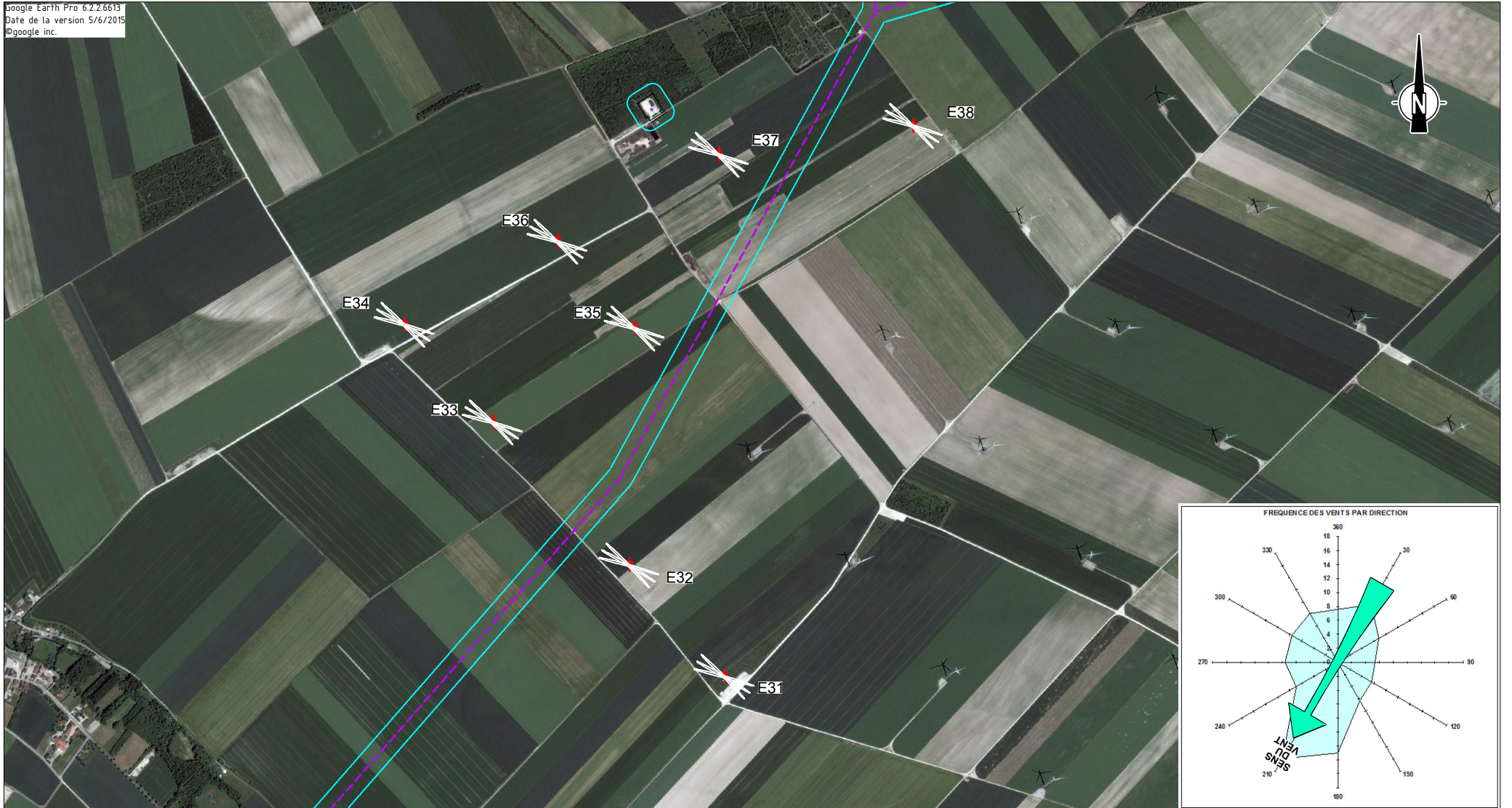
**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

ENGIE Green

Ech.	1/20 000	Format	A4
Date	OCTOBRE 2018		
Proj.	60587333		
Ref.	AIX-RAP-18-10760		
Dess.	AMA	Vérif.	ARO
ANNEXE D - 0			

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 30.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



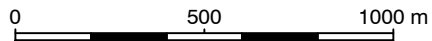
Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**
Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**
Client **ENGIE Green**

Ech. 1/20 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE D- 30	

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 60.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre	CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC	
Lieu	CHALONS EN CHAMPAGNE (51)	
Client	ENGIE Green	

Ech.	1/20 000	Format	A4
Date	OCTOBRE 2018		
Proj.	60587333		
Ref.	AIX-RAP-18-10760		
Dess.	AMA	Vérif.	ARO
ANNEXE D - 60			

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 90.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/20 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

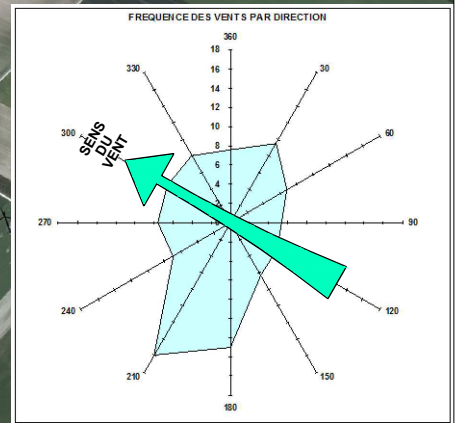
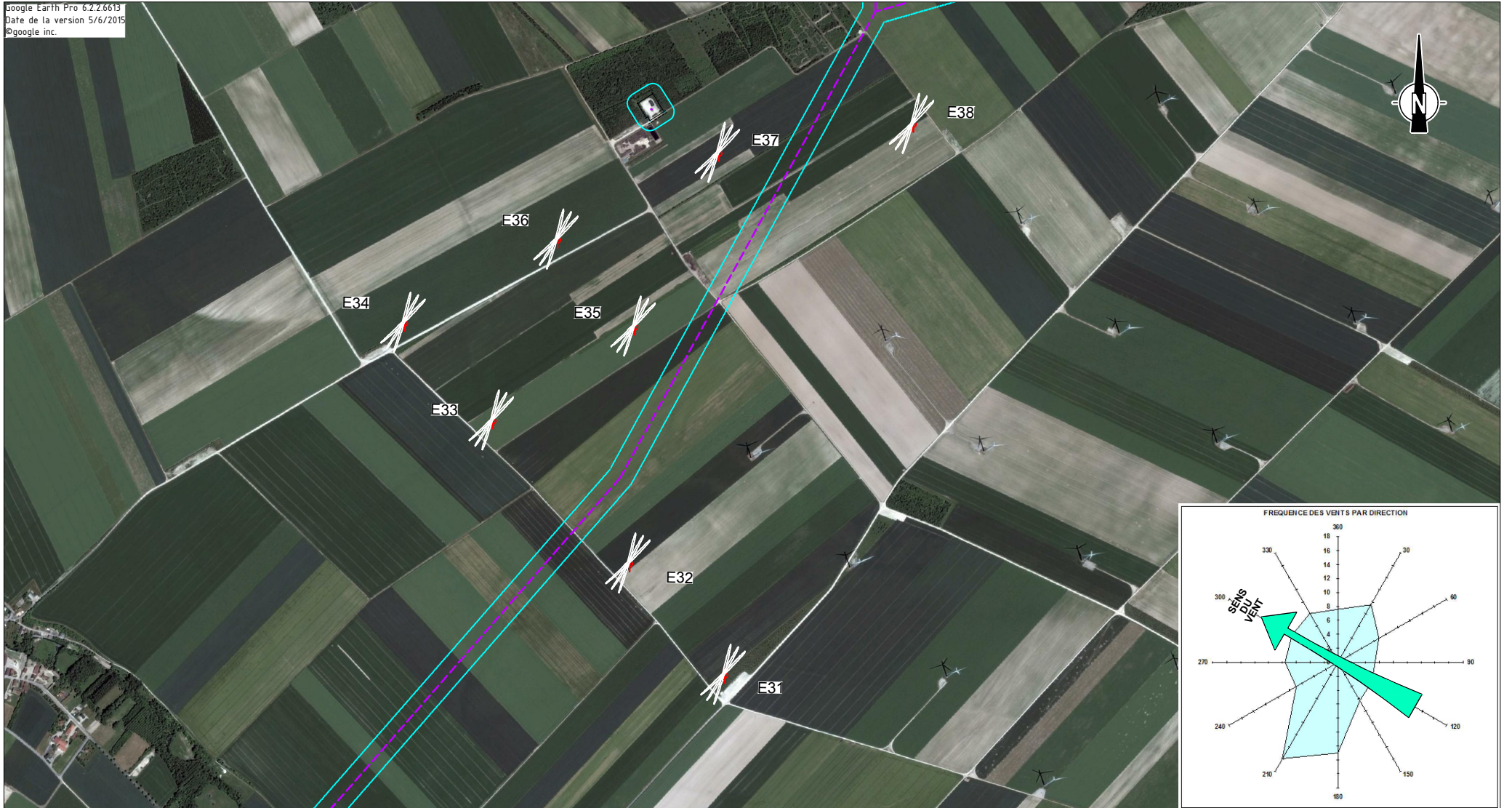
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE D - 90

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 120.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



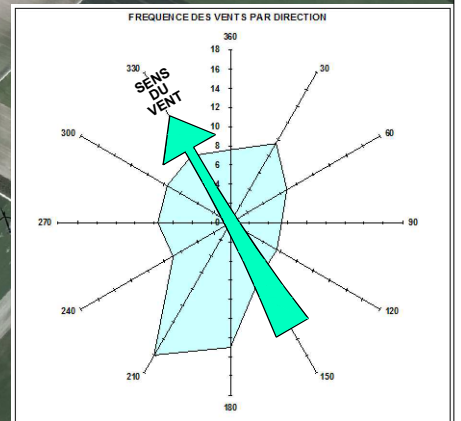
Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**
Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**
Client **ENGIE Green**

Ech. 1/20 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE D- 120	

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 150.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



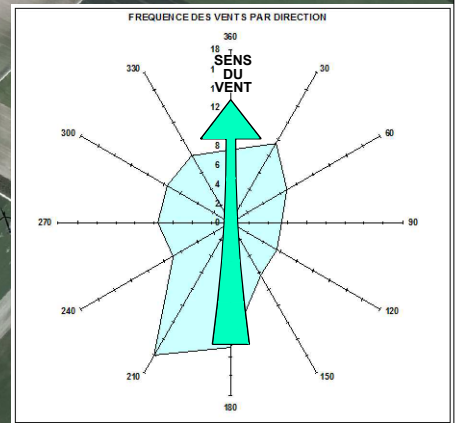
Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre	CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC	
Lieu	CHALONS EN CHAMPAGNE (51)	
Client	ENGIE Green	

Ech.	1/20 000	Format	A4
Date	OCTOBRE 2018		
Proj.	60587333		
Ref.	AIX-RAP-18-10760		
Dess.	AMA	Vérif.	ARO
ANNEXE D- 150			

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 180.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/20 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

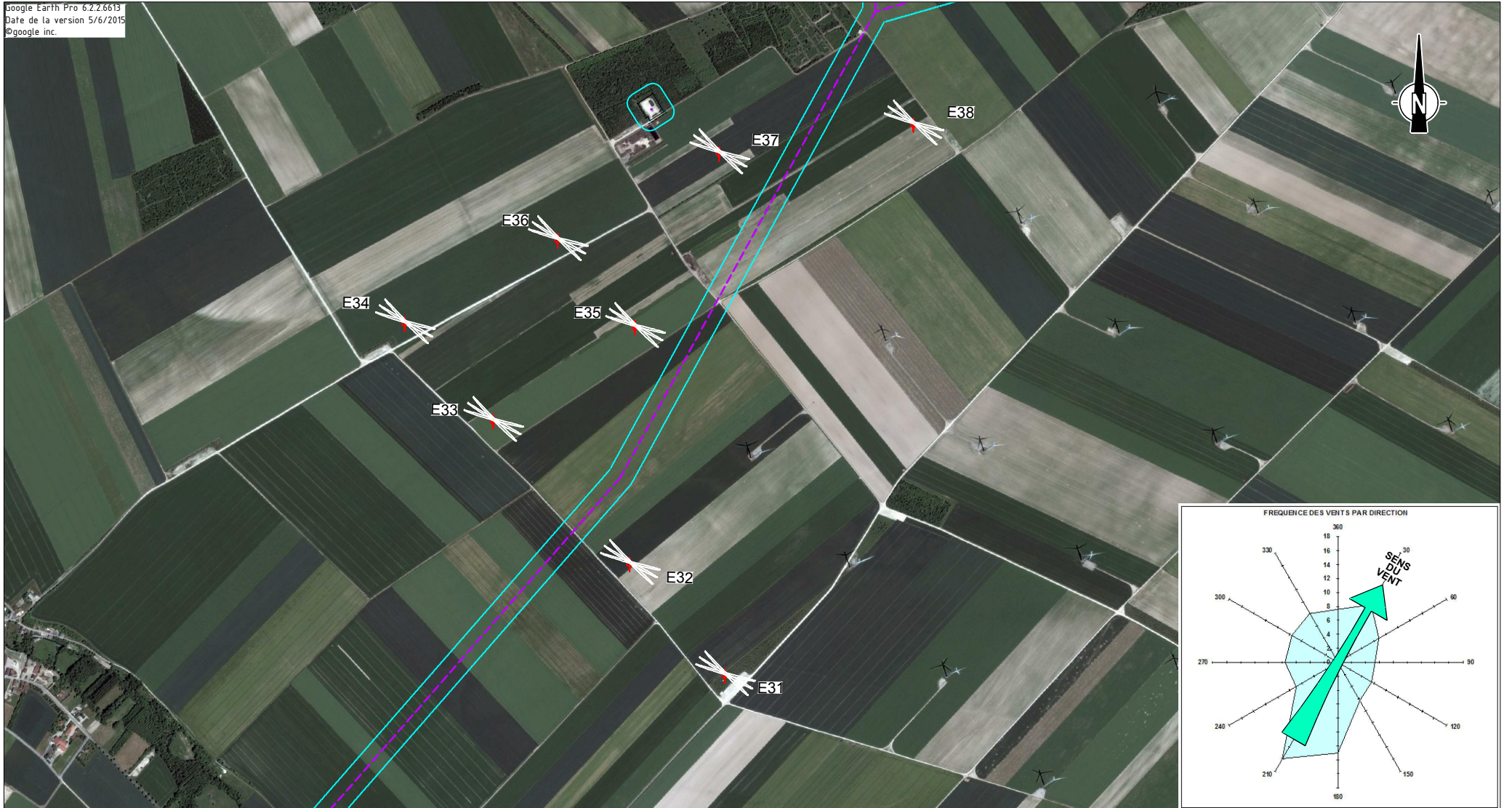
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE D- 180

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 210.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/20 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

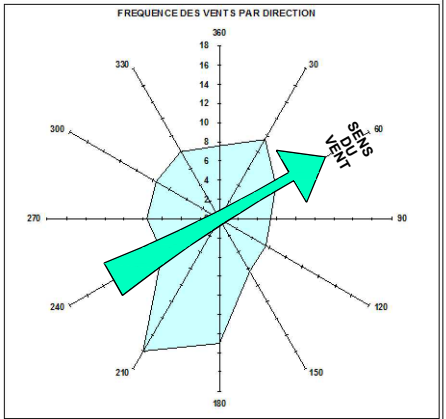
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE D- 210

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 240.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**
Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**
Client **ENGIE Green**

Ech. 1/20 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE D - 240	

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 270.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/20 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

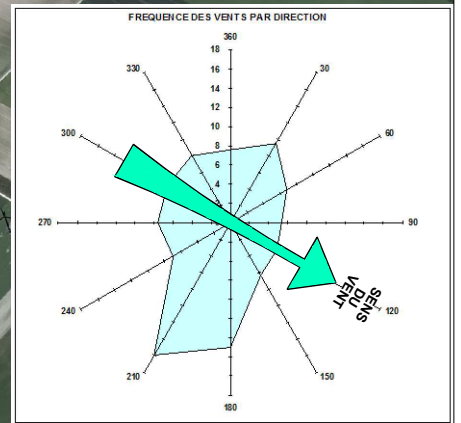
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE D - 270

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 300.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/20 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

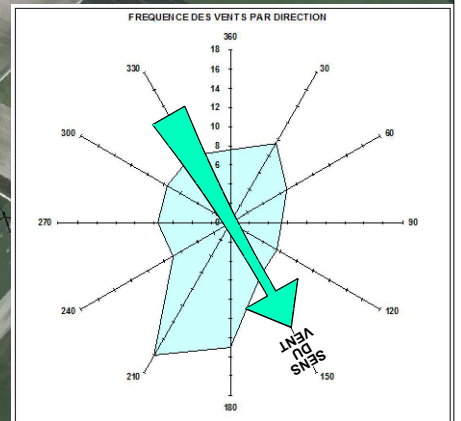
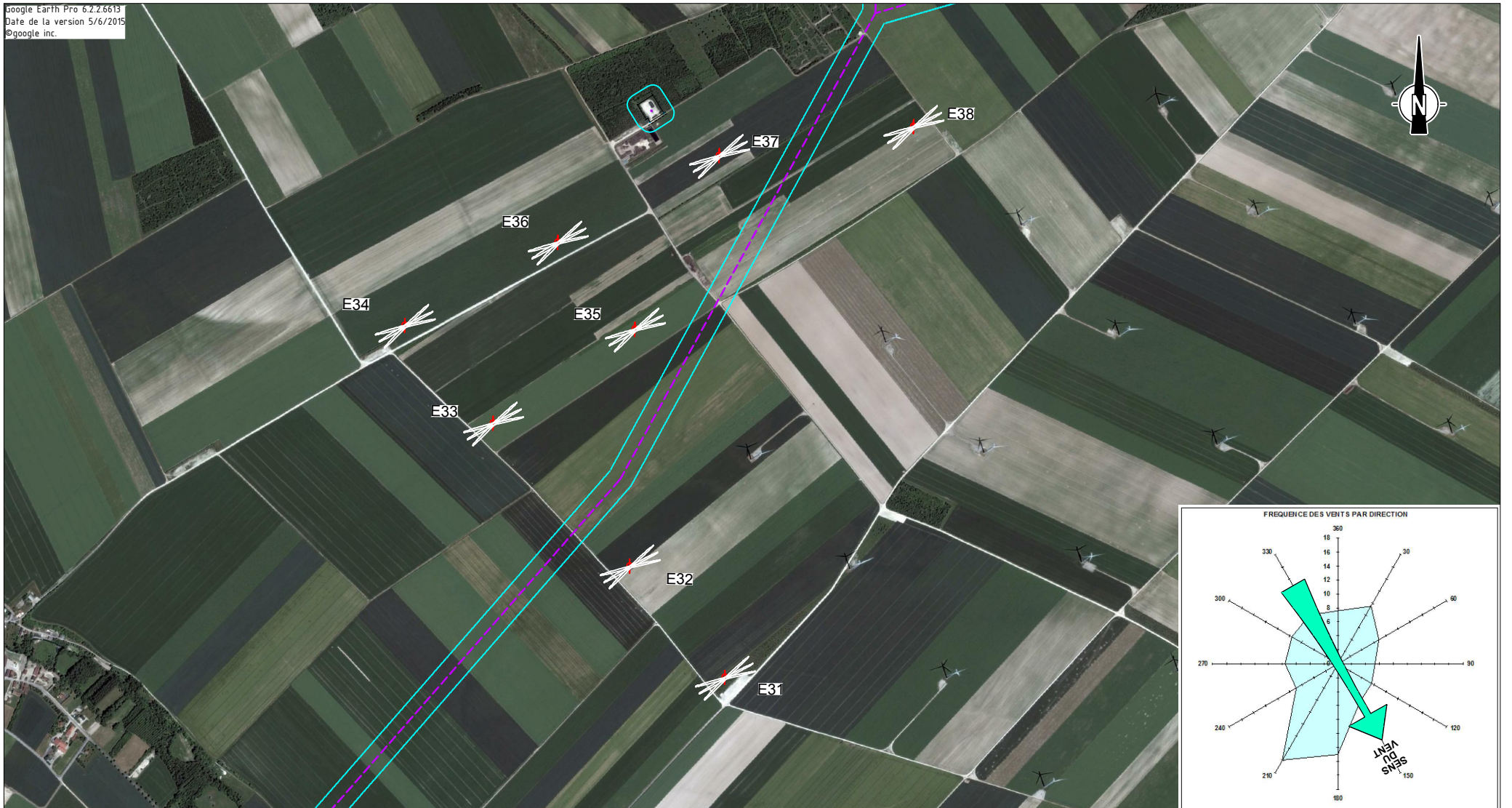
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE D- 300

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS D'UNE PALE ENTIERE
ORIENTATION DU VENT : 330.00**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/20 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

Proj. **60587333**

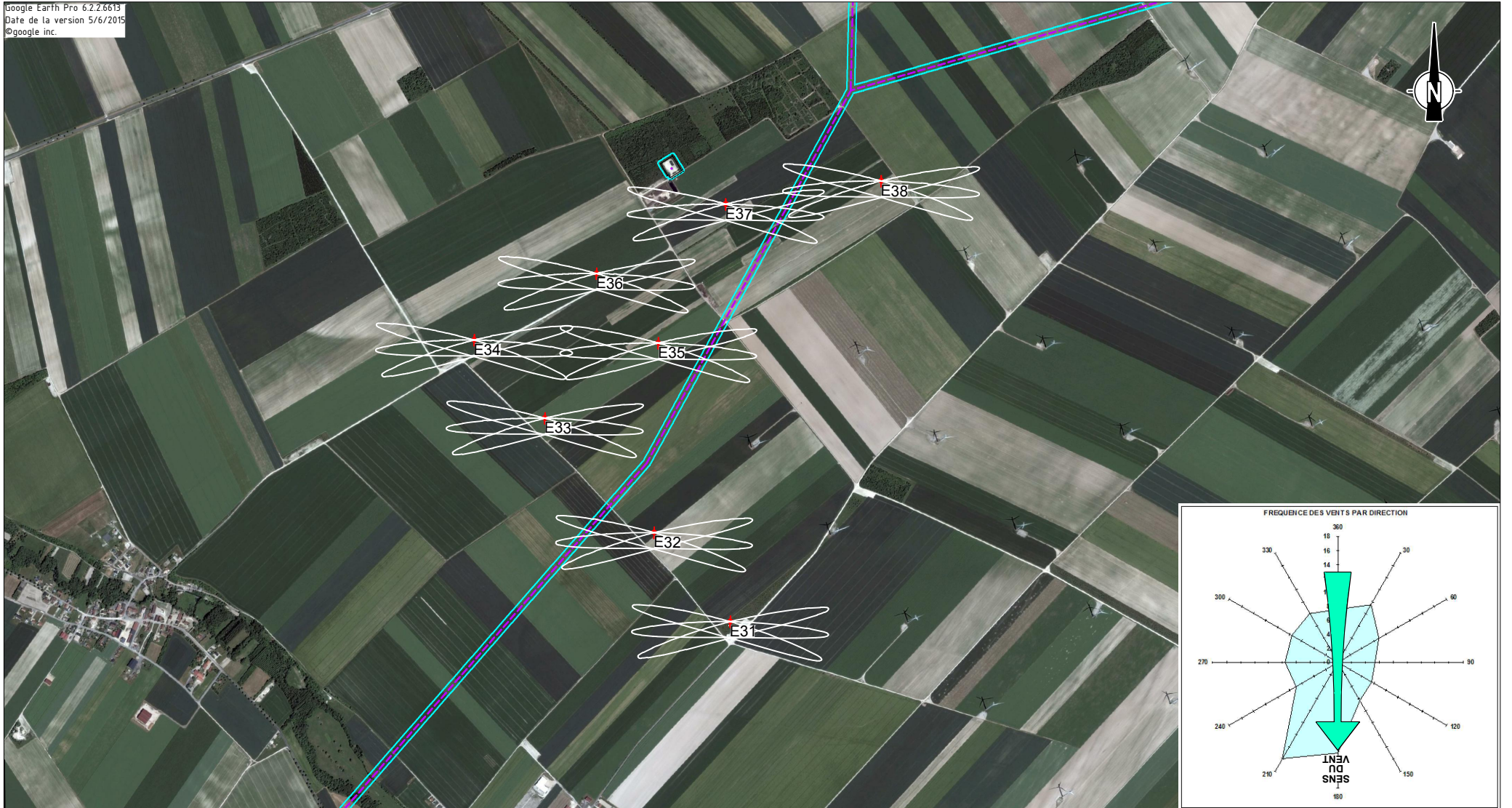
Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE D- 330

Annexe E : Enveloppe des projections d'un tiers de pale

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 0°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



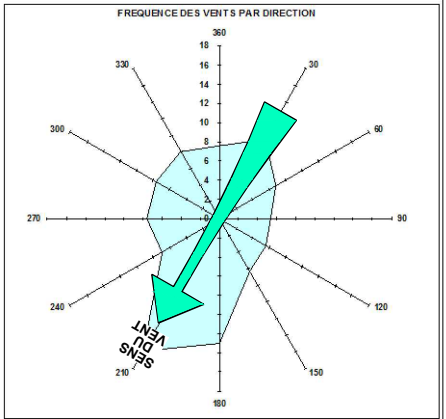
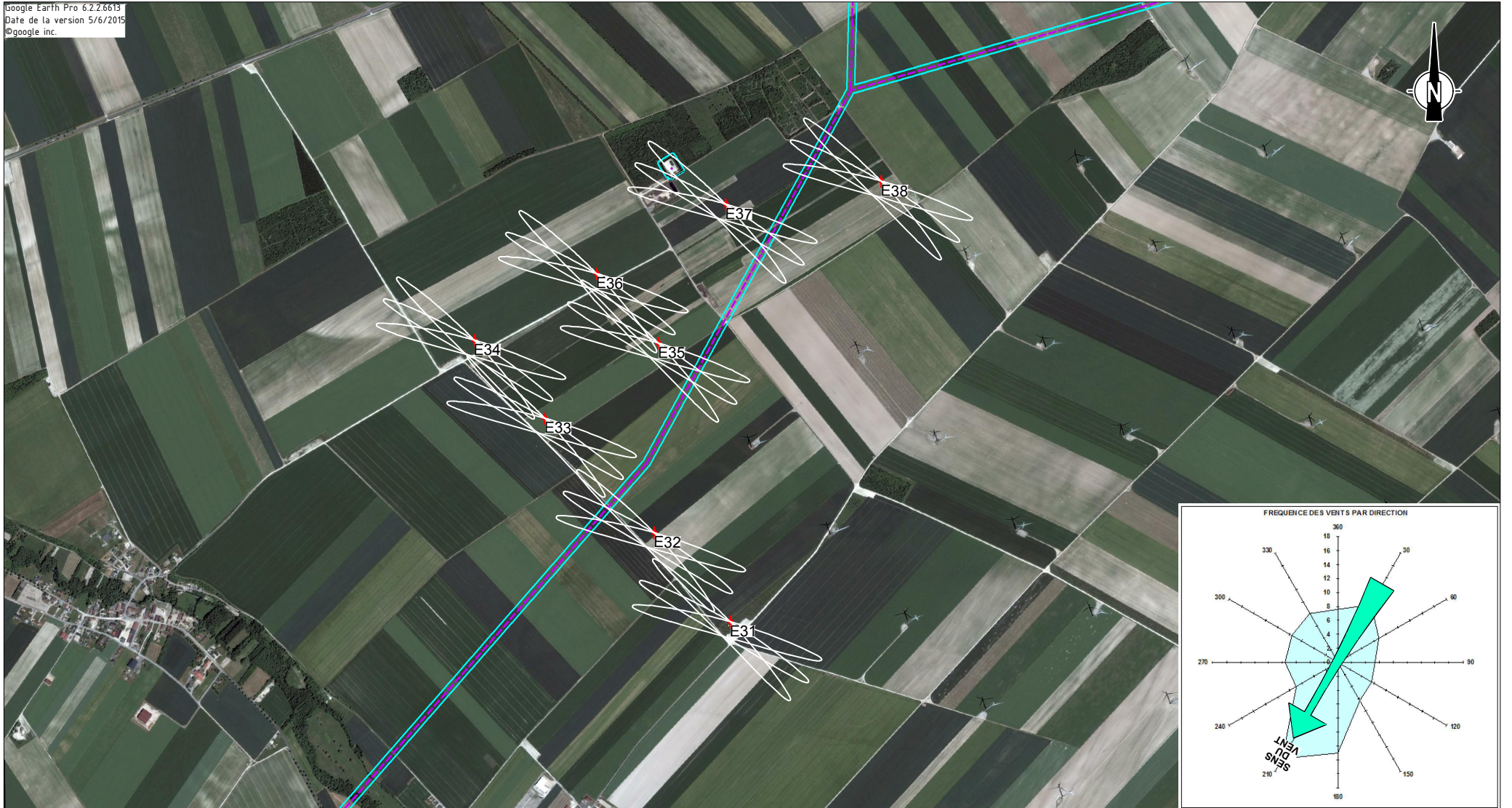
Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**
Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**
Client **ENGIE Green**

Ech. 1/25 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE E - 0	

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 30°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



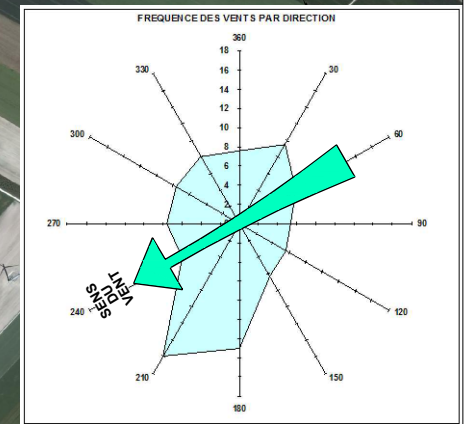
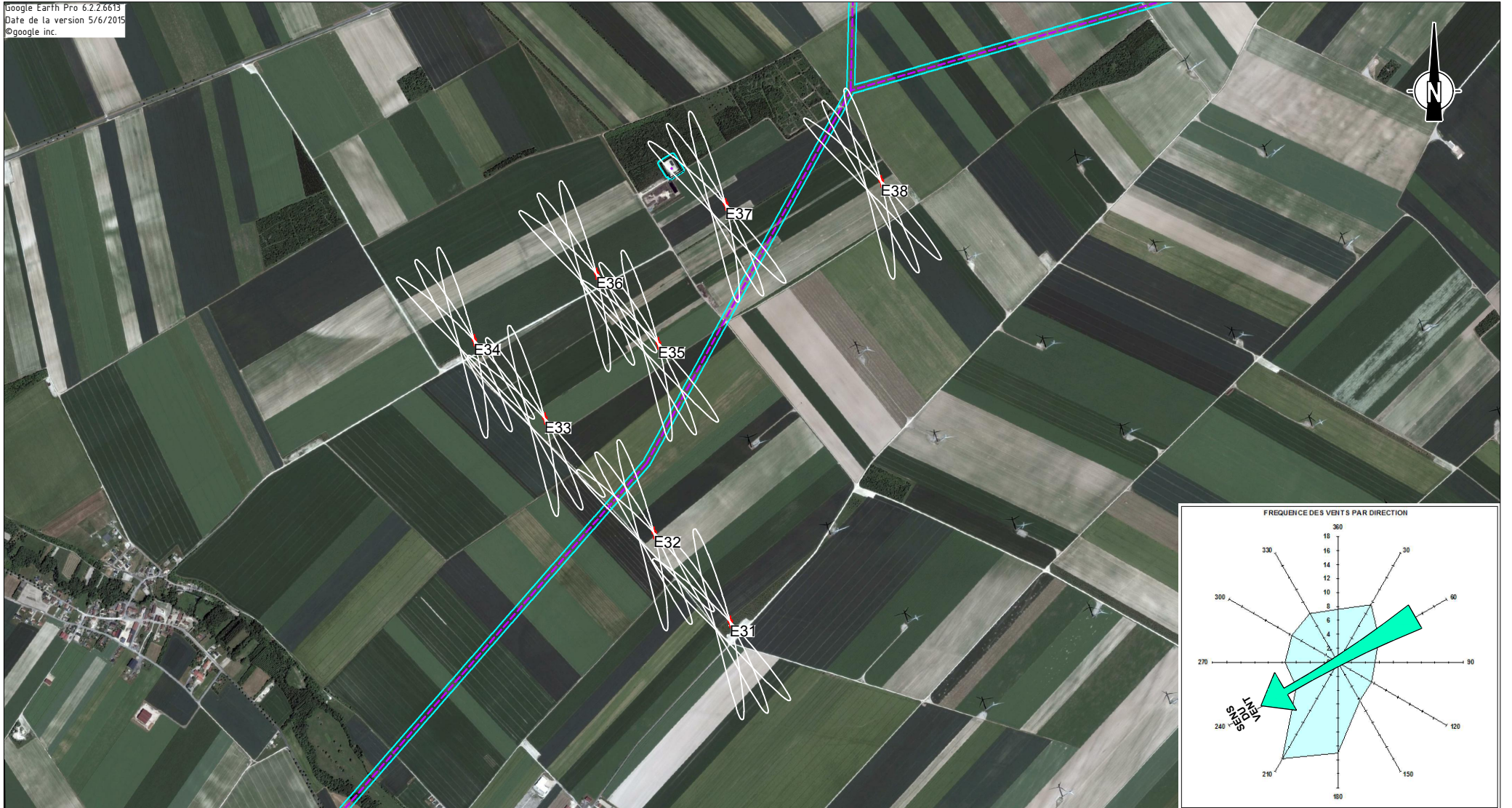
Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**
Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**
Client **ENGIE Green**

Ech. 1/25 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE E - 30	

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 60°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

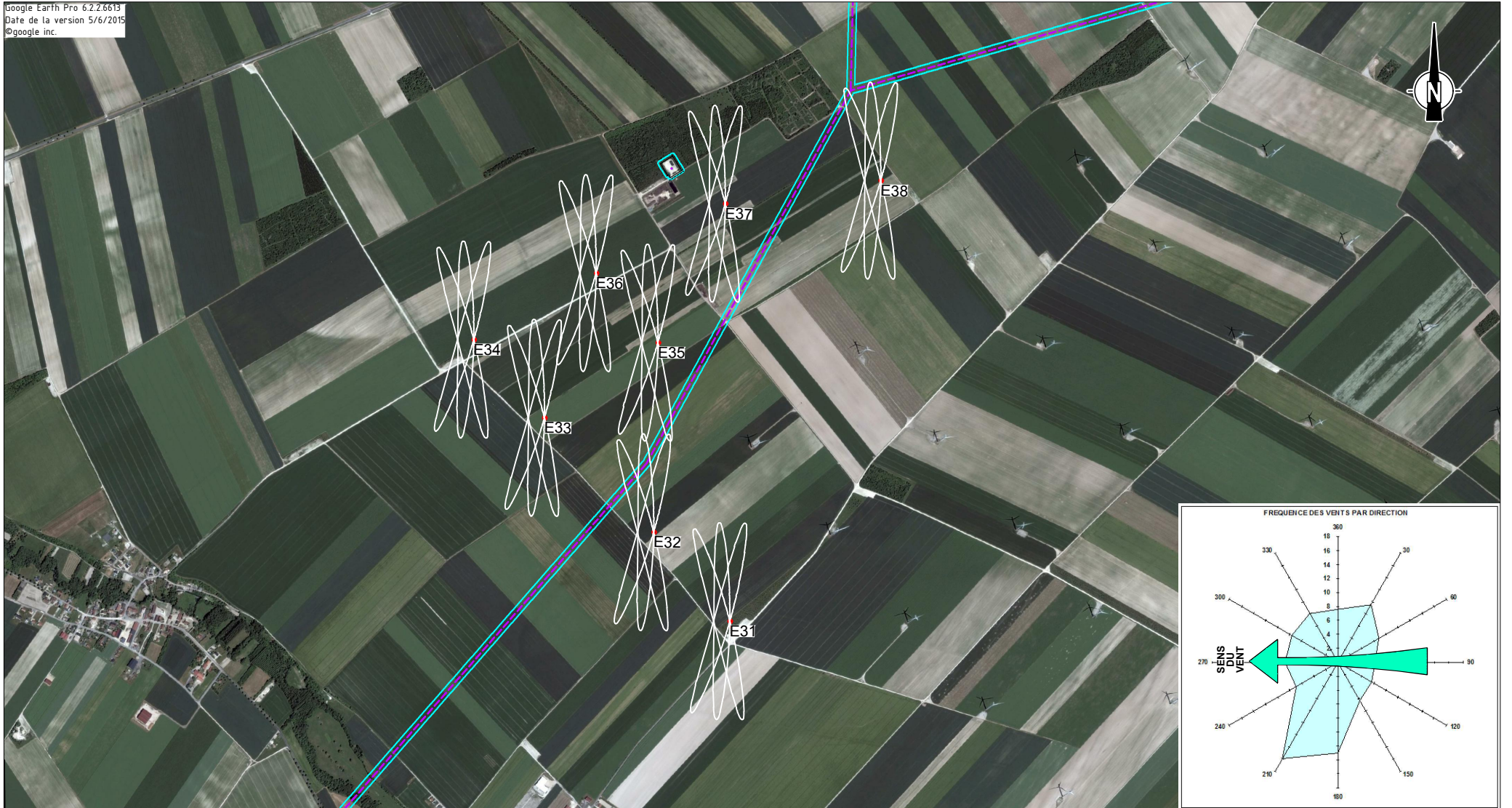
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE E - 60

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 90°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

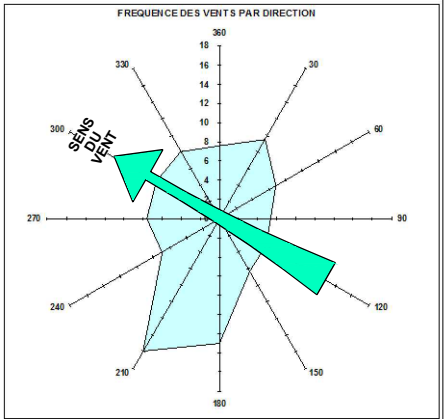
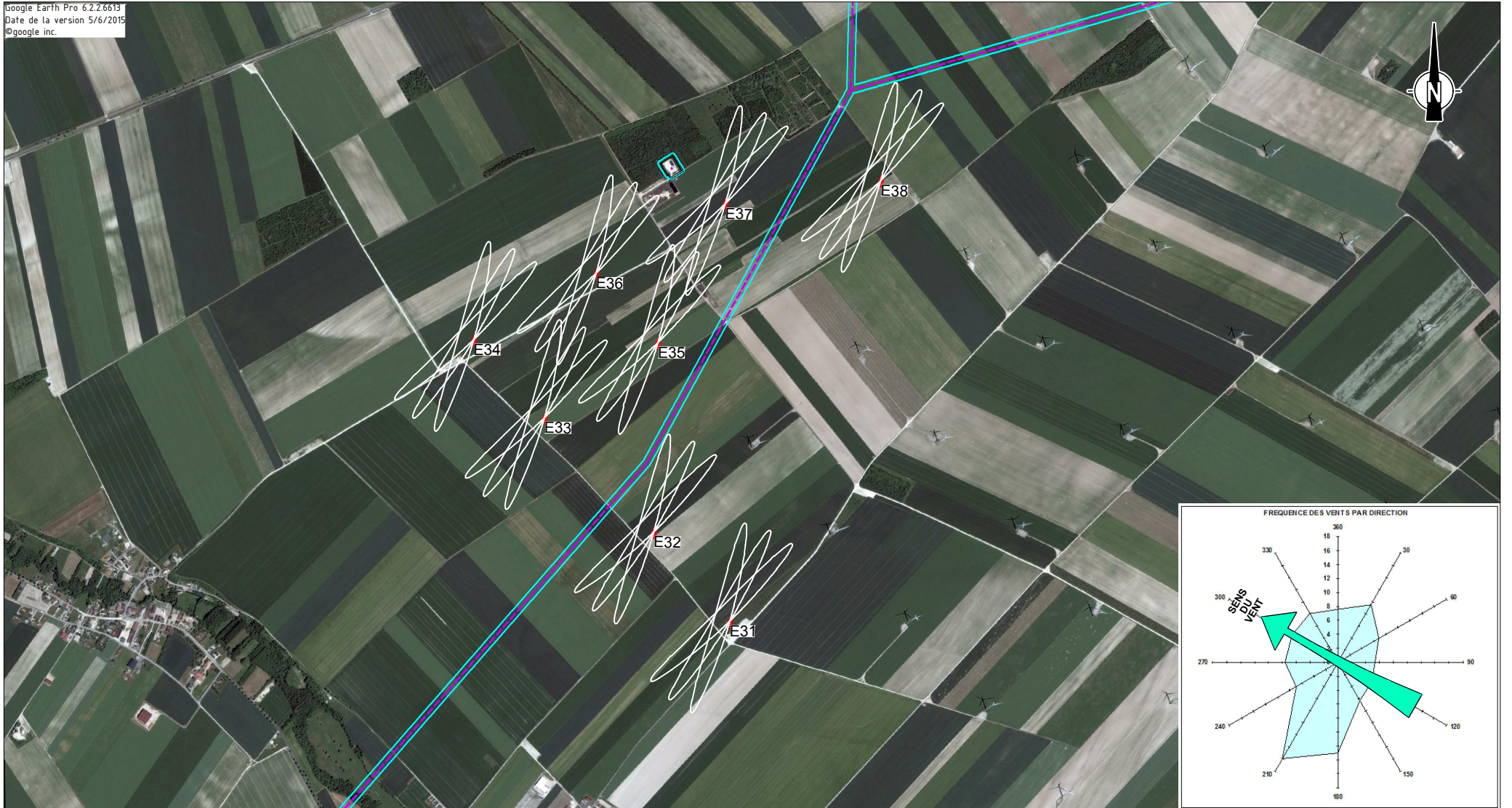
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE E - 90

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 120°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



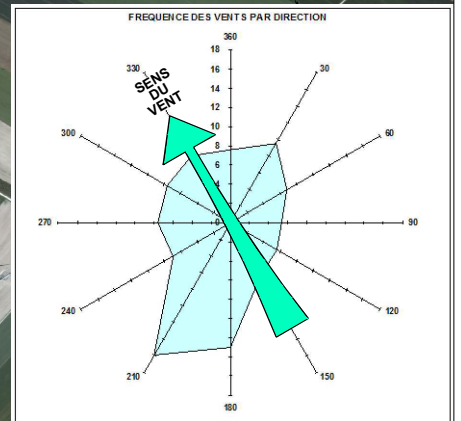
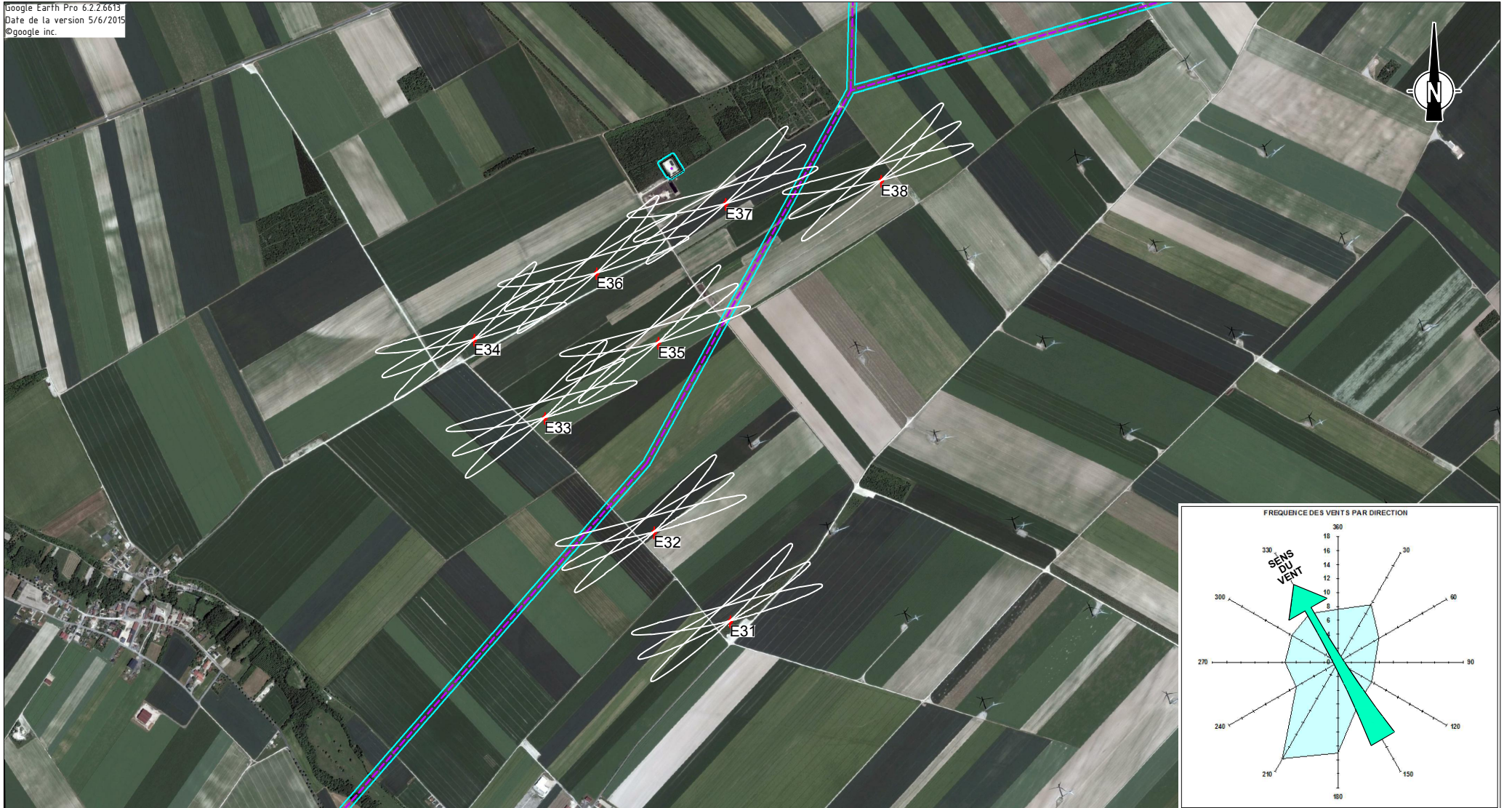
Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**
Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**
Client **ENGIE Green**

Ech. 1/25 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE E - 120	

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 150°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

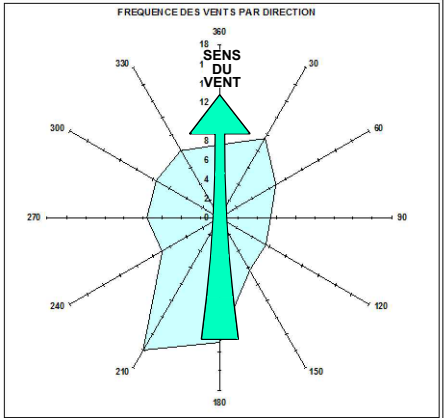
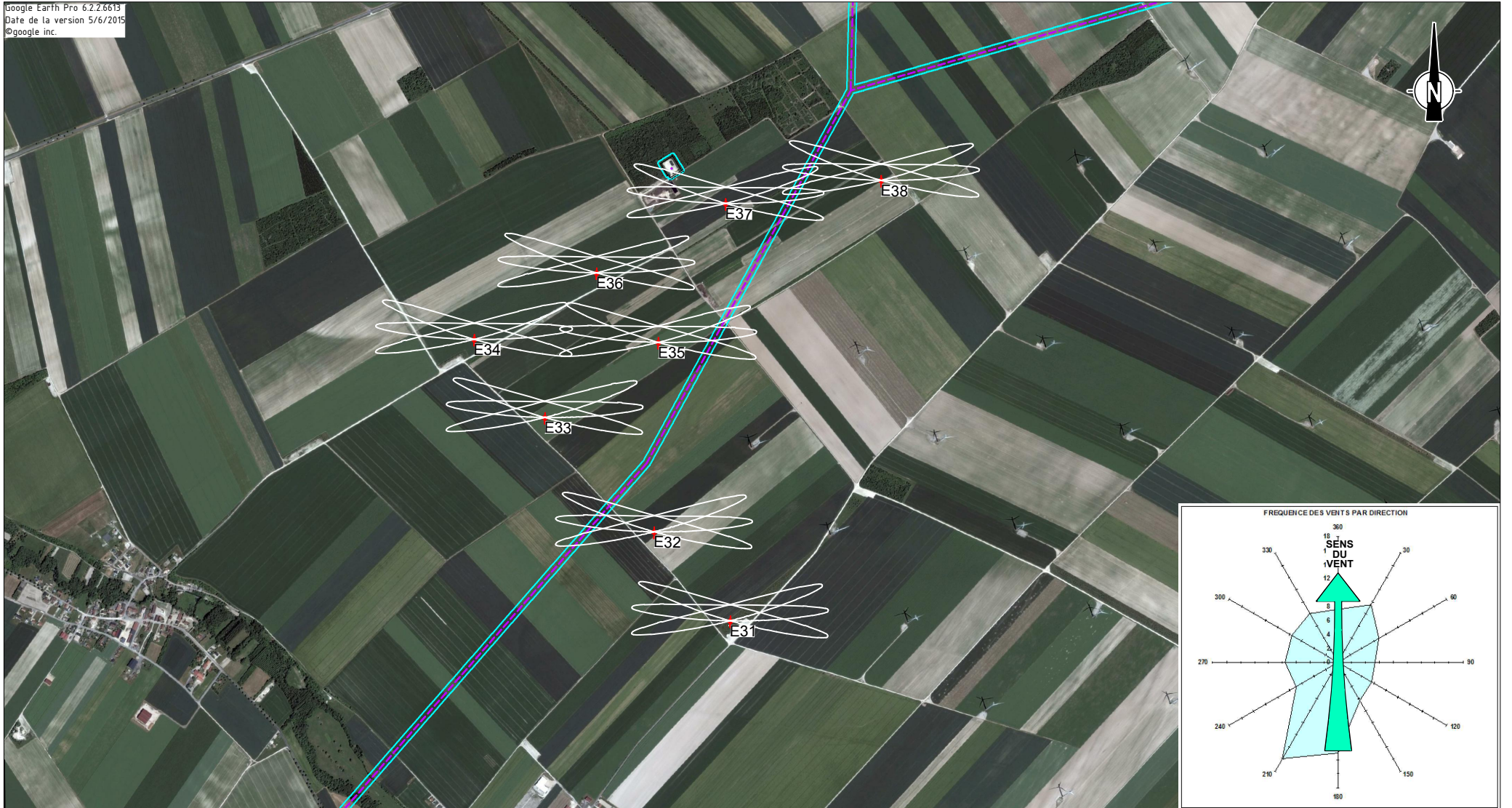
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE E - 150

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 180°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

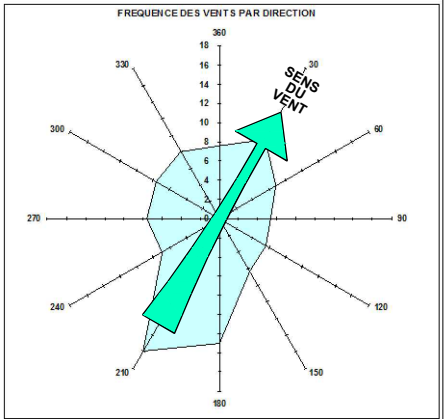
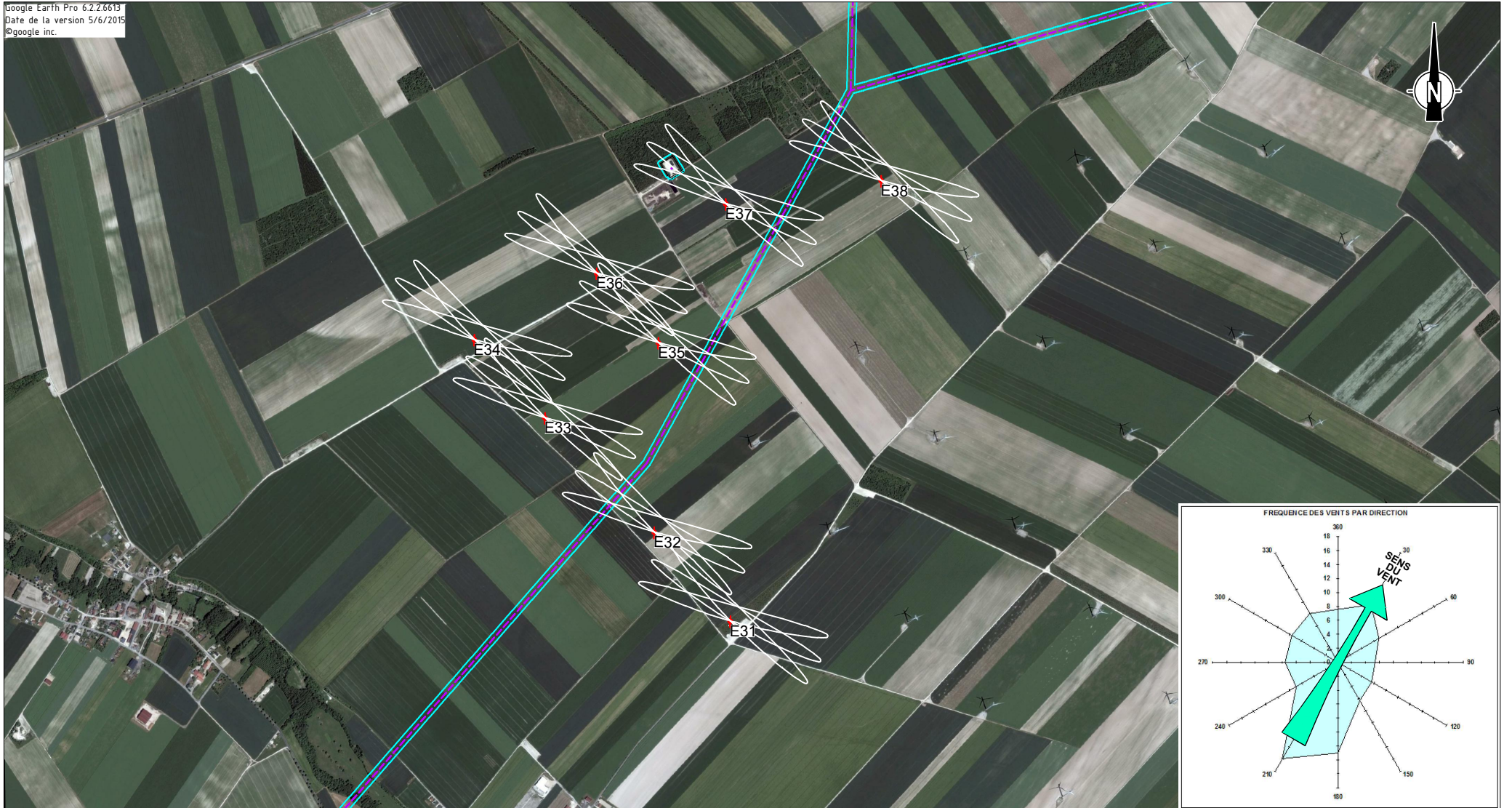
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE E - 180

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 210°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

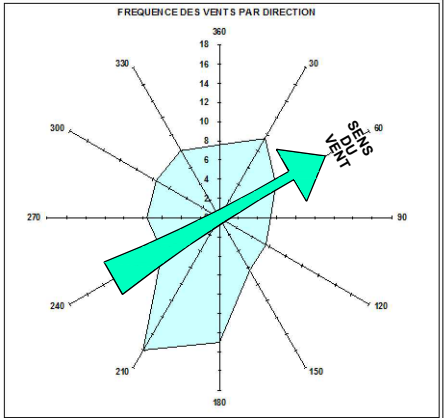
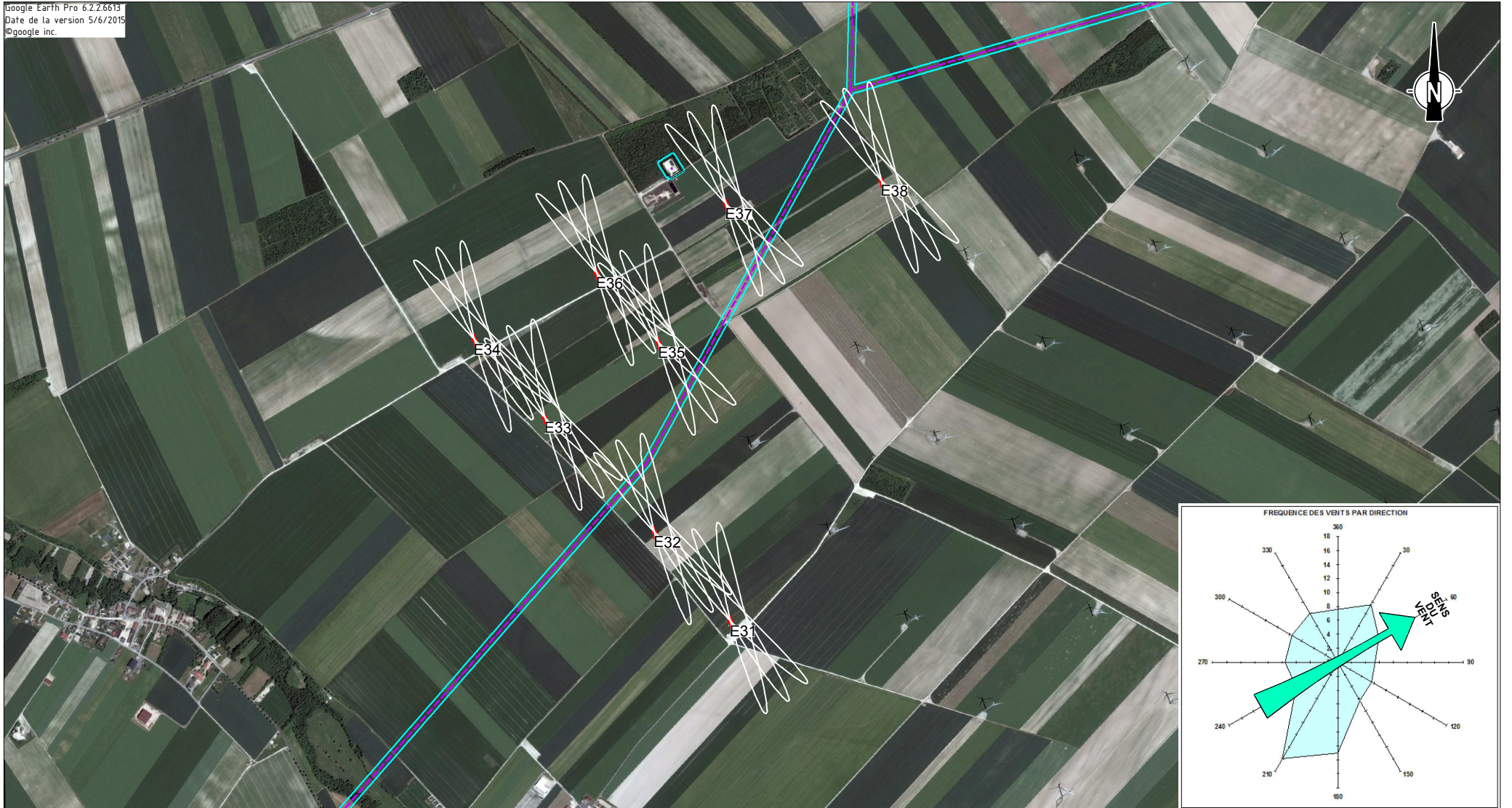
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE E - 210

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 240°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



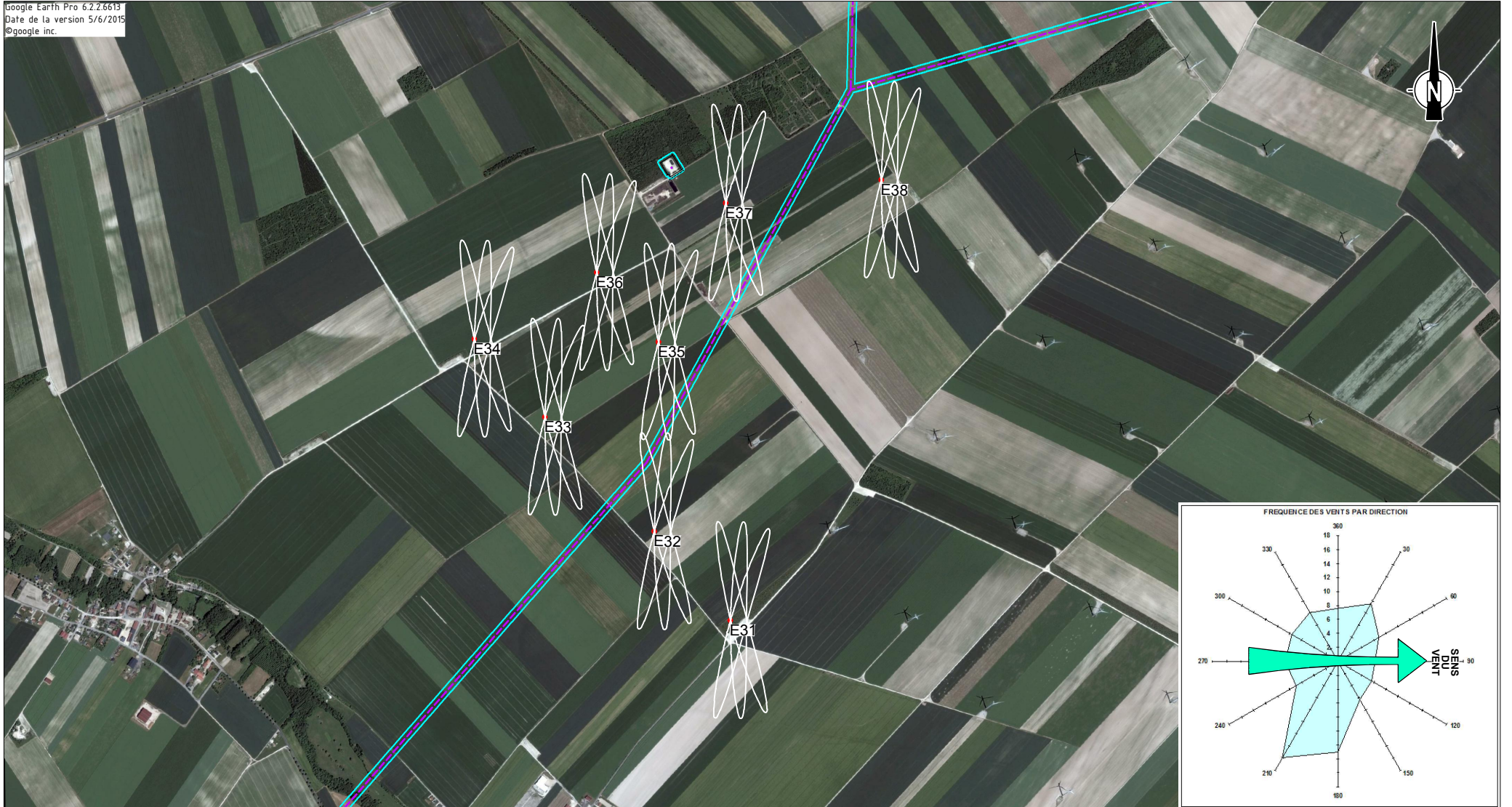
Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**
Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**
Client **ENGIE Green**

Ech. 1/25 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE E - 240	

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 270°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

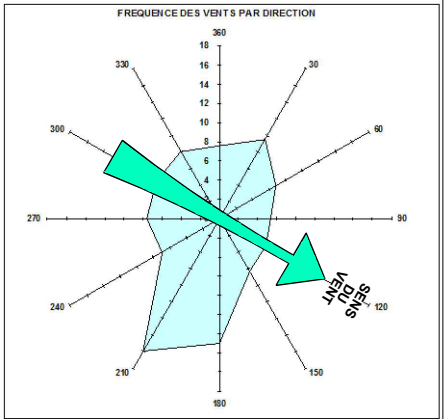
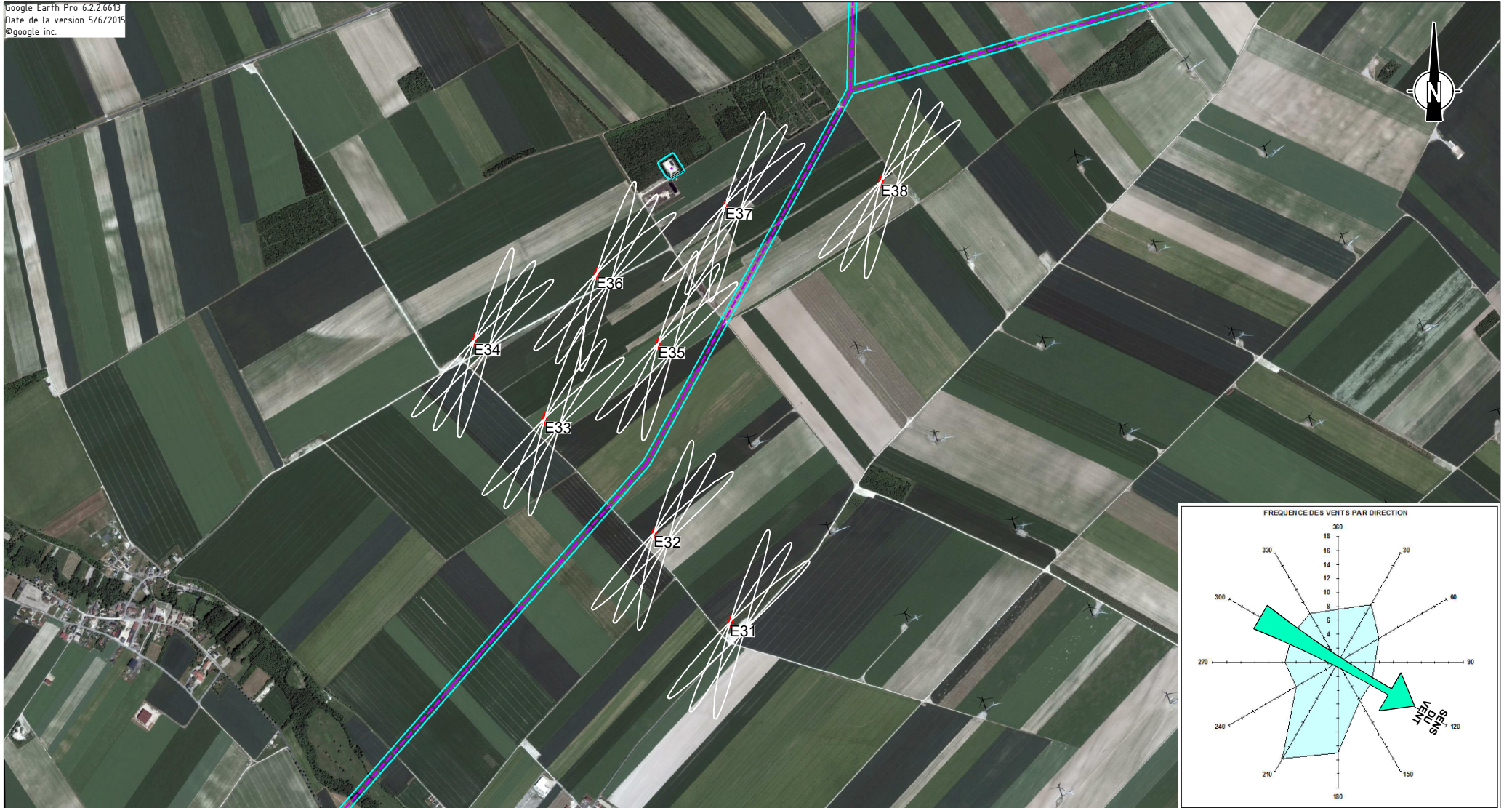
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE E - 270

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 300°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



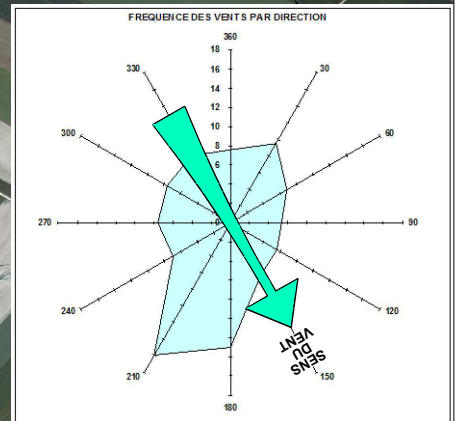
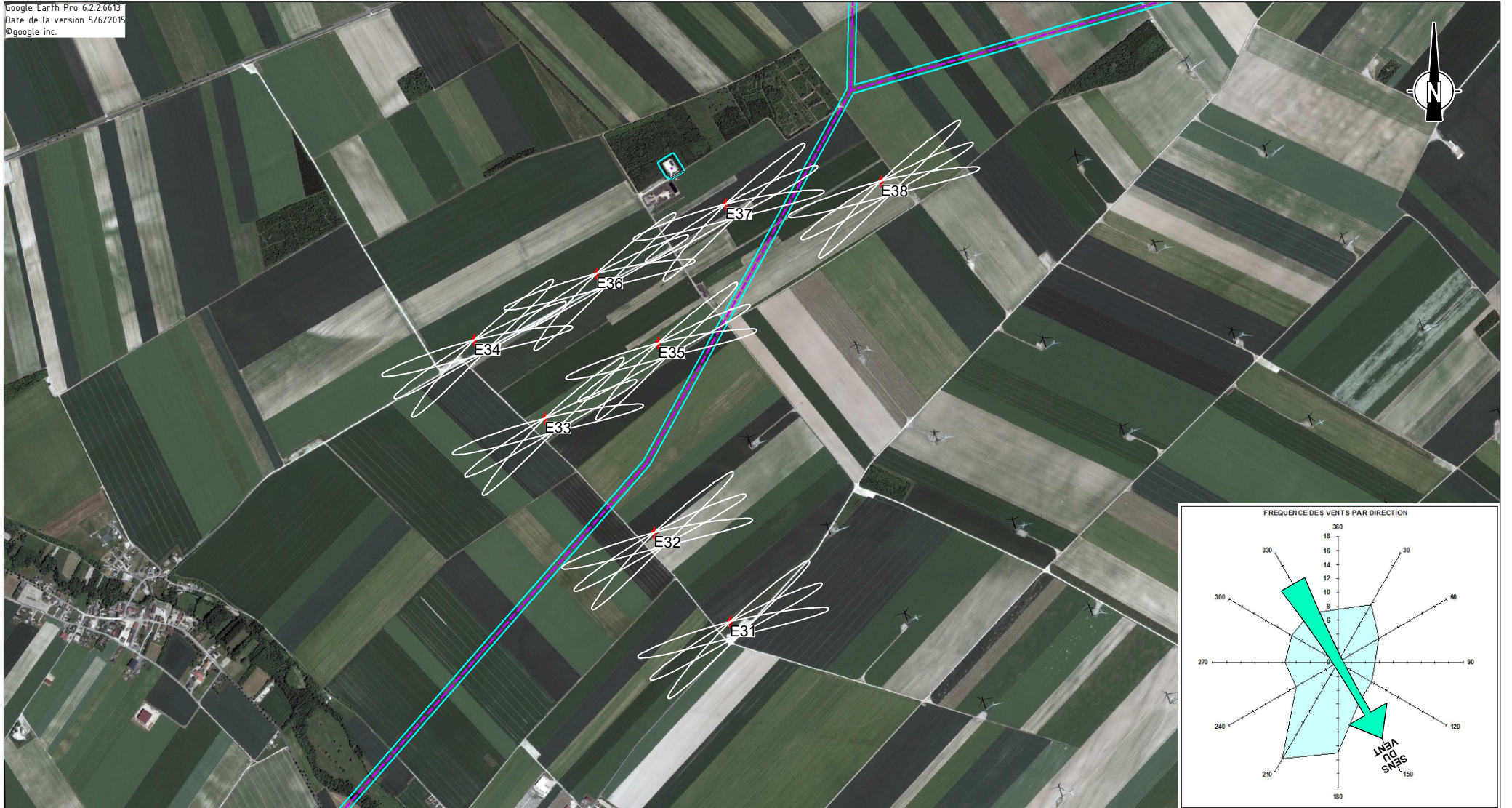
Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**
Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**
Client **ENGIE Green**

Ech. 1/25 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE E - 300	

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DU TIERS DE PALE
ORIENTATION DU VENT : 330°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

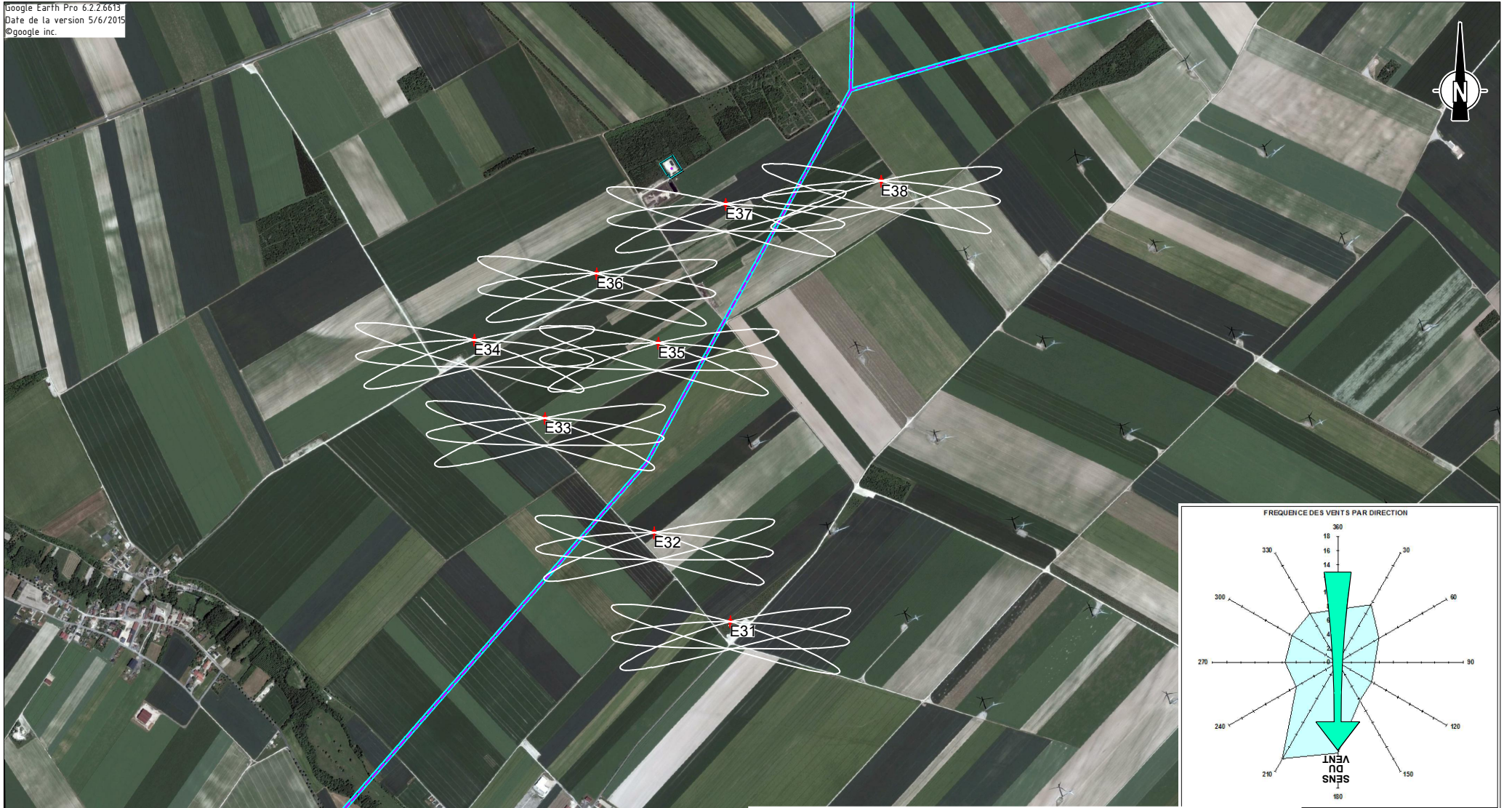
AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre	CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC	
Lieu	CHALONS EN CHAMPAGNE (51)	
Client	ENGIE Green	

Ech.	1/25 000	Format	A4
Date	OCTOBRE 2018		
Proj.	60587333		
Ref.	AIX-RAP-18-10760		
Dess.	AMA	Vérif.	ARO
ANNEXE E - 330			

Annexe F : Enveloppe des projections de l'extrémité d'une pale

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 0°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

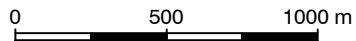
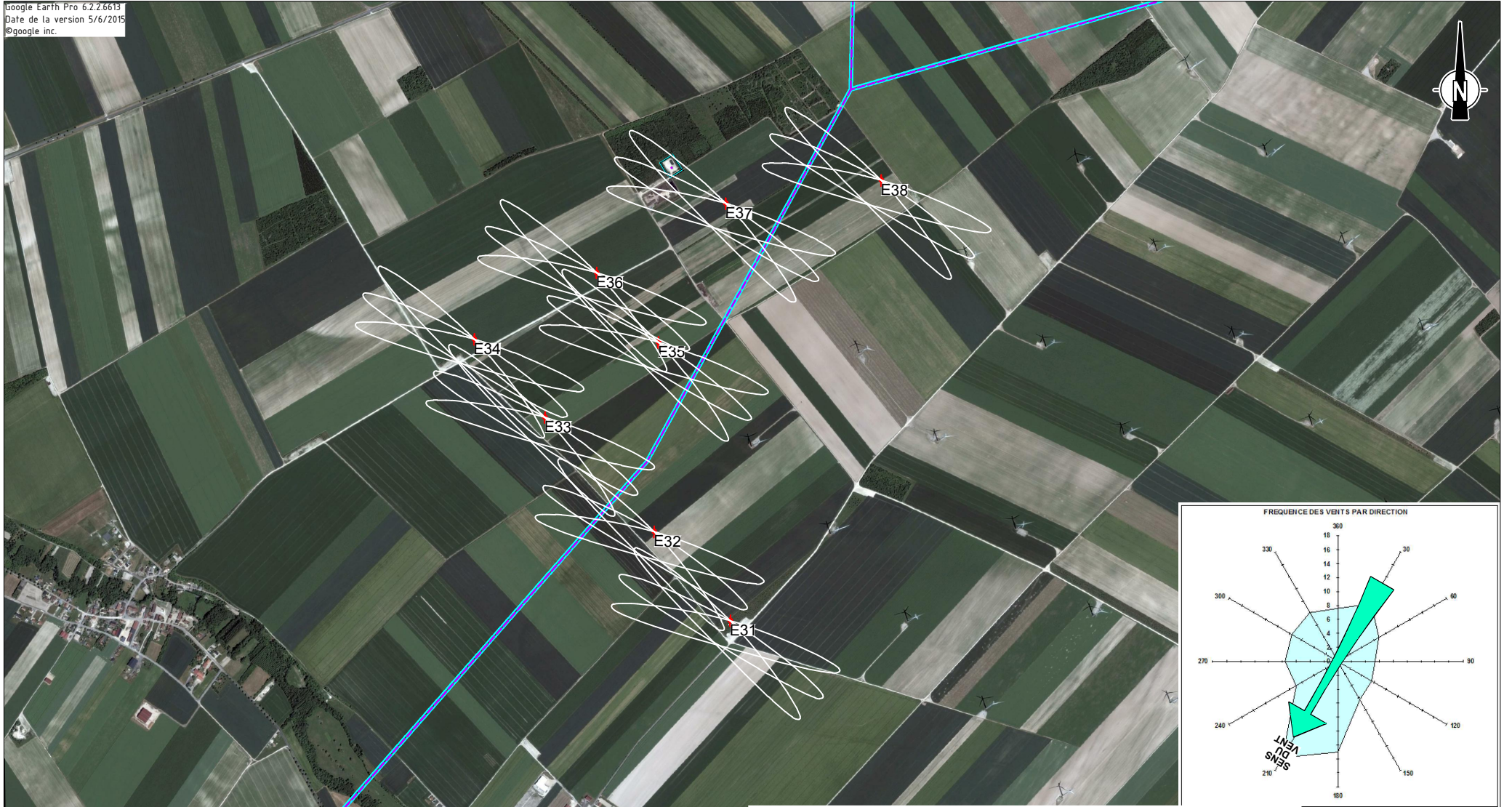
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 0

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 30°



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

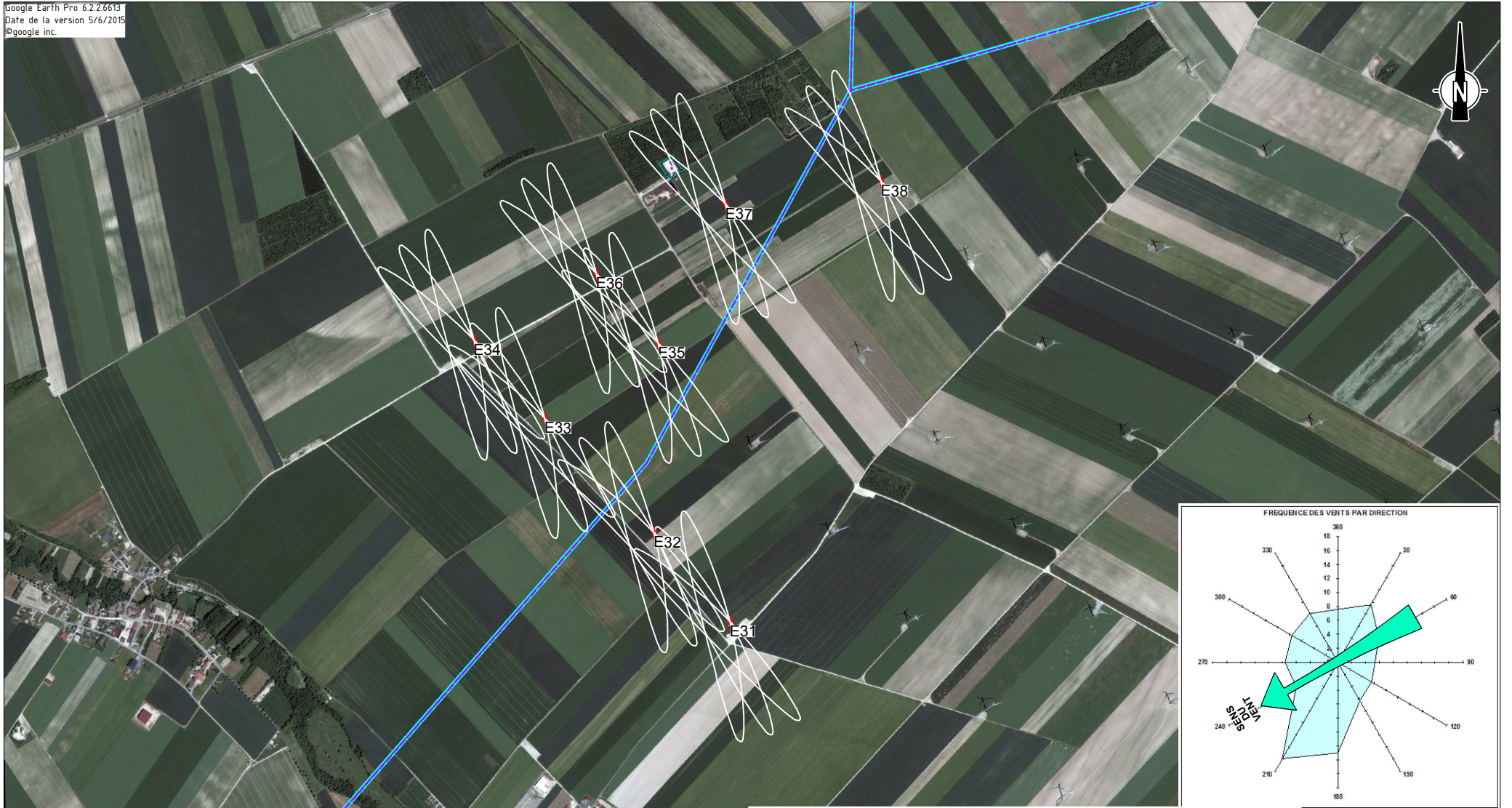
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 30

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 60°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

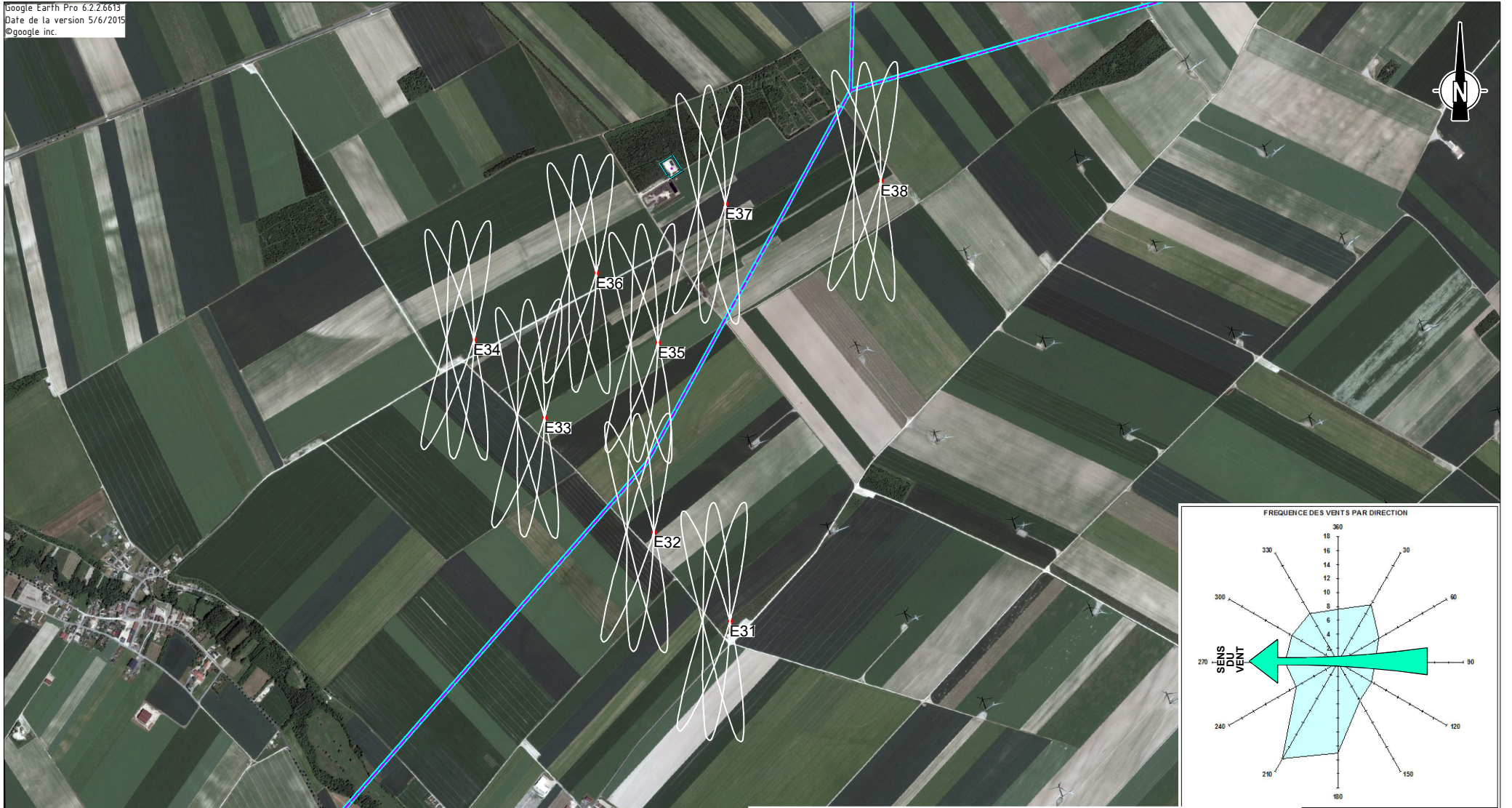
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 60

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 90°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

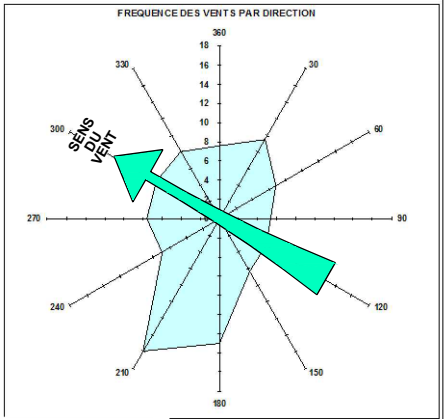
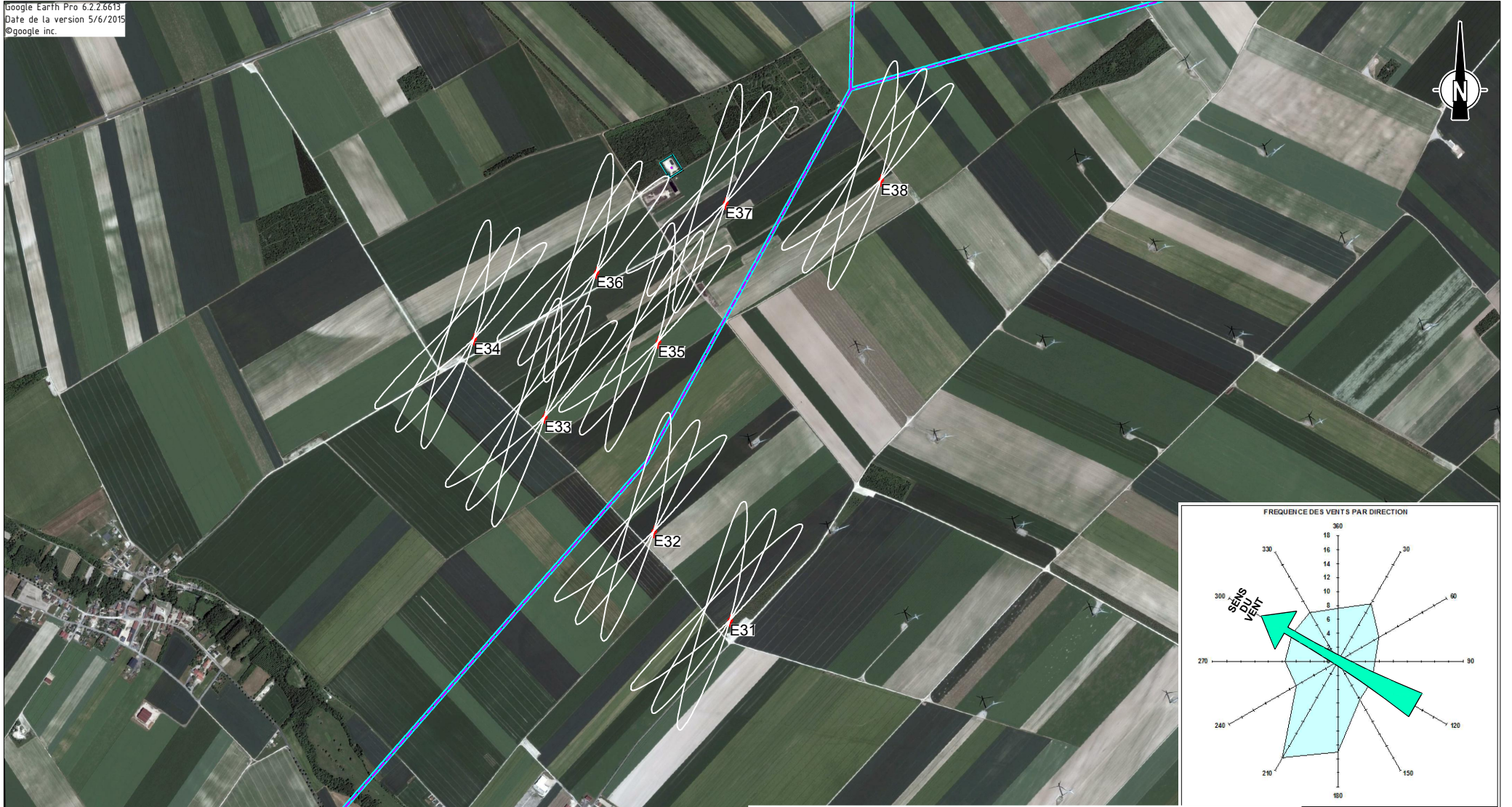
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 90

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 120°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

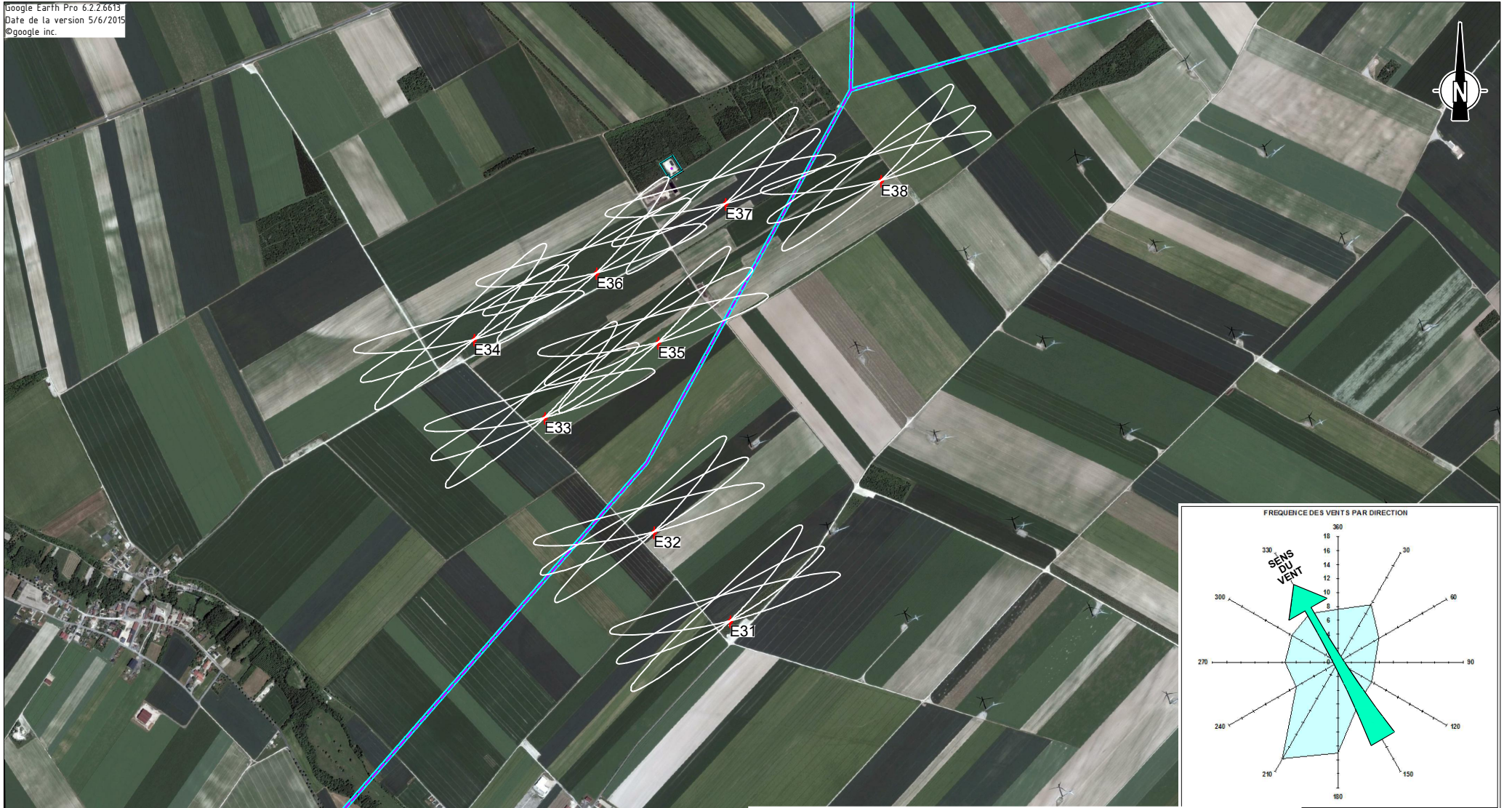
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 120

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 150°



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

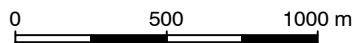
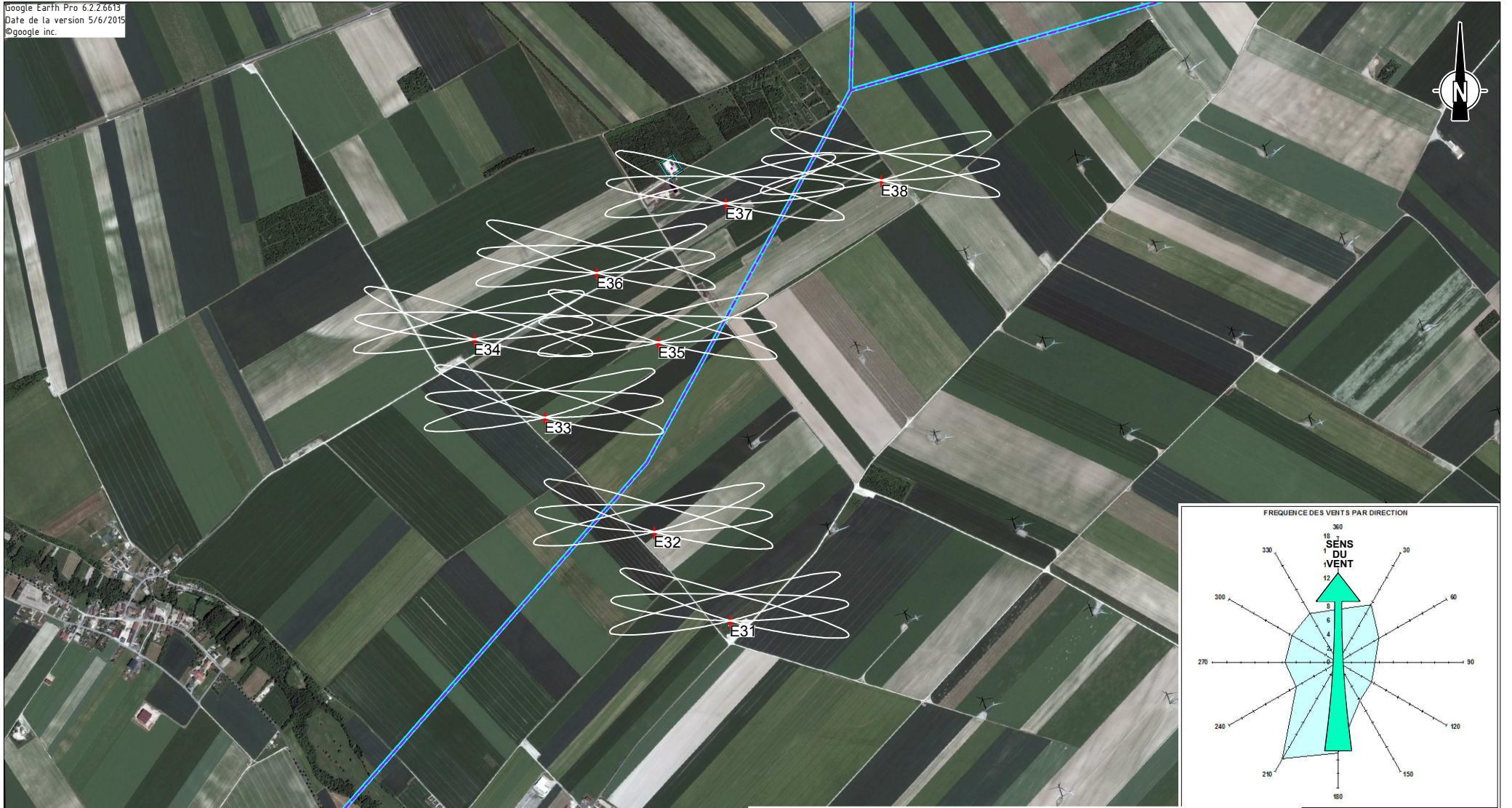
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 150

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 180°



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

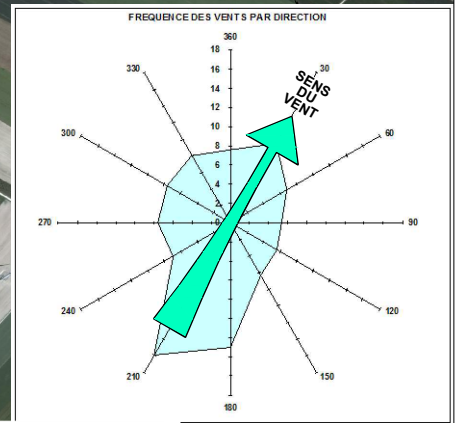
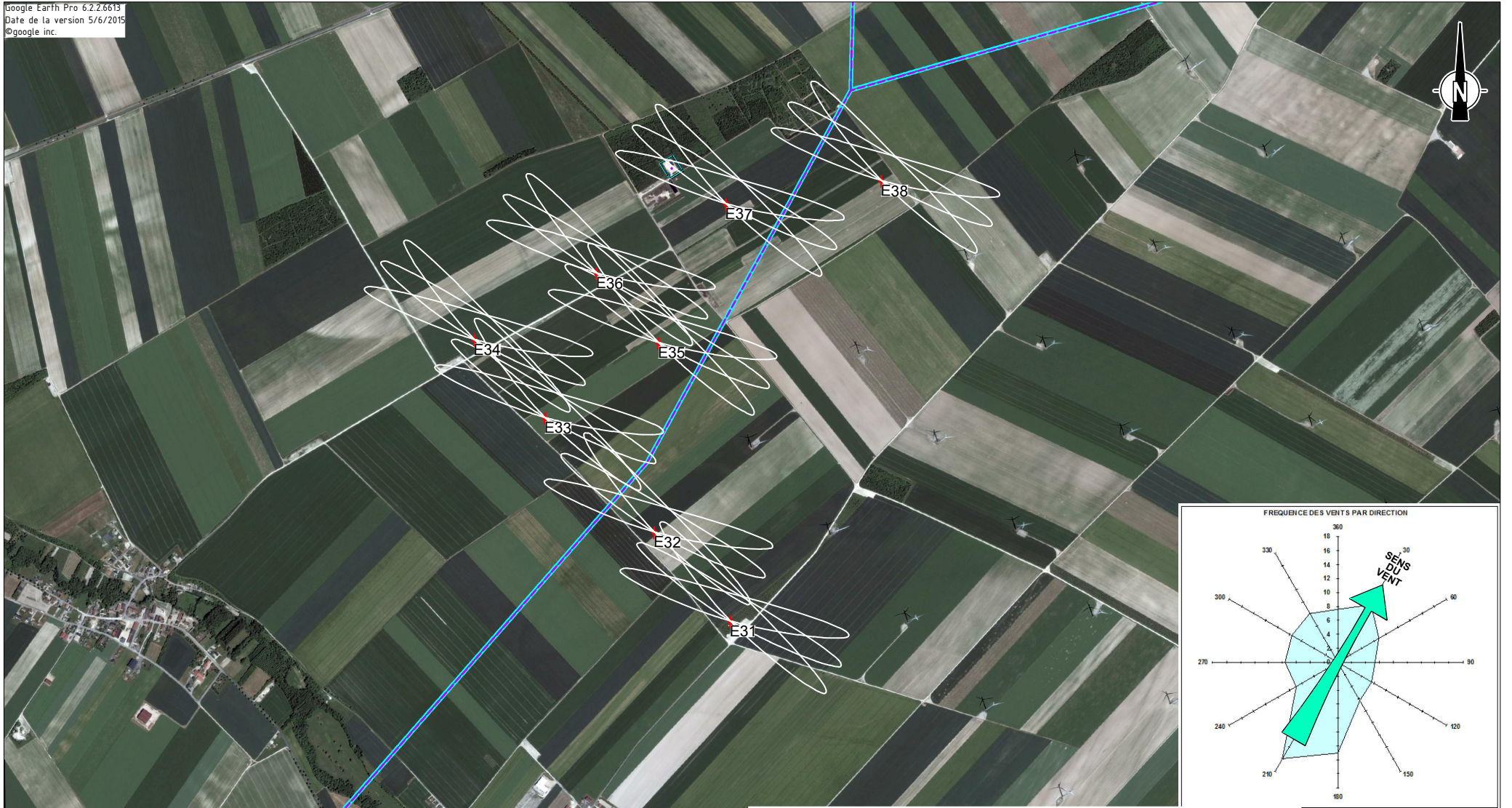
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 180

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 210°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

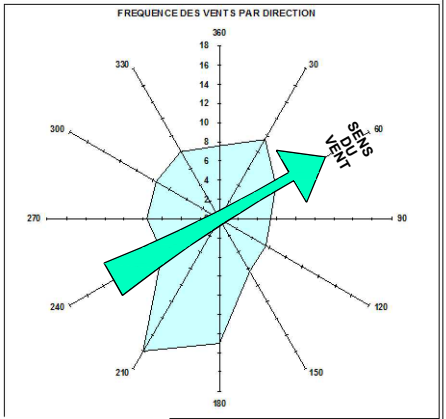
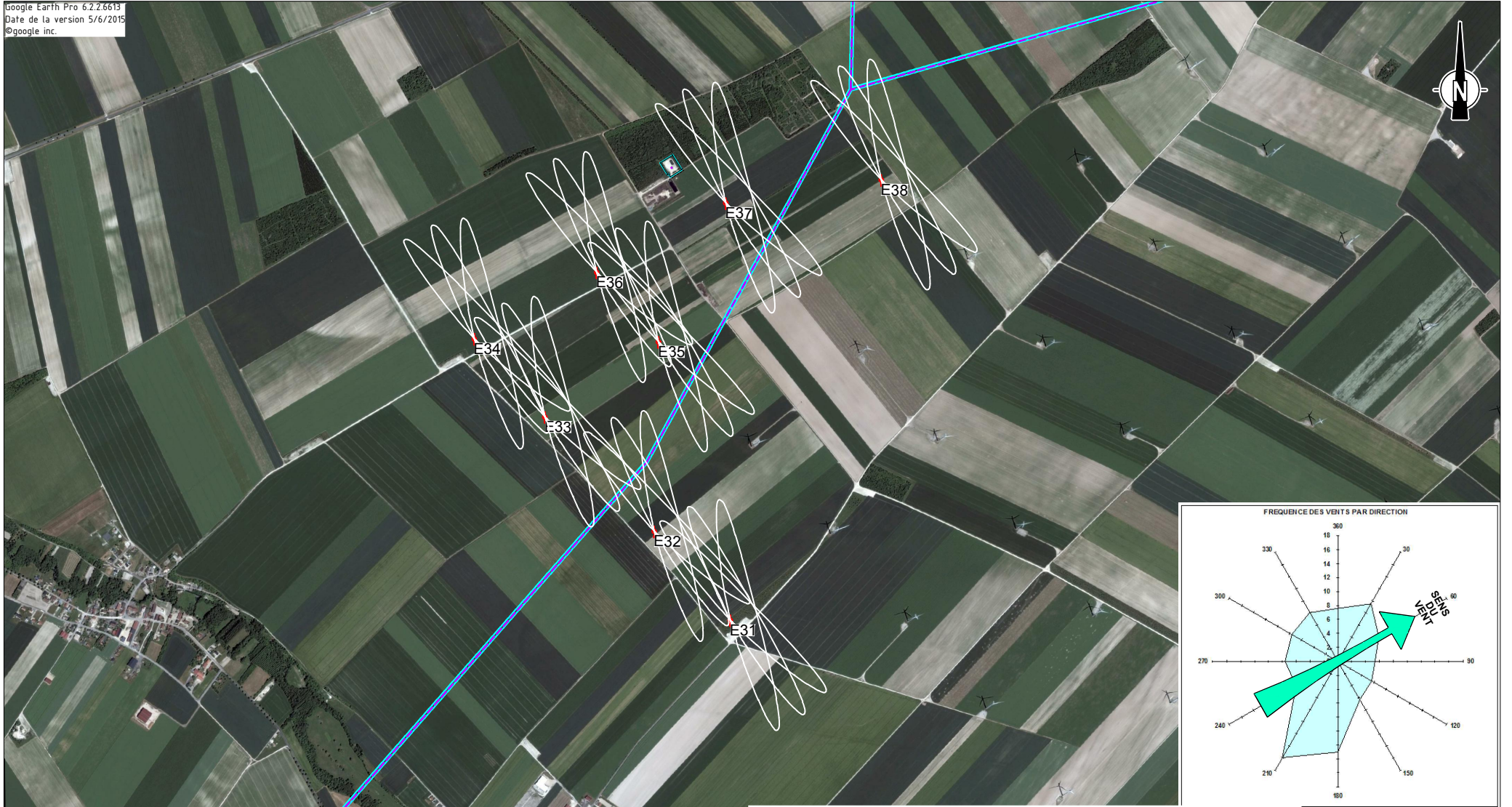
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 210

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 240°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

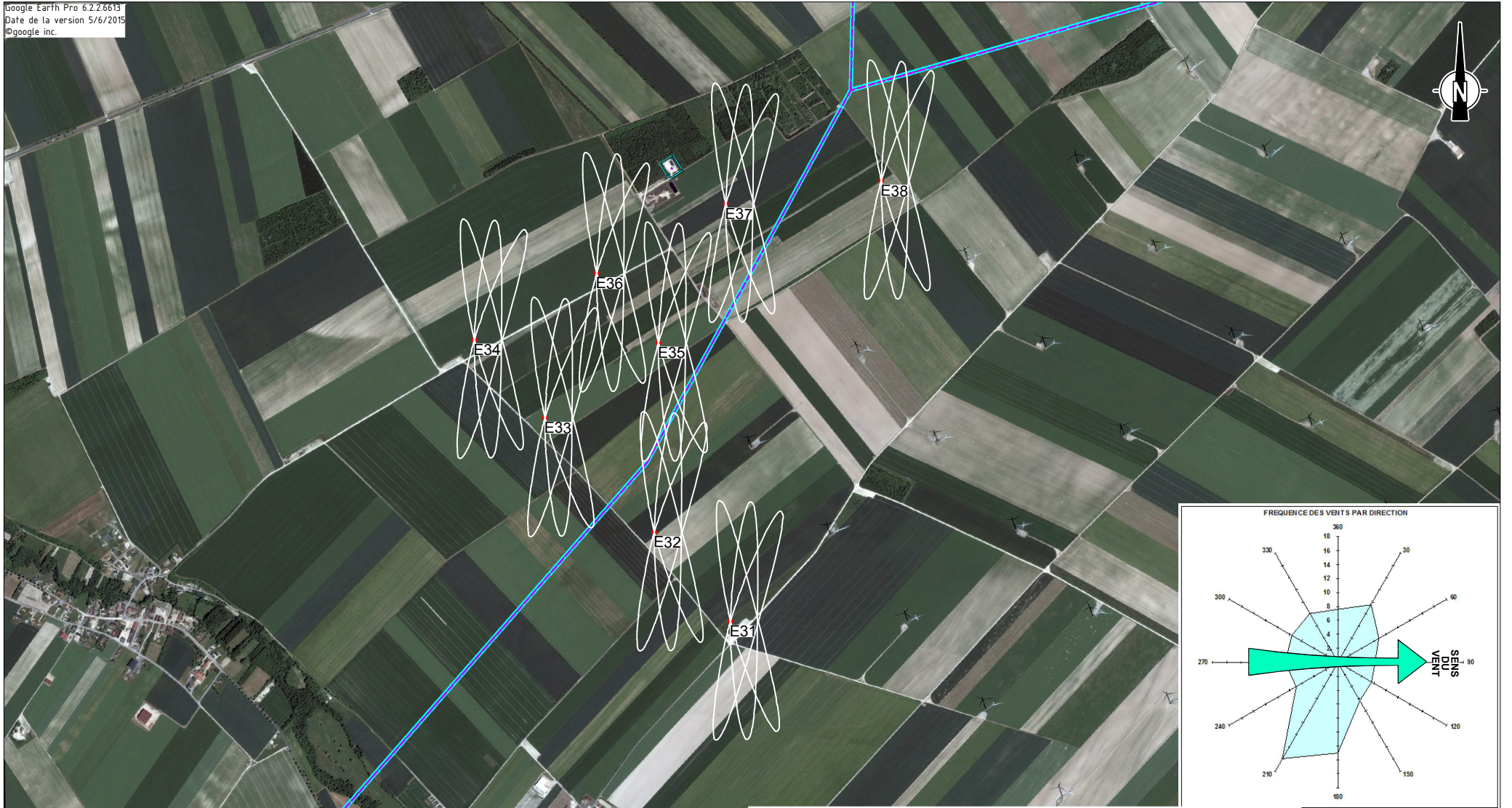
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 240

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 270°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

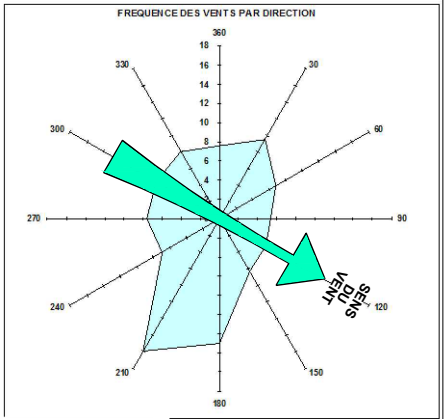
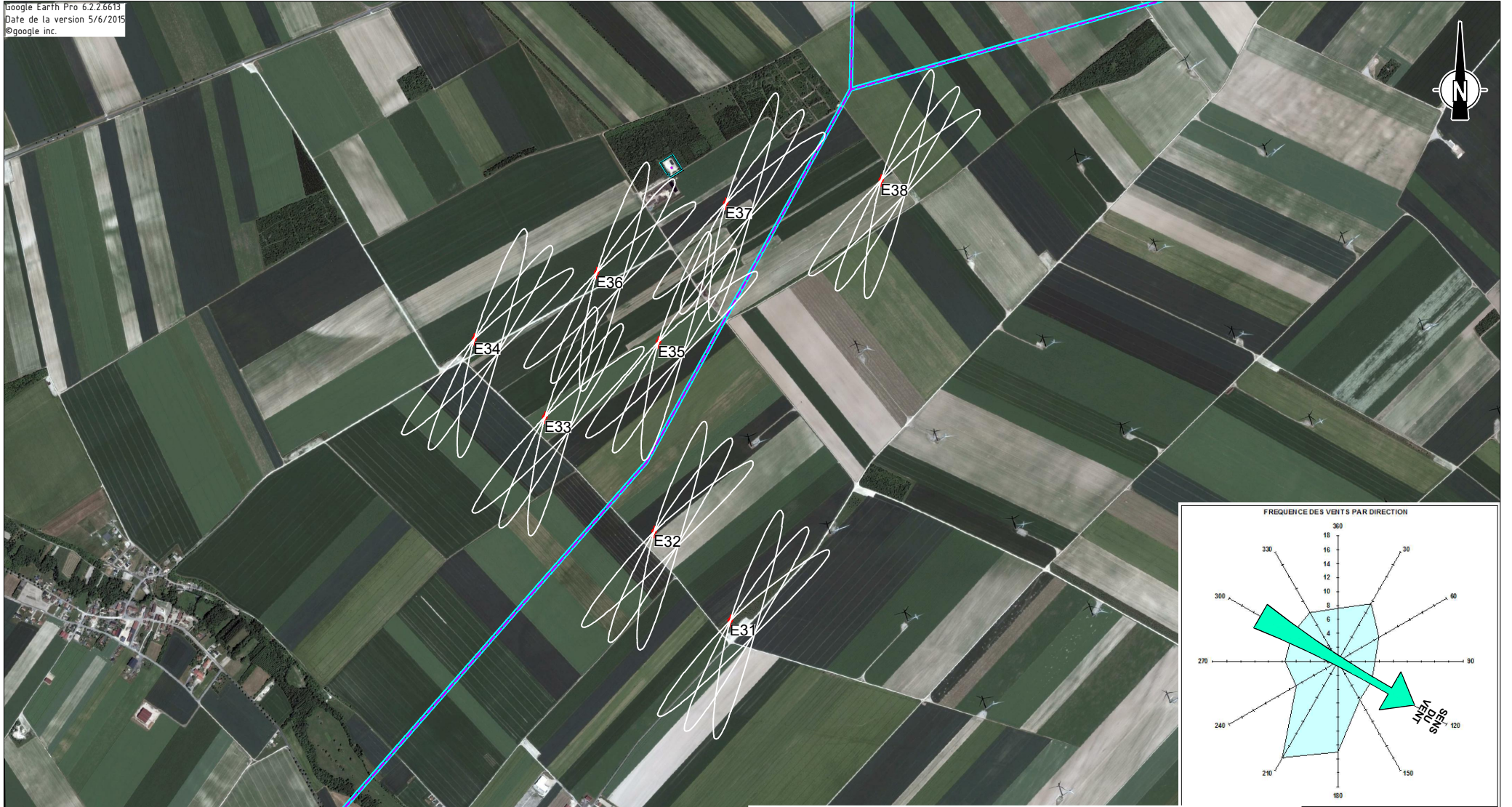
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 270

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 300°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

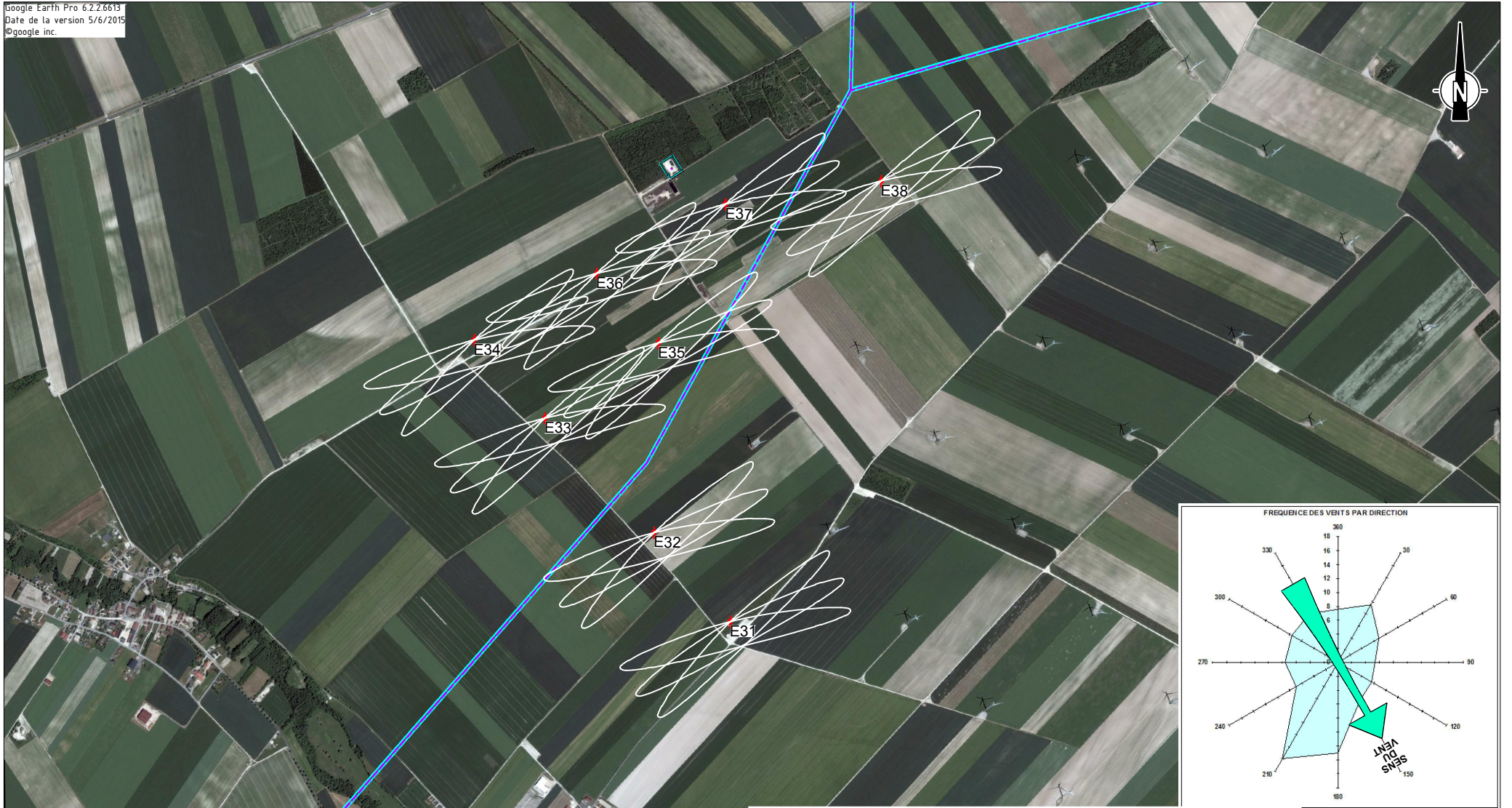
Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

ANNEXE F - 300

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 500 1000 m

**ENVELOPPE DES PROJECTIONS DE L'EXTREMITÉ D'UNE PALE
ORIENTATION DU VENT : 330°**



Eolienne et enveloppe des points de chute d'un fragment pour un secteur de vent donné



Canalisation et distance de sécurité

AECOM

AECOM France

Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

Titre

**CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU
RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu

CHALONS EN CHAMPAGNE (51)

Client

ENGIE Green

Ech. **1/25 000** Format **A4**

Date **OCTOBRE 2018**

Proj. **60587333**

Ref. **AIX-RAP-18-10760**

Dess. **AMA** Vérif. **ARO**

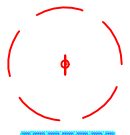
ANNEXE F - 330

Annexe G : Enveloppe des zones atteintes en cas d'effondrement de l'éolienne

Google Earth Pro 6.2.2.6613
Date de la version 5/6/2015
©google inc.



0 400 800 m



Eolienne enveloppe des points de chute

Canalisation et distance de sécurité

AECOM
AECOM France
Siège Social
10, Place De Belgique
92250 La Garenne-Colombes

ZONE D'EFFONDREMENT D'UNE EOLIENNE

Titre **CHAMP ÉOLIEN DE VÉLYE (51) - ANALYSE DU RISQUE D'AGRESSION DU GAZODUC**

Lieu **CHALONS EN CHAMPAGNE (51)**

Client **ENGIE Green**

Ech. 1/20 000	Format A4
Date OCTOBRE 2018	
Proj. 60587333	
Ref. AIX-RAP-18-10760	
Dess. AMA	Vérif. ARO
ANNEXE G	