

## PRÉSENTATION

La commission environnement de Sausset les Pins, créée en décembre 2020 sur une initiative de démocratie participative lancée par la nouvelle équipe municipale est composée d'élus de la majorité et de l'opposition, des représentants d'associations environnementales de la commune et des citoyens volontaires. Elle est animée par Mme Christel BURRIAT.

Le sujet des éoliennes en Méditerranée a naturellement interpellé certains d'entre eux précédemment intéressés en autodidactes aux problématiques énergétiques et aux projets éoliens.

Face aux documentations mises en ligne par le CNDP, leurs ressentis initiaux ont évolué face à divers questionnements et aux réponses apportées. En voici l'expression synthétisée par M. Jean-François LESCURE.

## SWOT DU PROJET INITIAL

La liste des forces, opportunités, faiblesses et risques (SWOT) du projet EOS initial a fait l'objet d'un premier tableau que l'on trouvera complété plus loin. >>>>Note : Parmi les faiblesses vous ne trouverez pas l'usage probable des « Terres Rares » dans les alternateurs offshore. Cela n'y est pas retenu comme un inconvénient réel, car ces minerais pourraient être extraits ailleurs ou recyclés sans ajouter à la catastrophe des mines chinoises de Baotou. L'énumération des forces et opportunités au nombre de 11 face aux faiblesses et risques au nombre de 23 indique une fragilité potentielle du projet, mais plutôt que de chercher à valoriser l'importance de chaque item, nous avons évalué ce qu'ils deviendraient en préférant des éoliennes à rotor vertical ( voir images en dernière page) aux éoliennes tri pales « classiques ».

## LA PROPOSITION ALTERNATIVE « DARRIEUS »

Certains avantages des éoliennes à axe vertical sont indiqués dans l'article de mai 2021 « Les-turbines-verticales-pourraient-être-l'avenir-des-parcs-eoliens » publié dans Enerzine, et sa référence à la récente publication du Prof. Iakovos Tzanakis (voir sources). D'autres caractéristiques connues de ces éoliennes proviennent des équipes et entreprises ayant travaillé sur ce sujet. Le tableau résultant de l'étude SWOT précédente a pu alors être enrichi des avantages et inconvénients de l'alternative listés ici :

- ♦ Augmentation du rendement des parcs éoliens denses
- ♦ Plus grande densité des machines permettant une diminution des hauteurs des machines et de la surface du parc.
- ♦ Possibilité d'augmenter encore la densité avec 2 éoliennes par flotteurs (contrarotatifs)
- ♦ Simplification de la conception et de la maintenance des flotteurs
- ♦ Simplification de l'ancrage.
- ♦ Simplification de la maintenance des turbines.
- ♦ Moindre vulnérabilité aux événements météo extrêmes
- ♦ Moindre risque de pénétration aérienne furtive (hauteur moindre et densité plus grande)
- ♦ Rendement nominal atteint pour des vents plus faibles.
- ♦ Parcs ancrés moins loin abaissant le coût et l'impact environnemental des raccordements.
- ♦ Absence de génération d'infrasons.
- ♦ Moindre gête et moindre sensibilité au gête
- ♦ Réduction des coûts d'installation
- ♦ Pas de nécessité d'orienter les machines.
- ♦ Structures susceptibles d'avoir un intérêt esthétique.

- Moindre déventement de parcs éoliens voisins.
- Technologie mettant les compétences françaises en avant
- Implication de PME françaises investies en R&D sur l'éolien à rotor vertical.
- Installation possible sur des zones du littoral azuréen minimisant les pertes en lignes.
- Moindre risque de collision avec des oiseaux marins.

Et pour les nouveaux inconvénients :

- Délai de mise au point et de test des prototypes à ajouter au projet.
- Risque de non-atteinte des performances théoriques attendues.
- Délais d'élaboration d'une autre procédure que celle de l'appel d'offres actuel.

Ne sont ajoutés ni l'avantage d'une meilleure durée de vie des éoliennes à axe vertical mentionnée par Enerlice, laquelle semble orpheline d'autres publications, ni la nécessité de lancer la rotation des anciens prototypes Darrieus, ceci ayant été résolu. Voici le tableau résultant du projet

AVANTAGES DE LA PROPOSITION ACTUELLE	EFFETS DE L'ALTERNATIVE
• Substitution progressive de la production électrique du parc nucléaire par une source 0 GES en fonctionnement.	Sans effet
• Utilisation de l'« espace maritime » pour la conversion énergétique.	Sans effet
• Diminution des pertes en ligne pour alimenter l'arc méditerranéen déficitaire.	Amélioration possible
• Discrétion relative (sonore et visuelle) des installations.	Amélioration possible
• Réponse à la condamnation de l'état pour inaction climatique dans « l'Affaire du Siècle ».	Sans effet
• Gain de notoriété nationale grâce à la plus puissante ferme EOS flottante du moment.	Amélioration possible
• Fréquence des vents d'hiver aidant à combler les pointes de consommation.	Sans effet
• Lissage de production grâce au déphasage des vents entre bassins de la Manche de l'Atlantique et de la Méditerranée.	Sans effet
• Taux de retour énergétique élevé sur la durée de vie prévue de l'installation.	Amélioration
• Opportunité de création d'un pôle ENR (universitaire, formation, industriel et services).	Sans effet
• Effet récif, et effet réserve, favorables au recrutement et à la biodiversité	Sans effet
INCONVENIENTS DE LA PROPOSITION ACTUELLE	
• Nombre d'éoliennes pour fournir l'équivalent d'une seule centrale nucléaire.	Aggravation
- Taux de charge effectif inférieur aux espérances.	Amélioration possible
• Intermittence de la fourniture d'électricité.	Amélioration légère
• Non-acceptabilité visuelle du projet par la population.	Amélioration possible
• Restrictions sur les usages maritimes et aériens.	Amélioration légère
• Impact sur les trajectoires des avions, des navires et des sous-marins	Amélioration possible
• Pour la zone D, vulnérabilité à un scénario d'attaque furtive à basse altitude sur la base 125 d'Istres et/ou les sites Seveso du golfe de Fos.	Amélioration légère
• Diminution de l'attractivité touristique des stations balnéaires.	Amélioration
• Diminution des aires de pêches et d'autres usages du domaine maritime.	Sans effet
• Impacts sur la faune (sélaciens en particulier) par les champs électriques.	Sans effet
• Impacts sur la faune aviaire par les infrasons sur les migrateurs, et par les collision avec les oiseaux marins attirés par l'effet récif.	Amélioration
• Vulnérabilité aux événements météorologiques violents (trombes, tempêtes, foudre)	Amélioration
• Déventement par gîte des installations.	Amélioration Radicale
• Perte du potentiel des lignes secondes par traînée et sillage des lignes de tête (~20 %).	Amélioration Radicale
• Difficulté de maintenance des turbines situées en haut de masts de grande hauteur.	Amélioration Radicale
• Complexité de conception des flotteurs et de leur ancrage.	Amélioration Radicale
• Complexité de conception des éoliennes nécessitant une orientation de la nacelle.	Amélioration Radicale
• Complexité de conception pour l'ergonomie de la maintenance en mer.	Amélioration Radicale
• Complexité, coût et impact faunistique du raccordement au réseau des parcs.	Amélioration possible
• Risque d'enmêlement des câbles et lignes d'ancrage avec des filets et cordages perdus.	Amélioration
• Protection difficile d'installations stratégiques contre des faits de guerre ou de terrorisme	Amélioration
• Proximité d'une zone NATURA 2000 en zone D potentialisant l'impact environnemental.	Amélioration
• Pour la Zone A, risque de déventement du parc éolien « Tramuntana »	Amélioration

alternatif.

Les délais nécessaires à cette alternative — identifiés comme faiblesse — peuvent aussi être vus comme une opportunité permettant la synchronicité avec les résultats effectifs des études d'impact faunistiques et la nécessaire révision du processus d'attribution du projet.

## OBSERVATIONS COMPLÉMENTAIRES

### UN PATRIMOINE NATIONAL DE COMPETENCES

En dehors de Georges Darrieus, de nombreux acteurs français ont travaillé plus récemment sur le concept des éoliennes verticales. En voici une courte, mais éloquente sélection :

— L'équipe WIND-IT récompensée en 2007 pour avoir élaboré des réseaux d'éoliennes verticales superposables aux réseaux de distribution.

À noter : Dans le cadre de l'alimentation électrique du Sud Est, cela pourrait s'intégrer aux pylônes HT qui alimentent cette zone et hérissent déjà les crêtes de nos collines.

— Le brevet n° 0408321 de 2004 protégeant une invention qui augmente rendement et robustesse, rendant les pales verticales pivotantes, évitant tout haubanage.

— Le brevet n° WO/2019/073175 de 2019 relatif à une invention pour de petites unités domestiques, mais qui permet de constater que pour de telles éoliennes la production électrique est possible sous vents faibles (10 km/h) ou des tripales ne produisent rien.

— La société Nénuphar, aujourd'hui liquidée (suite aux retards induits par ses partenariats) concrétisait déjà des concepts verticaux flottants pour les machines destinées à « Provence Grand Large ». Elle a entre autres, construit un prototype (à échelle réduite) de 50 m de diamètre. Le savoir-faire de cette entreprise est aujourd'hui accessible grâce à de nombreux brevets et aux cinquante ingénieurs qui travaillaient pour elle.

— Citons encore la société Éolie qui depuis 10 ans fiabilise des éoliennes verticales de taille petite et moyenne à haut rendement et qui est en phase de R&D sur des parcs éoliens Darrieus flottants.

### COUPLAGES D'ALTERNATIVES

Durant certaines séances du débat actuel il a été évoqué le couplage de l'Éolien avec de l'Hydrolien, l'utilisation sur place de l'électricité pour produire de l'hydrogène/carburant.

N'ont pas été évoquées les possibilités de couplage éolien/thalasso-thermique, ni les élevages piscicoles entre les flotteurs, ni les pales en aluminium 100 % recyclables (Fairwind), ni la réduction (au sens chimique) de la poudre d'oxyde de fer pour stocker de l'énergie ou même pour réduire à 0 les émissions de CO<sub>2</sub> de la sidérurgie locale (cf. HYBRIT). Précisons que, toutes ces possibilités demeurent ouvertes avec l'alternative.

### LES EOLIENNES TRIPALES, UNE TECHNOLOGIE EPROUVEE... **MAIS...**

Le choix de la technologie tripale se justifie souvent par le fait que celle-ci est éprouvée. En fait, les éoliennes de tout type sont éprouvées depuis des siècles, historiquement il semble même que la technologie à axe vertical soit plus ancienne puisqu'elle est certifiée en Perse dès le IX<sup>e</sup> siècle. En fait cette réponse fait référence aux grandes éoliennes tripales qui depuis une quarantaine d'années grandissent et se perfectionnent alors que les Darrieus se contentent de fournir discrètement un courant d'appoint à usage domestique.

À l'origine ce choix se justifie par le couple et la vitesse de rotation d'une éolienne tripale meilleurs que ceux d'une éolienne verticale. Ce qui a valu à la technologie horizontale de bénéficier d'optimisations et gains de facteur d'échelle depuis une quarantaine d'années, ce qui dans un premier temps a poussé leurs avantages. Mais depuis la fin des années 90, l'écart de rendement entre les deux technologies se réduit... voire s'annule. Les prototypes de la société

Nénuphar sans même bénéficier du gain de pales pivotantes, sont parvenus à égaler les rendements de tripales de même surface, exposées à un vent de même caractéristique.

Par ailleurs, lorsqu'il s'agit de parcs éoliens, les sillages et traînées des éoliennes à axe horizontal abaissent jusqu'à 25 % la performance des éoliennes de seconde ligne... et ainsi de suite. Ceci, alors que les éoliennes à axe vertical de seconde ligne restent peu affectées.

La société Nénuphar a entre autres testé des paires d'éoliennes contra rotatives ce qui augmentait le rendement et permettait de positionner les secondes lignes en dehors du sillage canalisé par la paire en première ligne. Il s'agit là d'un avantage conséquent pour des parcs éoliens denses.

On voit que dans ce domaine comme dans d'autres, privilégier le choix de l'ancien champion ne garantit pas les meilleurs résultats pour un groupe de machines. On ne fait pas une bonne équipe de foot ou de rugby avec des clones d'Usain Bolt !

### ET AVEC LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ?

Le rapport du GIEC (2021 -TS37-L54) rapporte une probable augmentation de la vitesse des vents lors des tempêtes et cyclones, et des études récentes montrent que les périodes de vent nul s'allongent. En conséquence, il semble que la durée des épisodes venteux exploitables par les éoliennes à rotor horizontal va baisser davantage que pour les éoliennes à rotor vertical dont le domaine d'efficience paraît plus large.

## DISCUSSION

L'enjeu climatique est d'une telle importance et d'une telle urgence qu'au vu de notre retard aucune piste technologique ou sociétale, isolée ne peut suffire à en limiter les conséquences délétères. Le caractère exponentiel du dérèglement montre que toute fraction de degré que l'on peut gagner doit l'être. Aussi, aucune voie ne doit être négligée ou rejetée.

D'un autre côté, l'enjeu de la biodiversité recouvre une importance du même ordre que celle du climat. À ce titre, il est justifié d'écarter un projet qui peut affecter gravement l'environnement... un peu comme les mineurs qui fuyaient les galeries ou les canaris cessaient de chanter en s'asphyxiant dans leurs cages. Aujourd'hui, Laurent Testot et Laurent Tailler nous disent « Quand le vivant s'effondre à nos pieds, si nous sommes nous-mêmes de nature animale, il n'est pas idiot de s'interroger sur notre devenir ». Le projet EOS est-il de ceux que l'on doit donc rejeter ?

Si ce projet met en danger la biodiversité du bassin Méditerranéen, il y aurait une raison suffisante pour le rejeter et consacrer nos efforts à d'autres pistes. En conséquence, commencer son déploiement sans attendre les conclusions des études en cours serait une erreur majeure.

Dans l'état actuel des connaissances, comme le recommande Négawatt et l'indique la majorité des propositions de la Convention Citoyenne pour le Climat, la priorité reste à la sobriété liée à une consommation éclairée des citoyens, des entreprises et des institutions. Toutefois, mettre tous nos « œufs » dans ce panier serait une erreur. En effet, il faut soit des années — **que nous n'avons pas** — soit des catastrophes climatiques et économiques de première grandeur — **que nous ne voulons pas** — pour provoquer un tel changement des modes de vie et paradigmes économiques.

En conséquence, les pistes technologiques et en particulier celle de l'Eos flottant doivent être explorées en dépit de leurs faiblesses actuelles, ceci d'autant que l'intermittence pourra-être une façon d'apprendre la sobriété tout en perfectionnant la gestion de la demande. **MAIS — ET C'EST IMPÉRATIF** — ceci en mettant en œuvre les procédés qui réduisent les risques !

## CONCLUSION

En orientant le projet vers des éoliennes à rotor vertical, la réduction des risques peut être en partie satisfaite grâce à l'absence d'infrasons, à la réduction d'emprise des parcs éoliens marins et au

moindre risque de collisions. Resteront les incertitudes liées aux effets des champs électro magnétiques sur les sélaciens et à l'affaiblissement possible des échanges gazeux air/mer.

Pour ce qui est du domaine économique, nous disposons d'hommes et d'entreprises expérimentés dans ce domaine qui peuvent offrir l'occasion de faire de notre pays un vrai fer de lance de « l'innovation verte ». Ce qui ne serait pas le cas en « clonant » ou en achetant des réalisations étrangères dont la gestion sera confiée à des grands groupes privés transnationaux bénéficiant de tarifs subventionnés. Pourquoi attirer ces intérêts à vocation prédatrice sur le secteur stratégique de l'énergie, et pourquoi de surcroît rémunérer ces géants au-delà des coûts de production et de ceux du marché (surtout quand il y a surproduction) ?

La préservation du bien commun est du rôle de l'État. Le domaine maritime, sa biodiversité et le savoir-faire de nos ingénieurs en font partie. Au regard du principe de précaution inscrit dans la charte de l'environnement attachée elle-même à l'article 89 de notre Constitution, il nous semble incohérent que ce projet soit enclenché tel quel.

**Promouvoir dès demain la sobriété, tout en poursuivant les études d'impact, en accélérant la maturation des éoliennes à axes verticaux et celle des couplages possibles, le tout avec des entreprises françaises doit entrer dans le calendrier de notre politique énergétique .**

## SOURCES

**Négawatt** : <https://negawatt.org/>

**Cartes des vents** : <https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2021-05/Synth%C3%A8se%20du%20dossier%20de%20saisine%20AO6.pdf>

**Effet Récif** : [http://www.dirm.mediterranee.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/intervention\\_Universite\\_de\\_Perpignan\\_24\\_03\\_11\\_cle2f6c4e-3.pdf](http://www.dirm.mediterranee.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/intervention_Universite_de_Perpignan_24_03_11_cle2f6c4e-3.pdf)

**Performances (2010)** : <https://energieplus-lesite.be/theories/eolien8/rendement-des-eoliennes/>

**Publication** : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096014812100344X>

**Hybrit** : <https://www.ssab.fr/products/brands/greencoat/sustainable-building-with-greencoat/hybrit-fossil-free-steel>

**Recyclabilité Fairwind** : <https://www.fairwind.be>

**Bogga wind** : <https://www.letemps.ch/economie/bogga-wind-power-renaitre-eoliennes-forme-dellipse>

**Eolie** : <https://site.eolie-energie.fr/actu/>

**Enerlice** : <https://enerlice.fr/2017/05/15/eolienne-horizontale-contre-eolienne-verticale/>

**Vattenfall** : <https://www.journal-eolien.org/les-actus/vattenfall-etablit-un-nouveau-record-de-prix-dans-loffshore/>

**Wind-it** : [https://www.territoire-energie.com/wp-content/uploads/2017/03/dossier-presse\\_wind\\_it\\_2\\_1.pdf](https://www.territoire-energie.com/wp-content/uploads/2017/03/dossier-presse_wind_it_2_1.pdf)

**Nénuphar** : <https://www.energiesdelamer.eu/2018/04/23/twinfloat-nenuphar-liquidation-judiciaire/>

**Tramuntana** : Étude de l'institut Helmholtz-Zentrum Hereon dans Scientific Reports 06/21

**Windeurope** : WindEurope-Annual-Statistics-2019.pdf

**Laurent Testot & Laurent Tillet** : COLLAPSUS (Albin Michel)

**Enerzine** : <https://www.enerzine.com/l/33994-2021-05>

**Migrateurs** : Cell Press. Biologie actuelle le 18 décembre 2014

**Infrasons** : <https://cesco.mnhn.fr/fr/actualites/mission-des-oiseaux-migrateurs-pour-detecter-des-cyclones-6426>



Figure 12 Prototype Nénuphar de 50 m... Hélas démantelé depuis l'été 2021