

EolMed – Gruissan

Ferme Pilote d'Eoliennes Flottantes



Expertise des simulations visuelles

Partie 2 : analyse comparative d'impact

Jean-Marc Vézien

Janvier 2018

Table des matières

A.	Introduction – Objectif de l’expertise	3
1.	Contexte : le projet éolien EolMed-Gruissan	3
2.	L’impact visuel éolien : définition, mesures	4
3.	Les objectifs de l’expertise	5
B.	Impact Visuel du projet EolMed-Gruissan.....	6
1.	Méthodologie d'évaluation	6
2.	Zones d’impact et amers retenus.....	7
a)	Critères de sélection et paramètre de comparaison.....	8
b)	Liste des amers retenus.....	9
d)	Parc éolien de Viala	11
e)	La cheminée de l’usine Lafarge à Port-La Nouvelle.....	13
3.	Covisibilité EolMed-Gruissan / EFGL.....	15
a)	Point de vue G31 : Port-La Nouvelle - Vue depuis la Plage Ste Lucie.....	17
b)	Point de vue L10 : Les Coussoules	17
c)	Point de vue L13 : Falaise Franqui (Sémaphore)	18
4.	Conclusion	19
C.	Synthèse	19
D.	Bibliographie	20
E.	Annexes	21
	Annexe 1 : Présentation de l’expert.....	21

A. Introduction – Objectif de l'expertise

1. Contexte : le projet éolien EolMed-Gruissan

Lauréat d'un appel à projets de l'ADEME en novembre 2016, le projet "EolMed-Gruissan" est porté par un consortium regroupant Quadran Energies Marines (maître d'ouvrage), Senvion (concepteur de la turbine), Ideol (concepteur du flotteur) et Bouygues.

Le parc comportera 4 éoliennes d'une puissance de 6.2 MW installées dans le Golfe du Lion, au large de Gruissan. Il vise à tester, en conditions réelles, l'ensemble des technologies déployées, en particulier celle, récente, des éoliennes dites flottantes. Le coût de construction du parc et de son raccordement électrique, incluant les coûts de développement, est estimé à 215 M€.

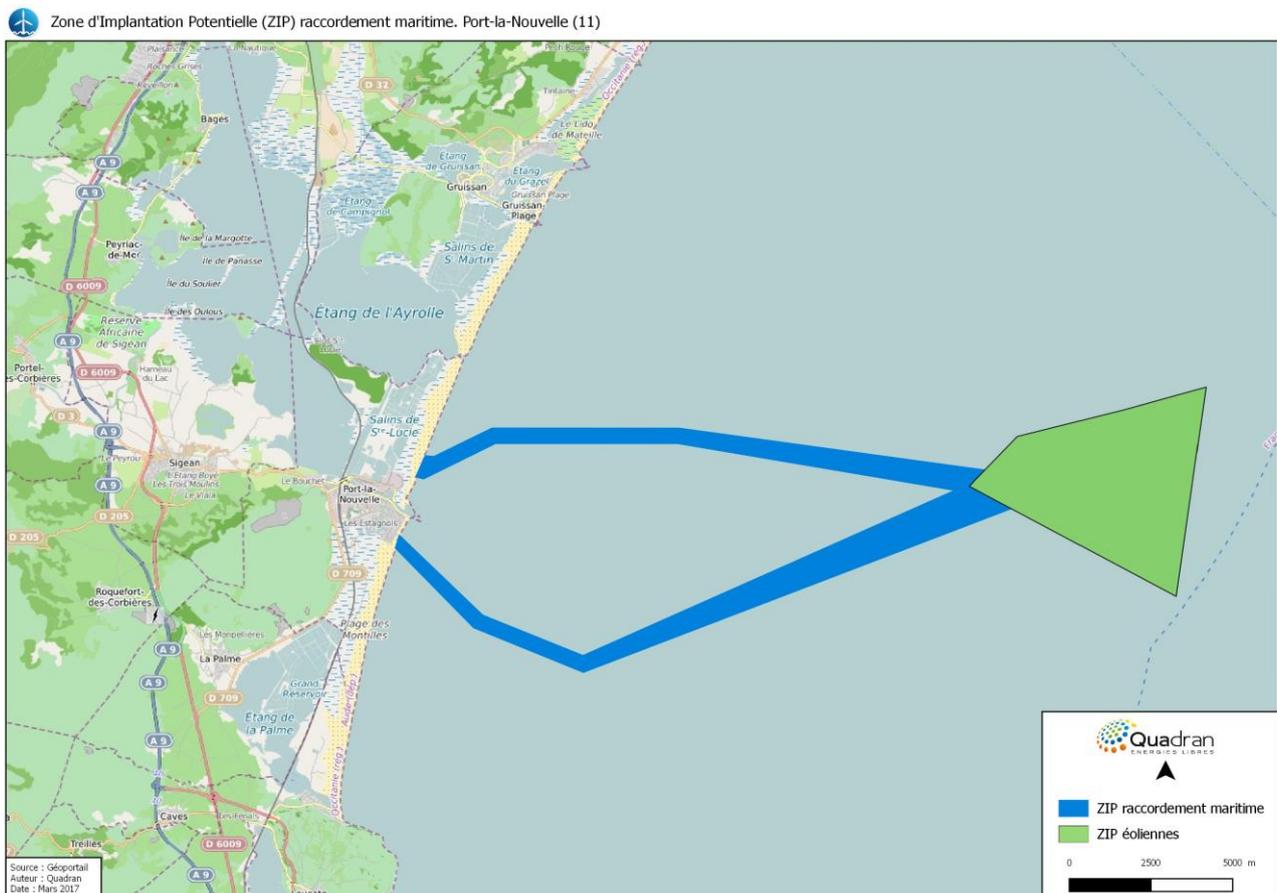


Figure 1 : Le site éolien Eolmed-Gruissan : vue générale (source : Quadran Energies Marines). En vert, la zone d'implantation potentielle des éoliennes du projet, définie par Quadran Energies Marines suite à la réalisation d'un pré-diagnostic sur la zone de l'appel à projet de l'ADEME.

Dans sa configuration actuelle, le projet pilote EolMed-Gruissan se compose de 4 éoliennes en mer, d'une capacité unitaire de 6.2 MW (modèle 6.2M152 fourni par Senvion). Les éoliennes seront localisées au large de Gruissan, à une distance d'environ 18 km, sur une zone d'étude d'environ 25 km², à l'intérieur d'une zone de 67 km² fixée dans le cahier des charges de l'appel d'offres (Figure 1). La date de mise en service envisagée est 2021 (voir calendrier prévisionnel Figure 2).

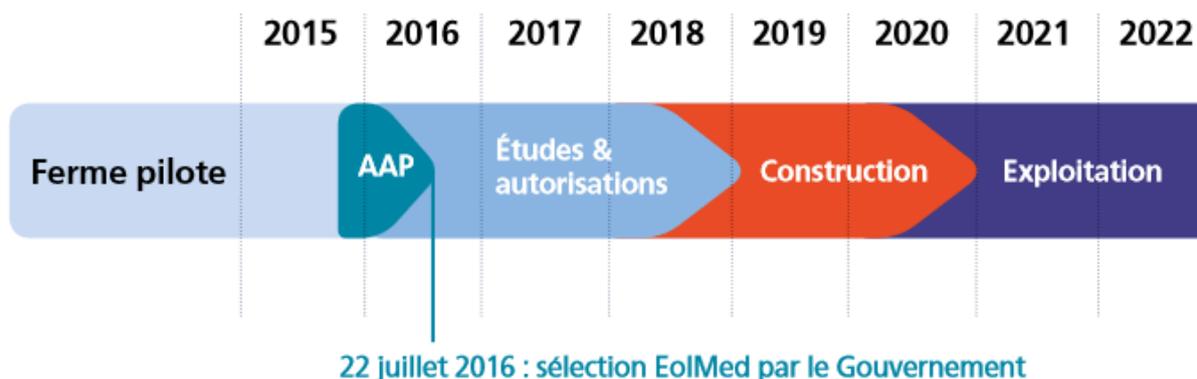


Figure 2 : Calendrier prévisionnel de mise en œuvre du projet (source: dossier du Maître d’Ouvrage).

Parallèlement au calendrier technique du projet, et conformément à la loi, le projet EolMed-Gruissan a d'ores et déjà fait l'objet d'une concertation approfondie avec les acteurs institutionnels, ce depuis 2015.

Le 28 novembre 2016, la société Quadran Energies Marines (en la personne de son directeur) a saisi la Commission Nationale du Débat Public pour avis. Considérant que le projet contribue au développement des énergies renouvelables en France et revêt un intérêt national, qu'il présente d'importants enjeux socio-économiques mais que ses impacts sur l'environnement et l'aménagement du territoire apparaissent limités en l'état actuel, la Commission a décidé d'organiser une concertation sous l'égide d'un garant, Monsieur Jacques Roudier, concertation qui s'est déroulée du 15 juin au 15 septembre 2017 ¹. Le garant de la concertation a désigné l'auteur du présent document en tant qu'expert pour l'assister sur les aspects relatifs à l'impact visuel.

2. L'impact visuel éolien : définition, mesures

L'évaluation de l'impact éolien obéit à une méthodologie bien balisée, et se décline suivant de multiples facteurs : faune, pêche, tourisme, économie, etc. (voir [Impact2010][Impact2016] pour une description détaillée). *L'impact visuel* d'un projet éolien (en particulier pour les projets terrestres) est un enjeu fort car les éoliennes créent de nouveaux paysages. Leur intégration dans la perception quotidienne dépend d'une analyse pertinente des modalités d'accueil dans l'environnement des riverains.

Les parcs éoliens en mer ont, quant à eux, des propriétés très spécifiques : si les éoliennes sont situées systématiquement loin des observateurs (plusieurs dizaines de kilomètres en général),

¹ Voir arrêté de la Commission Nationale du Débat Public, en date du 7 décembre 2016.

elles sont presque toujours perceptibles depuis le rivage, de par l'absence d'éléments occultants. On doit aussi tenir compte de la notion de paysage *perçu*, directement par les habitants (pour lesquels tel ou tel point de vue sera emblématique), ou par le biais de représentations typiques, notamment liées au tourisme.

Pour ce qui concerne les parcs éoliens en mer, le principal outil d'évaluation de l'impact visuel est le *photomontage* : sur la base de photographies panoramiques réalisées sur site, le futur parc éolien est représenté en images de synthèse (grâce à des modèles 3D simulant la forme, la disposition et l'apparence exacte des éoliennes) et incrusté dans le panorama de façon réaliste, afin de rendre compte de la vue qu'en aura un observateur à cet endroit. Le résultat est présenté aux acteurs de l'évaluation (pouvoirs publics, municipalités, grand public) sous forme d'impression de haute qualité, ou directement en ligne, sous forme de site internet dédié¹.

3. Les objectifs de l'expertise

Afin de fournir à un large public des éléments d'appréciation du futur impact visuel du parc, le maître d'ouvrage du projet EolMed-Gruissan a commandité plusieurs séries de photomontages, réalisées par le cabinet d'étude spécialisé Géophom [GeophomGruissan]. Ces photomontages illustrent, via une collection de vues panoramiques à 180°, l'aspect visuel du champ éolien à différentes heures de la journée, depuis des points représentatifs du littoral concerné. A ces vues, s'ajoutent plusieurs photomontages illustrant les effets cumulés des deux projets pilotes dans cette zone, à savoir : EolMed-Gruissan d'une part et le projet EFGL situé à une vingtaine de kilomètres au sud, d'autre part².

Durant la phase de concertation, les photomontages étaient accessibles sous deux formes :

- un cahier de 60 photomontages (30 prises de vue panoramiques réalisées en février 2017, servant chacune de base à l'élaboration de deux photomontages alternatifs correspondant aux 2 configurations provisoires du projet³). Ce support visualise uniquement la portion centrale des photomontages originaux (suivant un angle de 90°), imprimés à un format proche du 2 x A3 (84 x 42 cm, les photomontages eux même faisant environ 80 x 23cm). La totalité du cahier était disponible lors d'ateliers thématiques et de réunions techniques avec l'administration, et une sélection de vues représentatives étaient visibles lors des évènements de concertation.

¹ Pour le projet EolMed-Gruissan, ce site est en cours d'élaboration et sera accessible en janvier 2018.

² La ferme pilote EFGL (Eoliennes Flottantes du Golfe du Lion), similaire dans ses grandes lignes au projet EolMed-Gruissan, est décrite à l'adresse <http://info-efgl.fr/>.

³ Ces deux configurations correspondent respectivement à un arrangement des 4 machines en ligne ou en grappe.

- 9 vues ont été imprimées sur des grands supports semi-circulaire de 3m de développé (montrant, chaque fois, les 2 layouts). Ces panneaux ont été mis à disposition dans certaines mairies de la zone concernée.

Pour la suite du projet, le bureau d'étude chargé de l'étude paysagère a sélectionné 15 nouveaux sites servant à l'élaboration d'autant de photomontages créés à partir de vues supplémentaires capturées en juillet 2017. Le cahier résultant de 45 vues (rassemblant donc tous les panoramas, sur la base d'un nouveau layout en ligne avec une direction sud-ouest/nord-est) est complété de trois vues prises en mer (réalisées en décembre 2017) et de 9 vues cumulatives (5 réalisées sur la base de panoramas de la série déjà décrite, et 4 autres sur la base de panoramas réalisés pour l'analyse d'impact du projet EFGL, obligeamment prêtés par le maître d'ouvrage).

L'expertise de l'évaluation de l'impact visuel a porté d'une part sur la *validation de la procédure complète* ayant présidé à l'élaboration des photomontages. Ce travail est rapporté dans le document intitulé « partie 1 : analyse méthodologique ».

Le présent rapport porte quant à lui sur l'évaluation de *l'impact visuel spécifique* du projet EolMed-Gruissan, tant du point de vue objectif (mesures géométriques, mesures d'apparence) que subjectif (du point de vue psycho-visuel d'observateurs humains du phénomène). Il est en effet possible de fournir des éléments pertinents permettant d'expliquer pourquoi cet impact obéit à des critères mesurables et est donc, dans une large mesure, prédictible.

B. Impact Visuel du projet EolMed-Gruissan

1. Méthodologie d'évaluation

Au-delà d'une évaluation méthodologique générique, objet de la première partie du rapport, il convient d'étudier l'impact visuel *in situ*, c'est-à-dire compte tenu des spécificités du futur site d'implantation des éoliennes. L'impact doit donc tenir compte à la fois de facteurs objectifs (position des éoliennes dans le champ visuel, éloignement, facteurs atmosphériques et météorologiques) et de facteurs subjectifs de nature psycho-cognitive (par exemple, certains éléments du paysage attirent l'attention ou sont perçus plus gros que leur taille réelle du fait de leur signification pour l'observateur [Lunellusion]). Une approche empirique pour combiner les deux facteurs consiste à **comparer visuellement** le futur parc éolien, tel que prédit par les photomontages, à des éléments saillants du paysage existant. Ces éléments, appelés *amers*¹, sont en effet des repères familiers du paysage pour les habitants. La comparaison aux amers, sur des bases objectives, permet donc de relier concrètement une impression visuelle de l'existant au futur paysage éolien. Elle permet également aux observateurs de se déplacer sur des sites de

¹ Les amers servaient (et servent encore à l'occasion) de repère pour la navigation à l'approche des côtes, afin d'éviter les écueils et accéder ou sortir des zones portuaires. Dans la procédure de photomontage, ils sont très utiles pour le recalage fin du modèle numérique sur le panorama photographique.

prises de vue présélectionnés afin d'apprécier par eux-mêmes, sur la base des données comparatives, l'impact que pourront avoir les futures infrastructures dans le paysage.

La méthodologie retenue sera donc la suivante : après avoir identifié ces éléments remarquables, nous les passerons successivement en revue et, à l'aide de prises de vue spécifiques, nous établirons une correspondance entre leur impact visuel dans le paysage actuel et celui du projet EolMed-Gruissan.

2. Zones d'impact et amers retenus

Par le biais des considérations paysagères [Impact2010][Impact2016], on peut délimiter quatre zones d'impact:

- La *zone d'influence directe* des éoliennes ne contient aucune terre, l'impact visuel y reste par conséquent limité. Cependant, il est généralement souhaitable, pour l'information publique, d'illustrer l'impact via quelques vues prises depuis un bateau¹.
- La zone comprise entre 18 et 20 km constitue la terre *la plus proche du projet*. On peut considérer que la visibilité y sera la plus critique, d'autant que l'effacement dû à la rotondité de la terre y est négligeable. Il est donc important d'y choisir plusieurs amers caractéristiques.
- Le littoral plus lointain ou plus occulté (situé dans la zone d'impact intermédiaire, au nord et au sud du littoral le plus proche) constitue un cas moins critique, mais où la présence d'amers constitue une référence pour fixer précisément la visibilité des machines.
- Au-delà de 25 km, la taille d'une éolienne au-dessus de l'horizon est inférieure à 20 minutes d'arc (un très bon œil humain ne peut percevoir des objets que s'ils ont une résolution angulaire supérieure à quelques minutes d'arc). Plus important encore, l'atténuation visuelle due à l'épaisseur de l'atmosphère rend problématique la visibilité même des éoliennes à cette distance (on considère que la visibilité est excellente si on perçoit une embarcation à 30 km). A titre d'exemple, on peut observer la Figure 3 extrait d'un photomontage réalisé à partir d'un panorama capturé depuis la table d'orientation de Peyriac-sur-Mer. A cette distance, il devient difficile de comparer le futur champ éolien à des amers existants, car ceux-ci seront nécessairement plus petits et placés plus près de l'observateur, et donc ne souffriront pas de la même atténuation. Pour cette raison, on évite autant que possible, de retenir des éléments de comparaison dans cette zone de *faible impact*.

¹ Des vues rapprochées peuvent à ce titre constituer un ajout intéressant. Typiquement on utilisera des vues prises depuis une route maritime, une zone de plaisance, de pêche, etc. En ce qui concerne le présent projet, la capture de 3 panoramas maritimes a été réalisée en décembre 2017, mais les photomontages résultants ne sont pas encore disponibles au moment de la rédaction du présent rapport.



Figure 3 : Extrait du photomontage réalisé depuis la table d'orientation de Peyriac-sur-Mer, à environ 28,4km du projet. Les éoliennes (ellipse jaune) deviennent difficiles à distinguer à cette distance. La visibilité officielle est ici égale à 20km (données du sémaphore de Leucate).

a) Critères de sélection et paramètre de comparaison

Les amers retenus doivent obéir à deux critères principaux : être emblématiques du littoral considéré, et pouvoir être comparables au projet dont on mesure l'impact. Le premier critère peut sembler subjectif, mais dans la pratique, les points de repère visibles depuis de nombreux points du littoral et présentant une élévation suffisante sont des candidats évidents. Il s'agit en général de phares, sur terre ou en mer, de balises, de tours, de châteaux d'eau, voire d'éoliennes existantes. Le deuxième critère tend à exclure les structures massives, ou dont la distance à l'observateur est difficile à évaluer de par leur emprise importante. Sans les écarter systématiquement, il est ainsi difficile de comparer l'impact de graciles éoliennes avec des montagnes¹, des caps², des falaises ou des ponts, sur la seule base de leur hauteur visuelle relative.

Une fois les amers potentiels identifiés, il faut ensuite s'assurer qu'ils sont visibles dans un ou plusieurs des photomontages réalisés, afin de pouvoir valider les rapports de taille prédits à l'aide des données visuelles effectives. Cet examen permet notamment de confirmer que les amers retenus ne sont pas occultés par des éléments paysagers ou architecturaux qui rendraient la comparaison impossible. Par ailleurs, les photomontages ne couvrant qu'un angle de 180° orienté vers le large, sont exclus les amers qui conduirait l'observateur à tourner le dos à la mer pour les observer. Cette condition restrictive n'est pas pénalisante dans la mesure où, dans ces conditions, le parc éolien et l'amer de référence ne peuvent de toute façon pas être présents simultanément dans le champ visuel de l'observateur.

Une fois les amers sélectionnés, il est possible, pour un point de vue donné, de prédire le rapport de taille visuel entre l'éolienne la plus proche du futur parc et un amer. En effet, soit d'une part A la hauteur éolienne, et B sa distance à l'observateur et d'autre part C la hauteur d'un amer, et D sa distance à l'observateur, alors ce rapport de taille vaut :

¹ Par exemple, le pic du Canigou, situé à environ 85 km du projet.

² Par exemple, le Cap Béar, à plus de 75 km du projet.

$$R = \frac{(C \times B)}{(A \times D)}$$

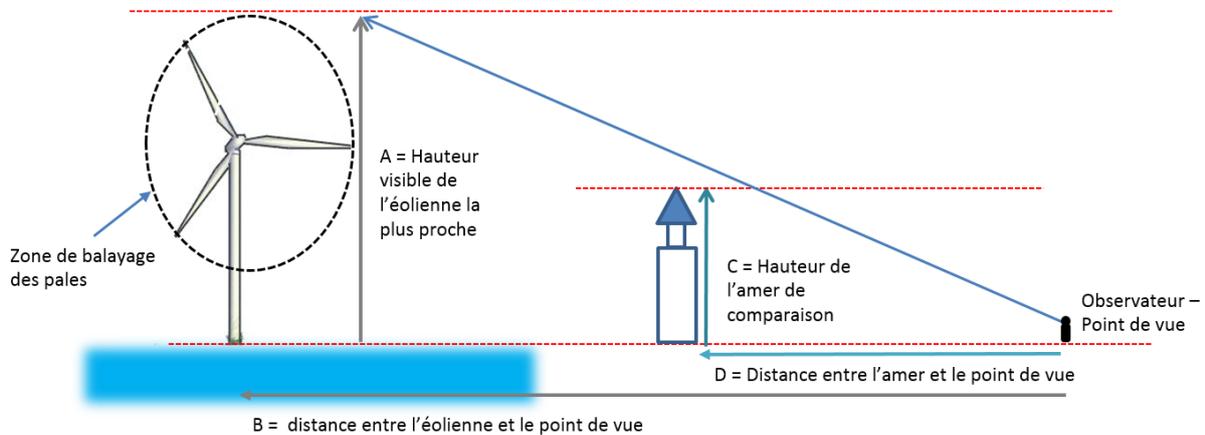


Figure 4 : Rapport d'échelle amer/éolienne.

L'observation directe dans les photomontages doit bien évidemment vérifier ce rapport de proportion (on verra que cette mesure est parfois délicate suivant les conditions d'observation). Bien sûr, cette mesure de taille relative doit être modulée par la nature de l'amer (notamment sa largeur perçue, qui suit les mêmes lois de proportionnalité) et sa situation dans le paysage d'observation, ce que nous nous attacherons à faire autant que faire se peut, dans la section suivante¹. Enfin, il va sans dire que pour être valide, la comparaison relative des tailles ne doit pas fournir un ratio R trop faible ou trop important, ce qui exclut, en particulier, de se trouver trop proche d'un amer (dans ce cas, d'ailleurs, le ratio R varierait rapidement en fonction de la position de l'observateur, rendant la comparaison peu significative).

b) Liste des amers retenus

Sur la base des critères définis ci-dessus, la liste des amers retenue figure dans le tableau suivant. Cette sélection ne prétend pas à l'exhaustivité mais vise plutôt à représenter une base simple d'évaluation.

¹ Notons que ce rapport de taille ne dépend pas de l'altitude de l'observateur, ni de celle de l'amer de comparaison. Par ailleurs, le schéma ci-dessus ne tient pas compte de l'effacement dû à la courbure terrestre, pour des raisons de simplicité. Les calculs effectifs tiendront compte, eux, de tous les facteurs optiques, tels que la réfraction, la rotondité, etc.

Amers retenu ¹	Numéro du photomontage / lieu d'observation	Distance observateur/ amer	Distance observateur /projet EolMed-Gruissan
Feu de jetée de Port-La Nouvelle H=18m	24 – Plage de Sainte-Lucie	1686m	20,06km effacement=13,7m
Parc éolien de Viala H=93m	18 – Peyriac-de-Mer - Table d'orientation au lieu-dit "le Mour"	8,4km	28,4km Effacement=0m
Cheminée des usines Lafarge à Port-La Nouvelle H=115m	18 – Peyriac-de-Mer - Table d'orientation au lieu-dit "le Mour"	8,2km	28,4km Effacement=0m

La carte ci-dessous représente les amers retenus et les points de vues d'observation associés.



Figure 5: Carte des amers retenus pour le projet EolMed-Gruissan. Les deux points de vue de référence sont cerclés de vert.

Etablissons à présent l'impact visuel du projet EolMed-Gruissan relativement à chacun des amers retenus.

¹ La numérotation des vues indiquée ici est celle des cahiers existants et n'est fournie qu'à titre indicatif. Elle est susceptible d'évoluer.

c) Le feu de jetée de Port-La Nouvelle



Situé à l'extrémité de la jetée de Port-La Nouvelle, ce feu est emblématique de la ville et, du haut de ses 18 mètres, est visible depuis tous les points du littoral sur une dizaine de kilomètres. C'est donc un amer tout indiqué, mais il doit être observé depuis une distance raisonnable (de l'ordre d'un dixième de la distance entre l'observateur et le projet, soit typiquement entre 1,5 et 3 kilomètres) pour être comparable au projet EolMed-Gruissan. Suivant ce critère le point de vue retenu est celui situé au niveau de la plage de Sainte-Lucie, à 1,68km du feu de jetée et à 20,06 km de l'éolienne la plus proche du site. Le ratio s'établit alors à $R = (18 \times 20060) / (161 \times 1680) = 1.33$. Si on inclut le pied en béton du feu de jetée, la hauteur s'établit à 20m et le ratio passe à $R = 1.48$. On doit donc, visuellement, obtenir une hauteur d'amer entre 1/3 et 1/2 supérieure à celle de la machine la plus proche, ce qui est vérifié dans le photomontage résultant, visible Figure 6.



Figure 6: Comparaison des tailles relatives des éoliennes du projet EolMed-Gruissan avec le feu de jetée de Port-La Nouvelle, depuis la plage Sainte Lucie. On mesure bien visuellement le ratio 4/3 prédit par le calcul. A noter que les éoliennes subissent un effacement d'environ 13m depuis ce point de vue situé au niveau de la mer. Les images ont également subi un traitement colorimétrique pour rendre les comparaisons plus aisées.

d) Parc éolien de Viala

La zone au sud et à l'est de Sigean contient de nombreux parc éoliens terrestres : Corbières-Méditerranée, Plan du Pal, etc. Les éoliennes de cette zone sont de type Enercon E70/2300

ou similaire, et présentent une hauteur totale de 93m, soit environ la moitié de la hauteur des éoliennes du projet EolMed-Gruissan. Pour produire des hauteurs visuelles comparables, il faut donc les observer depuis un lieu qui soit environ 2 à 3 fois plus proche de leur emplacement que du projet EolMed-Gruissan. Le point de vue G47, situé à Peyriac-de-Mer, au niveau de la table d'orientation au lieu-dit "Le Mour", se situe à 28,4km du projet EolMed-Gruissan et à 8,4km du parc terrestre le plus proche, celui de Viala.

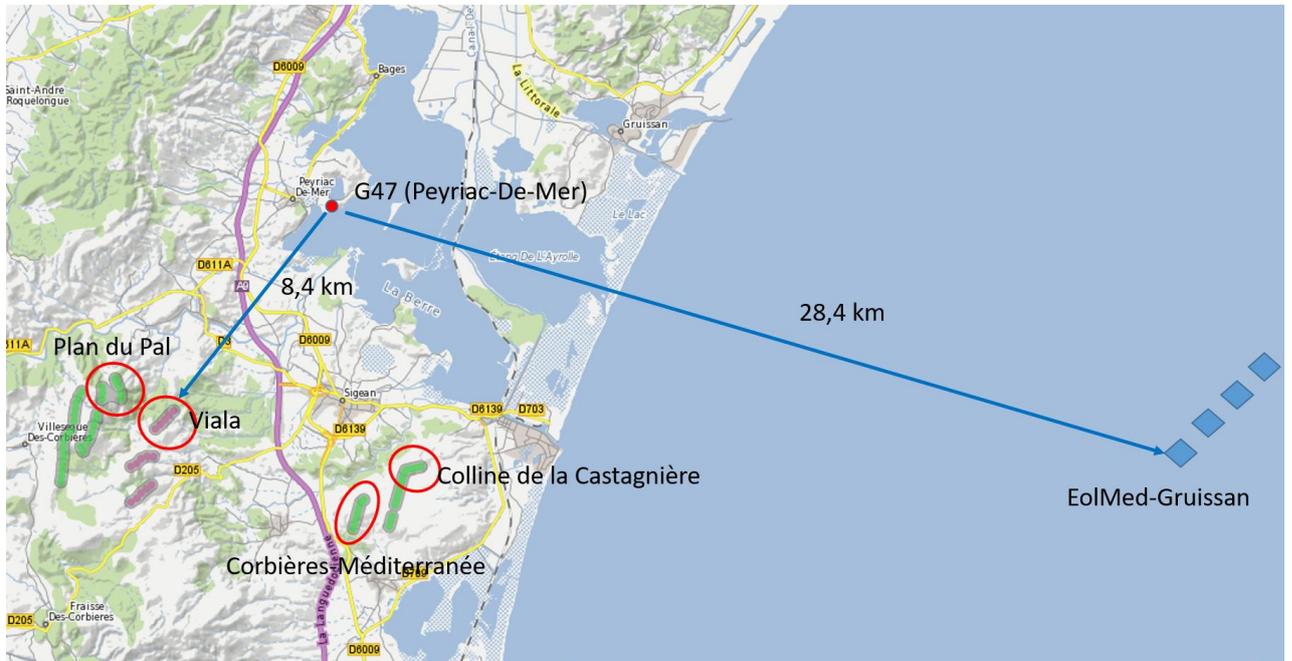


Figure 7 : localisation des parcs éoliens terrestres à l'ouest de Port-La Nouvelle. Le parc de Viala est le plus proche du point de vue situé à Peyriac-De-Mer (lieu-dit « Le Mour »).

On peut donc prédire un ratio un peu supérieur à l'unité, et le calcul exact donne $R = (93 \times 28,4) / (8,4 \times 175) = 1,8$. On doit donc observer une hauteur presque double pour l'éolienne terrestre la plus proche par rapport à l'éolienne la plus proche du projet EolMed-Gruissan, sur le photomontage correspondant. On constate une bonne concordance sur le photomontage correspondant (Figure 8).

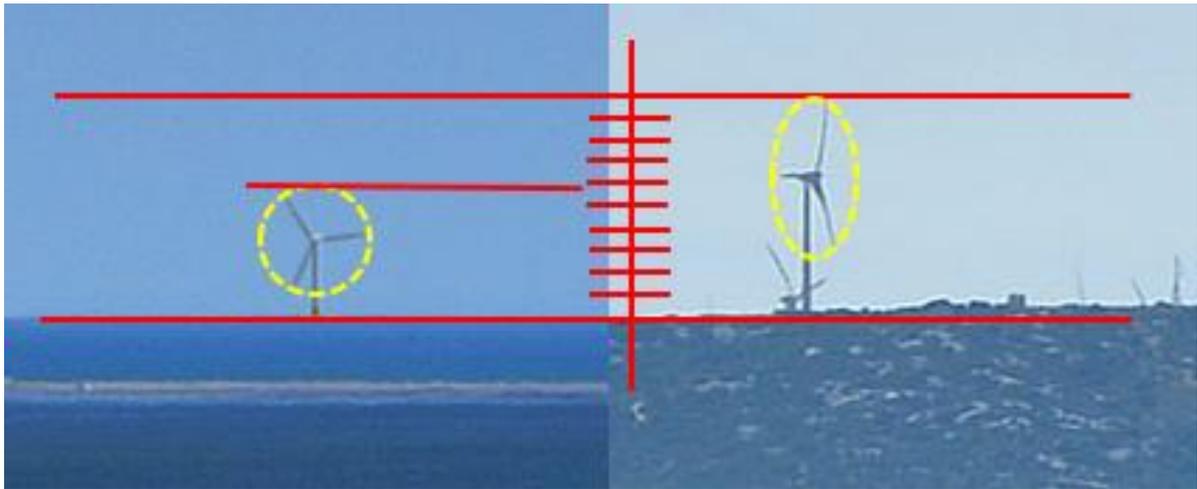


Figure 8 : Comparaison des tailles relatives de l'éolienne terrestre la plus proche (à droite) avec le projet EolMed-Gruissan (à gauche), depuis point de vue 18 localisé à la table d'orientation de Peyriac-sur-mer. On mesure une taille relative de $R=1,72$, proche du ratio prédit.

e) La cheminée de l'usine Lafarge à Port-La Nouvelle



Construite en 1971, la cimenterie Lafarge située à Port-La Nouvelle emploie une centaine de personne et constitue un site industriel emblématique de la région. Sa cheminée principale culmine à environ 115m au-dessus du sol et est très visible depuis de nombreux points du territoire, sur le littoral comme depuis les premiers contreforts des Corbières.

Pour produire une comparaison visuelle raisonnable, il faut se situer en un lieu par rapport auquel le projet EolMed-Gruissan soit situé entre une et trois fois la distance à cet amer (ce qui

donnerait un ratio R compris entre 0.6 et 2). Le point de vue situé à Peyriac-de-Mer, au niveau de la table d'orientation au lieu-dit "le Mour" (déjà utilisé pour l'amer précédent) répond à ce cahier des charges, car il se situe à 28,4km du projet EolMed-Gruissan et à 8,2km de la cheminée du site Lafarge. De plus, les deux sites sont visibles suivant des azimuts proches depuis ce point de vue, ce qui facilite leur comparaison visuelle.

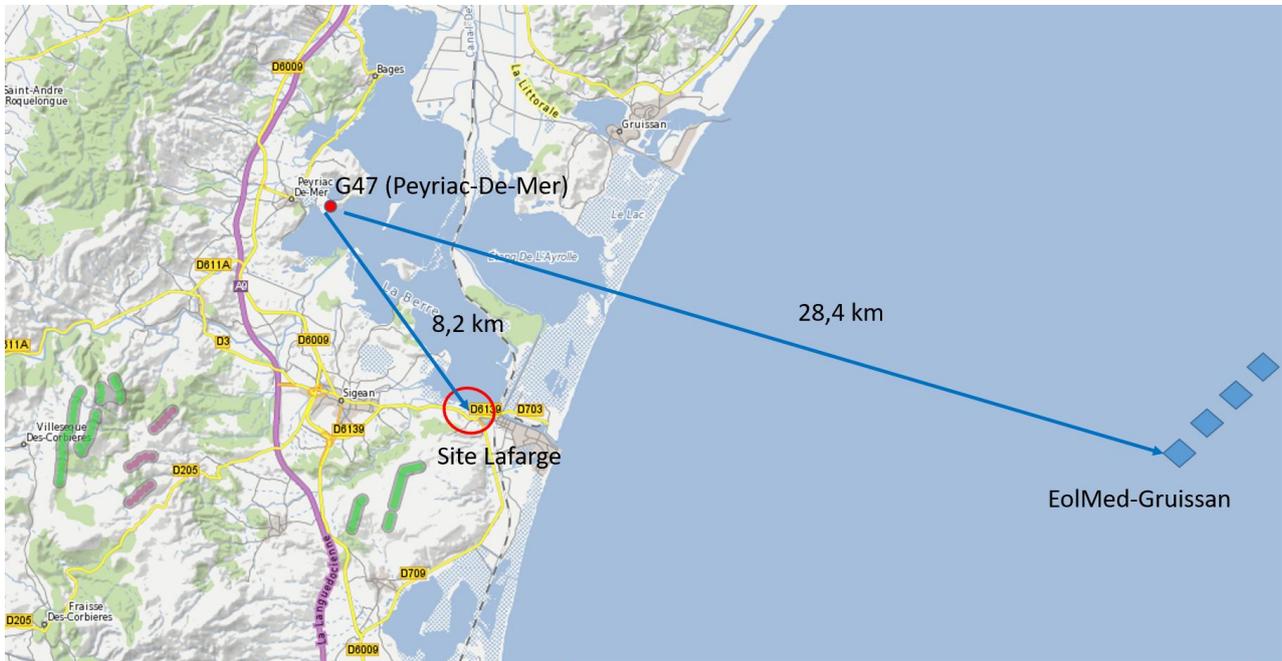


Figure 9 : localisation de la cheminée de la cimenterie Lafarge par rapport au site d'observation situé à Peyriac-De-Mer, au niveau de la table d'orientation du lieu-dit « le Mour ».

On prédit donc, depuis ce lieu d'observation :

$$R = (115 \times 28,4) / (8,4 \times 175) = 2.2$$

L'observation directe sur le photomontage corrobore cette prédiction (voir Figure 10), avec un ratio mesuré proche de 2.25 ¹.

¹ Il est délicat de mesurer précisément la hauteur visuelle totale de la cheminée car sa base n'est pas visible. Elle est approchée par la mesure sur les bâtiments avoisinants.

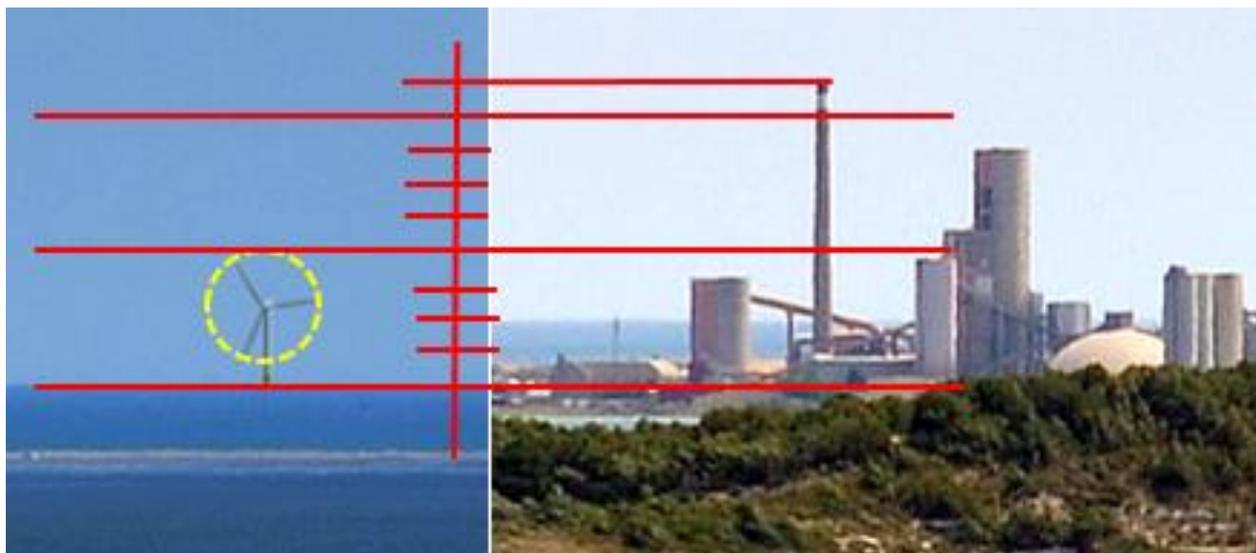


Figure 10 : Comparaison des tailles relatives de la cheminée du site Lafarge avec le projet EolMed-Gruissan, depuis le point de vue 18 (Peyriac-sur-mer, table d'orientation). On mesure une taille relative de $R=2.25$, proche du ratio prédit.

3. Covisibilité EolMed-Gruissan / EFGL

La méthodologie de comparaison avec des amers existants peut être généralisée à l'analyse de la covisibilité entre le projet EolMed-Gruissan et un autre projet similaire dont la construction aura lieu à une vingtaine de kilomètres au sud, au large de Leucate : la ferme pilote EFGL (Eoliennes du Golfe du Lion) comprendra elle aussi 4 éoliennes flottantes, de type Haliade, dont la géométrie est très proche du modèle Senvion 6.2M152 choisi pour EolMed-Gruissan (voir le site de référence du projet EFGL sur <http://info-efgl.fr/>).

Considérons les zones d'impact visuel maximum des deux projets (Figure 3), telles que déterminées lors de l'expertise méthodologique des deux projets¹. On y a superposé les lieux choisis par le maître d'ouvrage pour la réalisation de neufs photomontages de covisibilité, c'est-à-dire où les deux projets seront représentés simultanément suivant la méthodologie expertisée dans la partie 1 du rapport (voir Tableau 1). Sur ces neufs points de vue, six sont situés hors de l'intersection des zones d'impact visuel maximum. Ces six points de vue sont d'ailleurs situés à plus de 30 km d'au moins un des projets, ce qui rend la visibilité (et donc toute comparaison visuelle) délicate. Les trois autres (visualisés en orange sur la carte de la Figure 11), se situent dans la zone d'intersection, à des distances comparables des deux projets. Ce sont donc de bons candidats pour une analyse comparative d'impact. Nous allons procéder à leur examen visuel dans les sections suivantes.

¹ On trouvera sur le site du projet EFGL l'expertise relative à l'impact visuel du projet, qui contient la détermination de la zone d'impact visuel maximal.

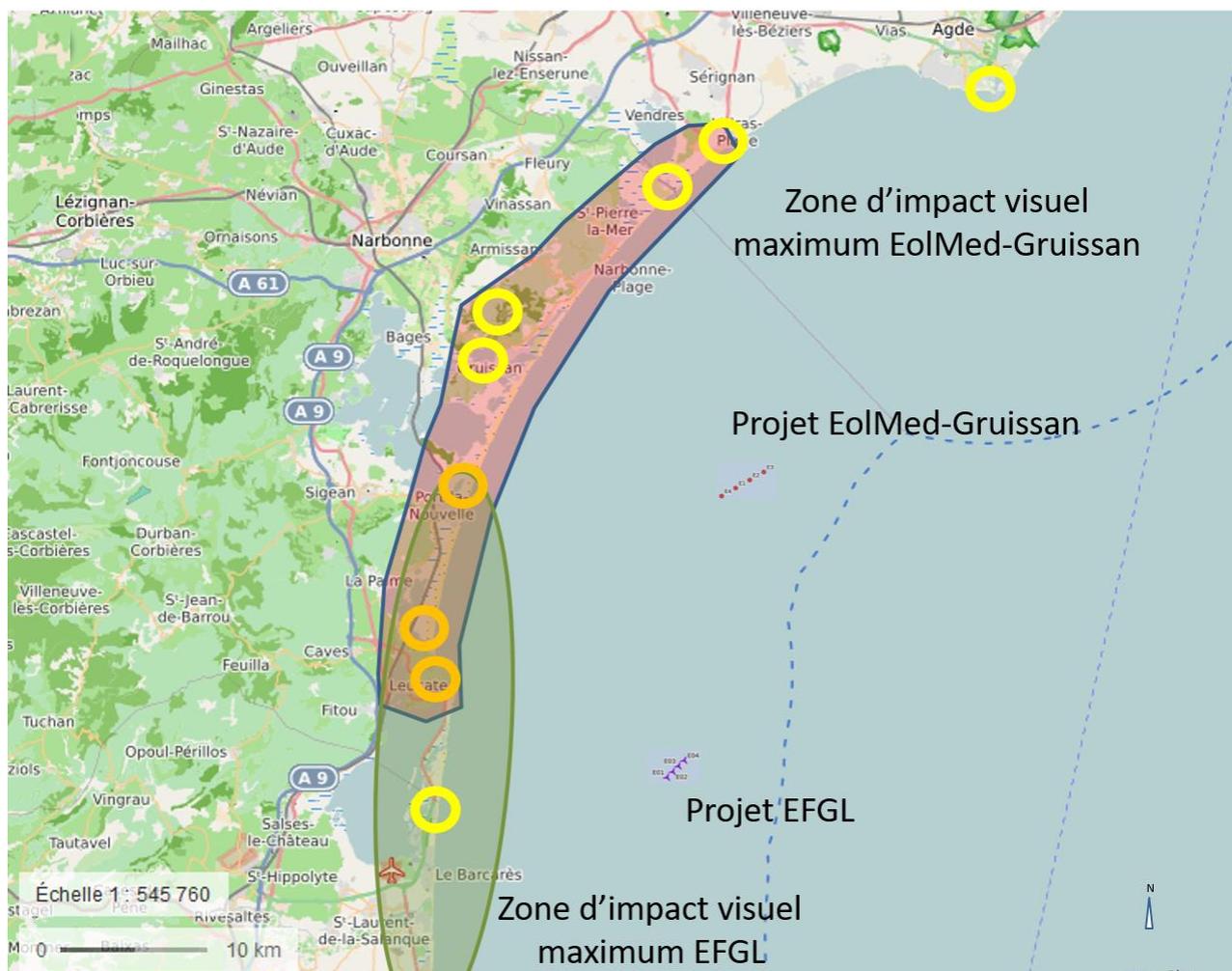


Figure 11: Zones d'impact visuel maximum des deux projets et photomontages choisis pour illustrer la covisibilité. En orange, les 3 points de vue retenus pour l'analyse visuelle.

Numéro de la vue	Localisation
G31	<i>Port-La Nouvelle - Vue depuis la Plage Ste Lucie</i>
G28	Gruissan - Vue depuis le château
G34	Fleury - Vue depuis la table d'orientation de l'embouchure de l'Aude
G09	Valras-Plage - Vue depuis le front de mer
G08	Agde - Vue depuis le relief du Cap
L10	<i>Les Coussoules</i>
L13	<i>Falaise Franqui Semaphore</i>
L27	Port Barcarès Le Lydia
L11	Chapelle des Auzils

Tableau 1: lieu des photomontages de covisibilité. En fond blanc, les prises de vue issues d'EolMed-Gruissan. En fond gris, les prises de vue EFGL. En gras italique, les points de vue retenus pour notre analyse. Les numéros de vue sont ici donnés à titre indicatif et sont susceptible d'évolution.

a) Point de vue G31 : Port-La Nouvelle - Vue depuis la Plage Ste Lucie

Depuis ce point de vue très dégagé, les deux parcs sont clairement visibles à des distances respectives de 20km pour l'éolienne la plus proche du parc EolMed-Gruissan et 24,5km pour la plus proche de la ferme EFGL. Suivant le même calcul que pour les amers existants, et sachant que les génératrices ont la même taille verticale sur les deux projets¹, on peut définir le ratio R par :

$$R = (175-18)/(175-29) \times \text{distance(EFGL)} / \text{distance(EolMed-Gruissan)}$$

Le calcul donne ici $R = 1,31$. Autrement dit, l'éolienne la plus proche d'EolMed-Gruissan doit avoir une taille verticale perçue égale à environ 5/4 de son homologue du parc EFGL. Sur le photomontage correspondant (Figure 12), on observe bien le ratio prédit.

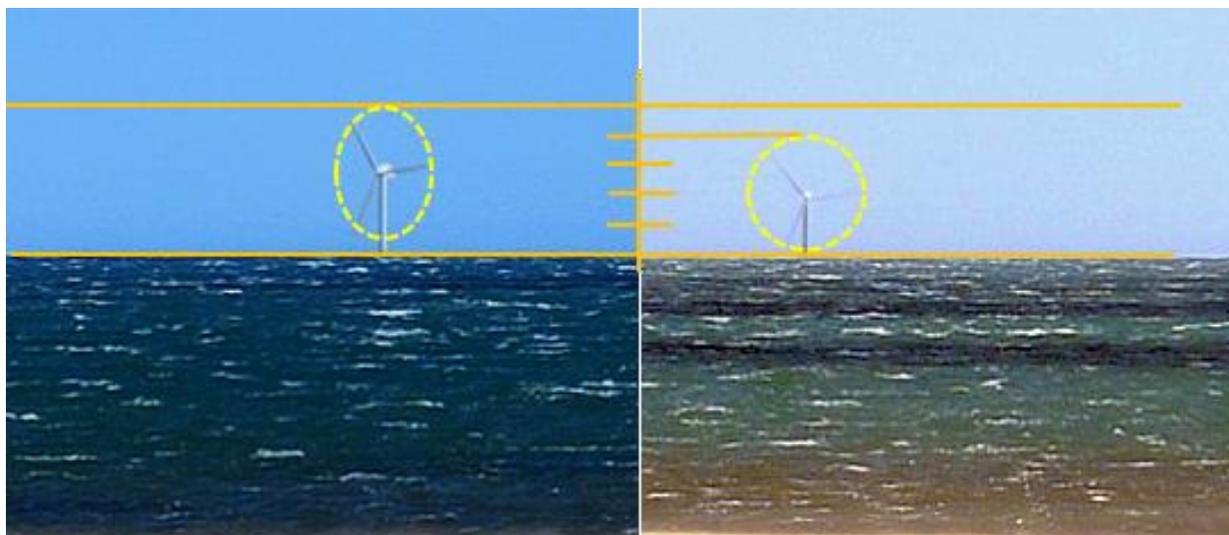


Figure 12: Covisibilité des deux projets depuis la plage de Sainte-Lucie. Les deux projets ont été placés côte à côte pour la comparaison. En réalité, sur l'horizon, ils sont distants de 50° environ. Les deux vues sont visualisées à la même échelle, à un fort grossissement pour effectuer la comparaison visuelle.

b) Point de vue L10 : Les Coussoules

L'îlot des Coussoules sépare l'étang de Leucate de la mer. Il s'agit d'un point de vue très dégagé, pour lequel la ferme EFGL est la plus proche, avec l'éolienne proximale située à 20,25 km. La visibilité de la ferme EolMed-Gruissan est moins favorable, du fait d'une orientation des rotors dans la direction d'observation. La distance calculée à l'éolienne la plus proche vaut 24,1 km, ce qui prédit un ratio de $R = 0.84$ (proche de 4/5). La situation est donc symétrique de la précédente. On retrouve bien le rapport de taille prédit sur l'observation directe comparée sur le photomontage (Figure 13).

¹ Il convient de moduler la hauteur visible par l'effacement au-delà de l'horizon. Dans ce cas précis, le calcul donne des effacements respectifs de 18 et 29m, le parc EFGL étant légèrement plus distant.

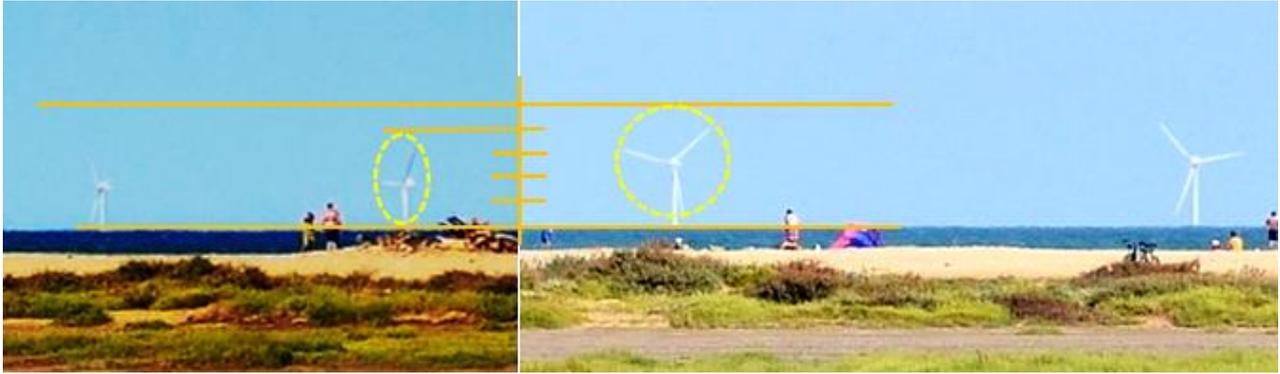


Figure 13 : Covisibilité des deux projets depuis le lieu-dit « Les Coussoules ». Mêmes remarques expérimentales que sur la figure précédente. Outre le ratio de taille, on vérifie bien la moindre visibilité du projet EoIMed-Gruissan depuis ce point de vue, du fait de l'orientation des rotors.

c) Point de vue L13 : Falaise Franqui (Sémaphore)

La Falaise de La Franqui offre un point de vue exceptionnel sur le littoral, à 50m d'altitude. Les deux projets y seront bien visibles, le plus proche, EFGL, à environ 16,8 km et EoIMed-Gruissan plus lointain, à 23,7 km. Il n'y a cette fois pas d'effacement de par l'élévation du point d'observation. Le ratio de covisibilité prédit est cette fois de $R=0.71$. Là encore, l'alignement des machines de la ferme EoIMed-Gruissan minimisera leur visibilité, contrairement à celles de EFGL, au plus près de la côte à cet endroit, avec un rotor souvent orienté face à la côte. Là encore, le rapport de taille prédit est observable sur le photomontage correspondant (Figure 14).

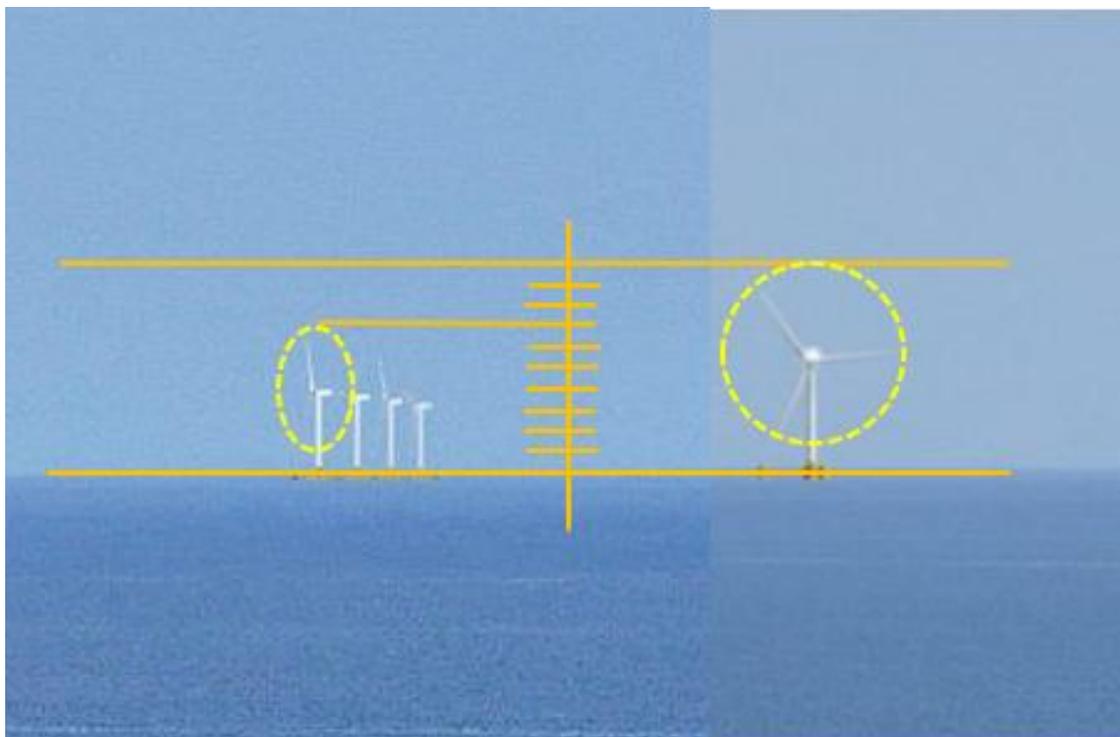


Figure 14: Covisibilité des deux projets depuis la falaise La Franqui. On retrouve le ratio prédit, $R=0.7$.

4. Conclusion

L'étude comparative, à partir de l'observation d'éléments caractéristiques du paysage existant, se révèle particulièrement utile pour collecter des données objectives autant que subjectives sur l'impact du futur parc éolien EolMed-Gruissan. En particulier, les parcs éoliens terrestres constituent des amers bien visibles depuis certains points-clés du littoral, pour lesquels une analyse comparative objective peut être menée. Cette analyse comparative a l'avantage de pouvoir se transférer sur le terrain, par une observation directe des amers et une évaluation *in situ* de l'impact.

Pour autant, elle n'est pas exempte de limitations : par exemple, lorsque l'amer est un phare, il est proportionnellement beaucoup plus épais qu'un mât d'éolienne.

La technique permet aussi utilement de comparer l'impact relatif de plusieurs projets simultanés, en déterminant les zones où leur impact conjoint est le plus fort. Dans le cas présent, on peut délimiter cette zone comme le littoral s'étendant de la falaise La Franqui au sud à Port-La Nouvelle au nord. Depuis cette zone, les deux fermes présenteront des tailles très comparables (avec un ratio compris entre 0.71 et 1.31), mais l'orientation des lignes des deux projets par rapport au rivage rendra globalement plus perceptible le projet EFGL dans la zone la plus critique.

C. Synthèse

Au-delà des techniques mises en jeu, cette deuxième partie de l'expertise de l'impact visuel du projet EolMed-Gruissan s'est attachée à analyser l'impact spécifique à la lumière des spécificités du site, afin d'assister les acteurs du débat dans leur réflexion sur ce sujet. La méthode retenue consiste à comparer le futur ensemble éolien à des éléments architecturaux familiers du paysage, à l'aide de mesures aussi bien objectives (on connaît bien la localisation et les dimensions de ces amers), que subjectives, en se plaçant dans des lieux privilégiés, facilement accessibles aux usagers. Les amers retenus ont été dans le cas présent un phare (feu de jetée de Port-La Nouvelle), une cheminée (site Lafarge à Port-La Nouvelle) et des éoliennes existantes (parcs terrestres et projet similaire en mer). Comme il est difficile de comparer l'impact du projet avec des structures massives, de forte emprise visuelle horizontale, ou dont la distance à l'observateur est difficile à évaluer, les amers de type montagne, cap ou falaise ont été écartés.

Des comparatifs visuels objectifs viennent corroborer les prédictions numériques, et renforcent en cela la validité de la méthode.

D. Bibliographie

[BLENDER] Logiciel libre Blender, disponible sur <http://www.blender.org>

[CourbureWikipedia] Courbure terrestre. Article wikipedia. Disponible sur fr.wikipedia.org/wiki/Courbure_terrestre

[Designer04] Photos panoramiques par assemblage – Cahier du Designer n°17. Editions Eyrolles, 2004.

[GeophomGruissan] Projet de parc éolien EolMed-Gruissan. Livret de photomontages réalisé par le cabinet Géophom.

[GIMP] Logiciel libre Gimp, disponible sur www.gimp.org

[Goldstein2009] Sensation and perception. E.B. Goldstein, 8^{ème} édition, Wadsworth Publishing Company, 2009.

[HUGIN] Logiciel libre Hugin, disponible sur <http://hugin.sourceforge.net>

[Impact2010] Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens (actualisation 2010). Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer. www.developpement-durable.gouv.fr

[Impact2016] Guide relatif à l'élaboration des études d'impact des projets de parcs éoliens terrestre (actualisation 2016). Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de la Mer. www.developpement-durable.gouv.fr

[Lilgrund09] Lilgrund Wind Farm – Visual effects. Vattenfall pilot report, mars 2009. Disponible sur www.vattenfall.se/lilgrund.

[LuneIllusion] Illusion lunaire ou « Moon Illusion » : site anglais wikipedia, voir en.wikipedia.org/wiki/Moon_illusion

[MethodoGeophom] "Choix méthodologiques-photomontages en mer". Document méthodologique interne - société Géophom.

[Panoramas2007] " Petite Histoire des Panoramas". Claude Lamboley. Communication à l'Académie des Sciences et Lettres de Montpellier (disponible sur <http://www.blu-montpellier.fr/academie>)

[Paysage2017] "EolMed-Gruissan : Etude Paysagère et Patrimoniale", Bureau d'étude L'Artifex. Septembre 2017

E. Annexes

Annexe 1 : Présentation de l'expert

Titulaire du diplôme d'ingénieur Supélec, Jean-Marc Vézien a obtenu un Doctorat en Informatique au sein de l'équipe SYNTIM à l'Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA) en 1995, et a dirigé le groupe d'analyse d'images de l'équipe MIRAGES, toujours à l'INRIA, de 1997 à 2001, avec pour domaine de recherche principal la vision par machine, notamment dans le domaine de l'analyse stéréoscopique et de la réalité augmentée. Il a également travaillé au laboratoire GRASP de l'université de Pennsylvanie pendant trois ans sur la génération et le recalage d'images 3D pour des applications médicales. Il est, depuis 2002, ingénieur de recherche au sein de l'Equipe VENISE du laboratoire LIMSI-CNRS, et travaille sur des domaines allant de la Réalité Virtuelle à la Réalité Augmentée, et sur les liens entre analyse et synthèse d'images. Concepteur et développeur des dispositifs de Réalité Virtuelle du LIMSI-CNRS, il a activement contribué au design et à la spécification de grands équipements de visualisation comme la salle immersive EVE ou l'équipement de visualisation de haute performance DIGISCOPE. Jean-Marc Vézien a participé au sein de l'équipe VENISE à plusieurs projets nationaux et européens sur le thème de la Réalité Virtuelle notamment le projet ANR « Masse de données » CoRSAIRe (2005-2008) sur l'utilisation des technologies de Réalité Virtuelle pour des applications de Mécanique des fluides et de bio-informatique ; le projet Perf-RV2, plate-forme RNTL visant à étudier la place de l'humain virtuel dans l'usine numérique ou le projet ANR EVEILS portant sur l'élaboration de démonstrateurs de Réalité Virtuelle pour la pédagogie des sciences. Il est l'auteur de plusieurs dizaines d'articles scientifiques dans les domaines de l'analyse d'images et de la Réalité Virtuelle ainsi que de plusieurs chapitres de livres du domaine. Il enseigne également ces spécialités dans plusieurs formations doctorales et écoles d'ingénieurs de la région parisienne.

L'expert peut être joint par courrier électronique à l'adresse : vezien@limsi.fr