

Analyses et Réflexions à partager

à l'intention des propriétaires fonciers

par un propriétaire foncier démarché, comme vous

Tout ce que vous avez toujours voulu savoir sur et autour de la promesse de bail emphytéotique industriel éolien privé en 60 fiches

Vous n'avez pas le temps

Le temps que vous devrez y consacrer par la suite sera infiniment plus important

Oui, certains termes sont difficiles à comprendre.

Raison de plus pour ne pas se presser, pour s'informer.

Vous ne devez pas croire sur parole le démarcheur qui a réponse à tout.

Est-il prêt à confirmer ses affirmations par écrit ?

N'est-il pas là avant tout pour lui, pour ses intérêts financiers ?

Combien de propriétaires fonciers nous ont déclaré s'être "fait avoir",

ne pensant pas s'être engagés à vie avec cette simple signature ?

Serez vous le prochain?

Bienvenue dans le monde de l'électricité éolienne !

Fiche 13. (1/3)

Centrales Eoliennes (onshore)

Fiche 13. sommaire général

Partie 1/3

Préambule

- 1. Eoliennes : aperçu 2023**
- 2. Composition d'une centrale éolienne onshore**
- 3. Eolienne ou aérogénérateur : Définition**
- 4. Principaux éléments constitutifs**
 - 4.1 Nacelle
 - 4.2 le rotor
 - 4.3 Les pales
 - 4.4 Le mât (ou la tour)
 - 4.5 Le palier d'orientation
 - 4.6 Le moteur électrique
 - 4.7 Le générateur
 - 4.8 Le transformateur
 - 4.9 La fondation ou « massif »
 - 4.10 Paratonnerre
 - 4.11 Câbles électriques
 - 4.12 Réseau de communication
 - 4.13 Anémomètre
 - 4.14 Girouette
 - 4.15 Freins
 - 4.16 Autres capteurs
 - 4.17 Feux de signalisation
- 5. Emprise nécessaire**
- 6. Coût de construction**
- 7. Durée de vie**
 - 7.1 Durée de vie technique
 - 7.2 Durée de vie économique - Obsolescence anticipée
- 8 Configuration**
 - 8.1 Modèle
 - 8.2 Puissance nominale
- 9. Comment fonctionne une éolienne**
- 10. Fonctionnement sommaire du réseau électrique français.**

Partie 2/3

11. Productibilité , productivité et aléas de production

- 11.1 Trois variables principales
- 11.2 Pertes liées à ... l'absence de vent : Intermittence et foisonnement
- 11.3 Facteur de charge régulièrement en baisse
- 11.4 Pertes liées à « l'effet de sillage ».
- 11.5 Pertes liées à l'indisponibilité des éoliennes
 - En cas d' interruptions pour maintenance
 - En cas d'accidents : de fonctionnement ou conception
 - En cas d'accidents : liés aux conditions météorologiques
- 11.6 Pertes liées à l'usure des pales
- 11.7 Pertes en ligne.
- 11.8 Pertes liées aux conditions d'altitude du site
- 11.9 Pertes liées aux évolutions climatiques
- 11.10 Pertes liées aux plans de bridage
- 11.11 Pertes liées à l'optimisation des prix de marchés, même quand il y a du vent!

12. Evaluation de la puissance fournie aux foyers domestiques

- 12.1 Production trompeuse, publicité et fake news
- 12.2 Un prévisionnel de production brute envisagée volontairement surévalué
- 12.3 Un faible facteur de charge météorologique devant encore être revu à la baisse
- 12.4 Un mode de production décentralisé ?
- 12.5 L' imaginaire consommation locale
- 12.6 L' imaginaire autosuffisance locale
- 12.7 L'impossible correspondance du productible avec la consommation locale réelle.
- 12.8 La virtuelle « consommation domestique »

Partie 3/3

13. Bilan de l'éolien industriel

- 13.1 Nécessite un nouveau et coûteux réseau
- 13.1 Ni efficace
- 13.2 Ni pilotable
- 13.3 Non prévisible
- 13.4 Aléatoire
- 13.5 Contre productive : « Curtailment »
- 13.6 Non stockable
- 13.7 Coûte très cher à l'urgence climatique

- 13.8 Coûte très cher aux consommateurs

14. Nuisances multiples

- 14.1 Aspect Environnemental
- 14.2 Aspect Sanitaire
- 14.3 Aspect Economique
- 14.4 Aspect Sociétal

13. ÉOLIENNES INDUSTRIELLES

Ce que dit la promesse de bail :

Vous autorisez le promoteur à installer à sa convenance une ou plusieurs éoliennes industrielles.

Promoteur 1 : «Une éolienne est constituée d'un mât d'environ 4 à 8 mètres de diamètre sur approximativement 80 à 150 mètres de hauteur, fixé sur une fondation enterrée. Ce mât est surmonté d'un rotor qui entraîne trois pales, le tout s'orientant face au vent. Ce déplacement des pales implique un survol d'environ 90 à **140 mètres de diamètre** des parcelles de terrain avoisinantes. La plateforme de chaque éolienne est une surface compactée horizontale pouvant supporter une charge d'approximativement 15 tonnes par essieu. Elle demeure compactée et en place pendant toute la durée d'exploitation du parc éolien. L'éolienne et sa plateforme ont une emprise au sol totale d'environ **1500 à 2500 m²** (soit 15 à 25 ares), correspondant, en général, à approximativement **40m de large sur 50m à 90 m de long.**». réf p15 annexe 1.1

Promoteur 2: pas de description des éoliennes envisagées

Promoteur 3: « un parc éolien comprend habituellement **une ou plusieurs éoliennes dont la hauteur peut être comprise entre 150 et 240m en bout de pale et la puissance comprise entre 2 et 4 MW, des fondations mesurant 28m de diamètre, des plateformes d'environ 2500m²** » réf p2

Préambule

Vous êtes invités et pouvez même être **l'objet de fortes pressions pour signer votre accord définitif** pour « accueillir » une ou des éoliennes sur votre propriété.

En fait il s'agit pour dire ce qu'il en est réellement: d'une **centrale électrique, industrielle**, éolienne, ni d'une ferme (vocabulaire agricole), ni d'un parc (vocabulaire paysager)

Nous essayons dans cette fiche 13 de **vous apporter les éléments d'éclairage et de réponse qu'aucun commercial ne vous apportera jamais clairement**, sur la description, le fonctionnement et finalement l'utilité même des installations que les promoteurs projettent d'installer sur vos propriétés, et qui ne vous sont jamais précisément décrites dans les promesses de bail qui vous sont proposées.

Au-delà et pour répondre aux sollicitations de propriétaires qui commencent à s'interroger sur toutes les répercussions néfastes de telles centrales, **nous évoquerons aussi les dangers techniques et les conséquences économiques qui impactent déjà financièrement et directement chacun d'entre nous.**

En réalité, vous, propriétaire du terrain, devez aussi savoir :

1. Eoliennes : aperçu 2023

- Depuis plusieurs années déjà nous voyons fleurir dans nos paysages, des éoliennes massives surplombant nos collines, nos prairies. Cette source d'énergie renouvelable (EnR) se développe dans le cadre des politiques énergétiques européennes et nationales, notamment par la loi de transition énergétique pour la croissance verte adoptée en août 2015 et désormais la **loi d'accélération des énergies renouvelables de janvier 2023.**
- Le marché éolien est en forte augmentation, environ **9 000 éoliennes terrestres, réparties au sein de 1 400 sites ont été installées sur le territoire français.** Le rythme de construction des nouvelles éoliennes au cours des prochaines années devrait être compris **entre 600 et 700 par an.** Ref www.presseagence.fr/lettre-economique
- L'éolien aujourd'hui : c'est 9% du mix électrique français (soit **2,5 % du mix énergétique national** - incluant pétrole, charbon et gaz). En considérant les conclusions du rapport RTE - Futurs Énergétiques, l'éolien doit devenir une des énergies principales du pays (entre 15 et 30 % de la consommation finale). Ref *Théo Fiquet Responsable de projet d'énergie*.
- Si l'énergie du vent est bien locale, en revanche **les collecteurs de cette énergie sont tous importés**, notamment de Chine. **Aucun des outils industriels** nécessaires pour produire cette électricité intermittente **n'est conçu ou construit par des entreprises françaises.**

- e. 65% des éoliennes terrestres installées en France sont **allemandes** et 30% **danoises**.
- f. « **L'industrie éolienne européenne est dans une situation critique**. En dépit des lourds investissements dans les énergies renouvelables, elle fait face à de **sérieuses difficultés financières** », .ref *Christian Bruch, président de Siemens Gamesa*
- g. Les très graves difficultés financières des fabricants d'éoliennes Général Electric, Vestas ou Siemens-Gamesa, qui perdent actuellement des milliards d'euros, **mène a un nouveau dumping de la Chine sur cette filière**. Ref *F.Bouglé*
- h. Les éoliennes de plus de 12 mètres doivent être installées à plus de **500 mètres d'une habitation**, et espacées d'au moins 300 mètres entre elles. ref *Philippe Cottanceau, chef du service énergie et développement durable à la Dreal*.

2. Composition d'une centrale éolienne onshore

Une centrale éolienne terrestre est composée de :

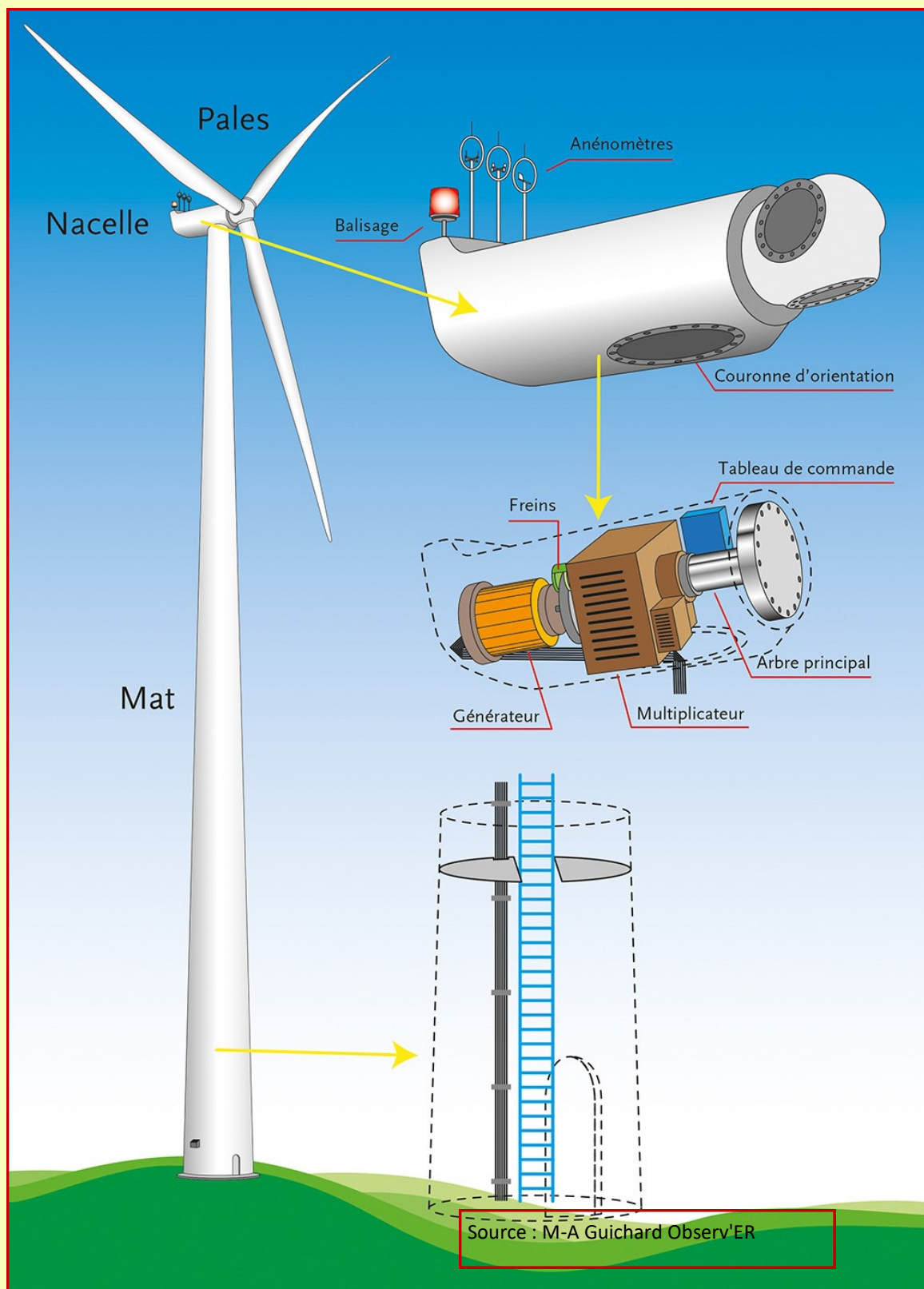
- a. **Plusieurs aérogénérateurs** communément appelés éoliennes : **les éoliennes ne sont jamais seules**. Elles sont implantées en centrale éolienne, certaines de tailles modestes, regroupant **3, 4 ou 5 éoliennes** et d'autres en rassemblent **plusieurs dizaines**
- b. **Plateformes de grutage** (une par éolienne) rectangulaire au pied de chaque machine d'environ 2500 m² pour chacune des éoliennes (2022) permettant le montage des machines et interventions futures directement sur site.
- c. **Poste(s) de livraison** de l'électricité d'environ 15 à 20 m² ref *alterric/enercon*
- d. **Câblage électrique reliant les éoliennes entre elles puis au poste de livraison**, enterré entre 0,80 m et 1,20 m de profondeur. Ref *Enercon*
- e. Voies d'**accès** aux éoliennes. Remarque: les chemins aménagés et les plateformes de grutage **seront maintenus durant toute la durée de vie** de la centrale éolienne.

3. Eolienne ou aérogénérateur : Définition

- a. Une éolienne est **une machine industrielle qui transforme l'énergie du vent en énergie mécanique, par la suite transformée en énergie électrique**. Ainsi, la production d'énergie électrique dépend de la puissance instantanée du vent. Celle-ci est calculée selon deux facteurs principaux :
 - **La vitesse du vent**
 - **La surface traversée par le vent.**
- b. Une éolienne est **une turbine industrielle** installée en haut d'un mât. Ref *céréomé*
- c. Une éolienne est une infrastructure industrielle de production d'énergie renouvelable qui **ne peut pas se prétendre écologique car elle ne respecte pas le droit de l'environnement** . Ref *Simon Popy, président de France nature environnement (FNE) 11/2022*

4. Principaux éléments constitutifs

- a. Les composants d'une éolienne sont conçus pour qu'ils puissent durer, **avec un entretien approprié**, au moins 20 ans. Réf <https://www.izanda.com/fr/repryu/>
- b. Les éoliennes fonctionneront **environ 120 000 heures dans des conditions météorologiques souvent défavorables**. Réf <https://www.izanda.com/fr/repryu/>



4.1 Nacelle

- a. Elle est située **au sommet** du mât.
- b. Son poids avoisine **les 100 tonnes** (vestas v90/2000)
- c. Elle mesure plus de **10 m de long** et autour de 3 à 4 m de large et hauteur.
- d. Elle **abrite les composants mécaniques, pneumatiques, et certains composants électriques et électroniques** nécessaires au fonctionnement de la machine (multiplicateur qui augmente la vitesse de l'arbre, ...).*Ref guide_enr_eolien.pdf*
- e. Elle **supporte le rotor**, elle est composée de l'ensemble arbre de transmission multiplicateur qui actionne le générateur permettant de transformer l'énergie cinétique créée par la rotation du rotor en électricité. *Ref alterric*
- f. **Quatre puissants moteurs lui permettent de pivoter** pour se positionner toujours face au vent et d'en augmenter l'efficacité. *Ref www.nature-obsession.fr*
- g. Elle contient de l'ordre **d'une tonne d'huile de lubrification**, un liquide **hautement inflammable**. Plus de 250 éoliennes ont d'ailleurs pris feu alors que **les pompiers ne pouvaient pas éteindre ces feux** projetant des débris enflammés sur un périmètre important, de **plusieurs centaines de mètres**.
- h. Les lubrifiants et liquides de refroidissements **ne sont pas considérés comme des produits dangereux pour l'environnement ou des produits inflammables dans la nomenclature ICPE**. Leur quantité ne peut être réduite, et aucun produit de substitution n'est envisagé (excepté pour les produits de nettoyage). *Ref enercon Dossier de demande d'Autorisation Environnementale du projet éolien Les Grands Patureaux B*
- i. La coque est fabriquée en **matériaux composites actuellement non recyclables et facilement inflammables**.

4.2 le rotor

- a. Le rotor **constitue le système de conversion d'énergie cinétique en énergie mécanique puis en énergie électrique**.
- b. Il est fixé **en avant** de la nacelle.
- c. Le moyeu du rotor **permet de porter et d'accrocher 3 pales entre elles** pour les raccorder à l'arbre principal (axe),
- d. Il est **entraîné par l'énergie du vent** et est relié directement ou indirectement, via un système de boîte de vitesse, au système mécanique qui utilisera l'énergie recueillie : pompe, générateur électrique, ... *Ref guide_enr_eolien.pdf*



- e. Il est **relié à un alternateur qui produit un courant électrique alternatif** grâce à l'énergie fournie par la rotation de l'axe. *Ref edf*

- f. Le moyeu **pèse une vingtaine de tonnes**. *Ref guide_enr_eolien.pdf*
- g. Le rotor balaie au sol un cercle d'un diamètre de 2 fois la longueur des pales, centré sur l'axe vertical du mat. **Soit aujourd'hui autour de 150m**. *Ref sauvegarde sud Morvan*
- h. Le nombre de **rotations varie entre 4 et 12 tours/minutes** en fonction de la vitesse du vent. *Ref EP Trouy 2022*
- i. La taille du rotor de l'éolienne **détermine le potentiel de production** électrique.

4.3 Les pales

le gigantisme **a peut-être atteint ses limites**. Les pales commencent à devenir trop longues pour être transportées . Trop lourdes aussi.

Elles représentent **l'élément le plus sensible** d'une éolienne

a. Matériaux

- 1) Elles ne sont pas en plastique mais **constituées de fibres de verre ou de carbone solidifiées par des résines époxy obtenues en polymérisant du bisphénol A**.
- 2) Les brevets de recyclages mis en avant par les promoteurs ne **relèvent pour le moment que d'une campagne de communication** et ne concernent à ce jour, que les pales d'éoliennes off shore fabriquées différemment.
- 3) Elles ne bénéficient toujours pas d'une filière industrielle de recyclage circulaire, et sont toujours uniquement **« valorisées » en fin de vie en s'en débarrassant à moindre coût comme combustible polluant** dans les cimenteries. (voir fiche démantèlement)

b. Contraintes

- 1) Les contraintes exercées sur les matériaux utilisés dans les pales **sont intenses**. *Ref Javier Blas siemens gamesa 2/02/2023*
- 2) Aléas climatiques **(tempêtes, pluies, grêles, orages)**.
- 3) Soumises à des vitesses de rotation intenses qui **déplacent l'extrémité des pales à plus de 300 km/h**.

c. Vitesse

- 1) Elles sont **orientables** en fonction de la direction et de la puissance du vent, pour en capter le maximum ou au contraire en réduire la prise. *Ref www.nature-obsession.fr*
- 2) Les pales sont conçues **pour fonctionner à angle et à vitesse variables**. Le réglage d'angle individuel de chaque pale du rotor est assuré par trois systèmes indépendants et commandés par microprocesseurs. L'angle de chaque pale est surveillé en continu par une mesure d'angle des pales, et les trois angles sont synchronisés entre eux. Ce principe permet théoriquement **d'ajuster l'angle des pales aux conditions du vent et de limiter la vitesse du rotor** . *Ref intervient*
- 3) Elles se mettent en mouvement **à partir d'un vent de 3 à 4 m/s**
- 4) La **puissance nominale est atteinte pour des vents de 10 à 15 m/s**.
- 5) Leur vitesse de rotation : **9 à 19 tours/min pour un vent de 3 à 25 m/s** . *Ref guide_enr_eolien.pdf*
- 6) **Au-delà de 25 à 30 m/s**, elles débrayent automatiquement par action du frein du rotor, les pales en drapeau pour la protection du matériel contre une usure prématurée des composants et par mesure de sécurité. *Ref guide_enr_eolien.pdf*
- 7) À leur extrémité, la vitesse de rotation peut **peut franchir le mur du son**. *Ref siemens gamesa*



d. Longueur

- 1) les pales doivent être grandes pour obtenir une quantité significative d'énergie, **leur longueur est définie par/entre la hauteur de la nacelle et la garde au sol.**
- 2) Elles peuvent désormais mesurer habituellement chacune **autour de 75m , voire jusqu'à 90m de long .**

e. Poids

- 1) Elles **doivent être les moins lourdes possible.**
- 2) Chaque pales selon ses dimensions **pèse plus d'une dizaine de tonnes.** (13 tonnes pour un éolienne de 2,3 MW).
- 3) Même si les ingénieurs travaillent à les alléger, ces pales doivent être assez solides pour **résister aux conditions** météorologiques.

f. Revêtement

- 1) Les pales sont protégées des intempéries par un **revêtement de surface à base de polyuréthane** ,robuste, résistant à l'abrasion, aux facteurs chimiques et aux rayons du soleil. *Ref intervient*
- 2) Leur couleur doit respecter la **réglementation en vigueur et correspondra au RAL 7038.** *ref Enercon*

g. Options

Seulement sur option:

- 1) Elles peuvent posséder au bout des « **peignes** » pour essayer de réduire les bruits de sifflements.



A La Selle-Craonnaise (Mayenne) le parc éolien en septembre 2022. Ici les « peignes » pour réduire les bruits et sifflements. (©Haut Anjou)

- 2) Elles peuvent disposer d'un **dispositif de protection parafoudre intégré**. *Ref Enercon*
- 3) Elles peuvent comporter un dispositif de **chauffage anti projection de glace**. *Ref Enercon*

k. Innovations

- 1) **Créer un effet stroboscopique supplémentaire** pour alerter les oiseaux.
- Une étude norvégienne étendue aux Pays-Bas jusqu'à fin 2024 **propose de peindre une des pales des éoliennes en noir** pour « essayer » de réduire de 70% le nombre d'oiseaux victimes de collision. Des données qui doivent être confirmées dans le contexte français, avec un paysage, des conditions météorologiques et des



l'éolienne objet de l'étude des chercheurs norvégiens à Smola



visuel d'éolienne «bird-friendly» proposée par les ornithologues britanniques.

- «diviser une pale par trois dans le sens de la longueur et **la rendre alternativement noire et blanche**, permettrait d'augmenter la probabilité qu'un motif de contraste scintillant apparaisse entre les sections des pales en rotation, et entre les pales et le pylône ». *Ref Graham Martin et Alex Banks ornithologues britanniques.*
- Cet **effet stroboscopique** devrait « permettre aux oiseaux ayant des vitesses de vol et des acuités visuelles différentes de détecter les éoliennes suffisamment tôt pour qu'ils modifient leur direction de vol et évitent les collisions », expliquent les scientifiques. Ils appellent globalement à augmenter « le contraste visuel des éoliennes en utilisant des motifs achromatiques sur les pales et pylônes ». *Ref Graham Martin et Alex Banks*
- Les éoliennes dont une pale est peinte en noire **sont également plus voyantes par les humains**, ce qui suscite une interrogation concernant l'acceptabilité de ce « relooking ». *ref www.connaissancedesenergies.org*

4.4 Le mât (ou la tour)

- a. Le mât : appelé également tour, supporte et **place le rotor à une hauteur lui permettant d'être entraîné par un vent plus fort et régulier** qu'au niveau du sol.
- b. Selon la hauteur et la nature du terrain, le mât peut être **en acier ou en béton, deux matériaux** dont la fabrication est fortement consommatrice d'énergie fossile.
- c. Les mâts en béton préfabriqué sont de plus en plus abandonnés (entre autre suite à accidents et chutes d'éoliennes), **le fabricant allemand Enercon ayant déjà définitivement fermé sa très récente usine française dédiée** (Usine de mât en béton le long de l'Oise ouverte fin 2012 à Longueil Sainte Marie, Oise). *Ref Enercon*
- d. Il est généralement désormais constitué de 3 à 4 tronçons en acier d'une vingtaine de mètres montés sur place par bride avec boulonnage intérieur, **le mât peut mesurer de 80 à 150 m de hauteur et peser jusqu'à 80 tonnes**. *Ref [guide_enr_eolien.pdf](#)*
- e. Une véritable plate-forme technique est **agencée à l'intérieur du mât** : composants électriques et électroniques, monte-charge, échelle. *Ref [guide_enr_eolien.pdf](#)*

- f. **Le mat est conique** : Diamètre de base du mât : 4,2 m Diamètre de l'extrémité du mât: 2,4 m Coût du mât: 140 000 € à 300 000 € TTC Durée de vie : 20 à 30 ans . *Ref guide_enr_eolien.pdf*
- g. La hauteur du mat proprement dit est **très élevée** et **peut aller jusqu'à environ 160 m** (onshore) pour permettre ainsi des longueurs de pales plus longues.



4.5 Le palier d'orientation

- a. Le palier d'orientation de la nacelle, muni d'une couronne, est **monté directement sur la connexion supérieure** de la tour. *Ref intervent*
- b. Il **permet la rotation de l'éolienne** . Les moteurs équipés de roues dentées («moteurs d'orientation» ou moteurs de «Yaw») s'engagent dans la couronne pour faire tourner la nacelle et l'orienter en fonction du vent. *Ref intervent*

4.6 Le moteur électrique

- a. La motorisation auxiliaire de la couronne du palier d'orientation **permet d'orienter le rotor** autour de l'axe vertical du mat .

4.7 Le générateur

- a. Le générateur **transforme l'énergie mécanique ainsi créée en énergie électrique** et adapte l'électricité produite aux normes du réseau.

4.8 Le transformateur

- a. Le courant produit par le générateur est porté de 660 V à 20 kV **par un transformateur logé dans le mât ou dans la nacelle** avant d'être envoyée dans le poste source. *Ref EP Trouy 2022*

4.9 La fondation ou « massif »

- a. Permet **d'ancrer l'éolienne au sol et de supporter la force du vent**. Elle absorbe toutes les charges statiques et dynamiques de l'éolienne. *ref enercon*

- b. Est **soumise à des efforts répétés de basculements pendant toute sa durée de vie**, dans des directions susceptibles de varier de 360°. *ref <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3>*
- c. Les fondations de béton **constituent 95 % du poids** d'une éolienne.
- d. **2 principaux types de fondations** selon la capacité portante du sol et sa déformabilité. *Réf <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3>*
- 1) Les **fondations superficielles** (ou massifs gravitaires), lorsque le sol d'assise est homogène et de bonne portance
 - 2) Les **fondations sur pieux**, lorsque le sol d'assise présente une portance trop faible et que le bon sol se trouve à une profondeur importante, de l'ordre de plus de 15 m
 - Pour prendre en compte de la **poussée d'Archimède** en cas de présence de nappe (« fondation avec eau »)
 - La technologie de fondations par pieux (par exemple une quinzaine de pieux d'une quinzaine de mètres de profondeur) **permet de diminuer l'importance de l'excavation** et de réduire jusqu'à 40 % les besoins en béton. *Ref decrypterlenergie.org.*
 - En revanche, elle **atteint des couches plus profondes du sol, avec les risques liés à la présence de nappes phréatiques** ou de substrats durs. *Ref decrypterlenergie.org.*



- Elle est également **plus coûteuse**. *Ref <https://decrypterlenergie.org/betonisation-et-artificialisation-des-terres-quelle-contribution-de-leolien>*
- Ces dernières années, le nombre d'éoliennes fondées sur **des pieux est faible (< 5 %)**.
- **Les pieux ne peuvent jamais être enlevés et resteront** après exploitation.

e. Dimensionnement

- 1) Le dimensionnement des fondations a pour objectif de **maîtriser l'effet «culbuto » généré par l'effort horizontal** que le vent développe. *ref <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3> 10 nov. 2020*
- 2) Il s'agit du seul type d'ouvrage pour lequel la conception est totalement **orientée vers la maximisation du moment de renversement**. *ref <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3>*

- 3) Il s'agit du seul type d'ouvrage pour lequel la conception est totalement **orientée vers la maximisation du moment de renversement**. *ref <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/construction-et-travaux-publics-th3>*
- 4) Le dimensionnement des fondations **dépend de la prise au vent et du diamètre du rotor** : les éoliennes ont un rotor de plus grande dimension pour une puissance donnée sur les sites les moins ventés. Par exemple, au lieu d'un rotor de 80 mètres de diamètre pour alimenter une génératrice de 2 MW, on pourra trouver, sur un site moins venté, un rotor de 90 mètres de diamètre, voire de 100 mètres ou plus. *Ref <https://decrypterlenergie.org>*
- 5) Le dimensionnement des fondations est **déterminé par les caractéristiques du sous-sol**, en particulier les potentielles poussées par les eaux sous-jacentes. *Ref <https://decrypterlenergie.org>*
- 6) Il n'y a **pas de corrélation directe entre la puissance électrique nominale d'une éolienne et le volume de béton** des fondations. *Ref <https://decrypterlenergie.org>*

f. Dimensions moyennes des massifs

- 1) Géométrie : **massifs circulaires ou octogonaux**.
- 2) Profondeur : **comprise entre 3 et 5 m**. *ref solveo 2022 fresney le vieux dept 14*
- 3) Posée au fond d'une excavation conséquente autour de **6 m de profondeur** (selon la hauteur de la machine et la nature du sol)
- 4) Sur une surface d'environ 14 ares: **40m x 35m**
- 5) Diamètre **compris entre 25 à 35 mètres**.
- 6) **En moyenne 550 m³** sont nécessaires à la construction, ce qui représente **1000 à 1300 tonnes**. (selon la taille et la puissance) *Ref <https://www.montcel-durable.fr/trop-de-beton-pour-les-eoliennes/>*
- 7) Le besoin d'augmentation de la masse des fondations se traduira davantage **par un diamètre plus grand, que par une excavation plus profonde**. *Ref <https://decrypterlenergie.org>*

g. Terrassement

- 1) Une fouille est ouverte afin d'y couler le béton de propreté, sur lequel la fondation sera construite. Avant de couler le béton de propreté, le fond de fouille est **contrôlé par un géotechnicien** et un bureau de contrôle technique, afin de valider que le sol en présence est bien conforme aux hypothèses géotechniques utilisées pour dimensionner la fondation.
- 2) Au fond de laquelle une semelle de « propreté » (en béton) est coulée. Le trou va ensuite être comblé d'une structure en acier **jusqu'à 35 mètres de diamètre** pour plus de 60 tonnes d'acier par éolienne. *Ref [phasesde-constructiondunparceolien](#)*.
- 3) Le trou et la structure en acier sont ensuite comblés de béton (coulé en une seule fois) représentant environ **en moyenne 550 m³ de béton soit 1000 à 1300 tonnes**. (2022)

h. En béton armé renforcé

- 1) Les fondations de béton constituent **95 % du poids** d'une éolienne :
- 2) La production du béton est **associée à une très forte production de CO₂** : c'est lors de la cuisson à 1450°C de l'argile et du calcaire qu'ont lieu la majeure partie des émissions. Les quantités émises dépendant du type de béton utilisé et on considère que pour **1 m³ de fondations d'une éolienne, jusqu'à 350 kg de CO₂ sont émises**. *Ref <https://www.montcel-durable.fr/trop-de-beton-pour-les-eoliennes/>*
- 3) **Recouverte de 2 à 1,5 mètres de terre** (sauf la partie centrale qui supporte le mât de l'éolienne occupant en surface un diamètre de **4 à 5 mètres (virole centrale)** selon le modèle et le gabarit de l'éolienne.

i. Ferrailage

- 1) Le ferrailage d'un massif d'éolienne est composé de **3 parties** :
 - **la nappe inférieure** (liée aux pieux le cas échéant)
 - **le socle** (incluant l'interface d'ancrage avec l'éolienne)
 - **la nappe supérieure**
- 2) Selon le design et la forme de la fondation, les nappes inférieures et supérieures peuvent être composées de ferrailles droites croisées à 90° (treillis droit), ou de cercles reposant sur des barres radiales.



J. Interface d'ancrage de l'éolienne

- 1) Afin de **pouvoir fixer l'éolienne sur la fondation**, et d'assurer une bonne transmission des efforts de l'éolienne à la fondation, une interface d'ancrage est incluse dans la fondation. Cette interface est fournie par le constructeur des éoliennes, mais mise en place par le génie civiliste.
- 2) Généralement on retrouve **2 systèmes** chez les constructeurs d'éoliennes :
 - la virole d'ancrage est le support de l'éolienne (**pièce mécano/soudée monobloc**), constituée d'une bride inférieure, d'une tôle épaisse roulée/soudée et d'une bride supérieure ou bride d'ancrage sur laquelle la tour viendra se visser
 - la cage d'ancrage (**système en kit à monter au moment du ferrailage**), composée d'une bride inférieure (ou d'une petite virole d'ancrage), de tiges filetées et d'une bride d'ancrage
- 3) Dans les 2 cas, la pièce est intégrée au ferrailage et **partiellement coulée dans le béton**.
- 4) La planéité de la bride d'ancrage est systématiquement contrôlée avant et après coulage de la fondation, afin de **garantir la verticalité du mat** de l'éolienne!
- 5) **Désormais souvent positionnée 1 m plus bas** que la surface du sol, **pour permettre de profiter de la dérogation à la réglementation actuelle sur le démantèlement** qui, dans ce cas ne concernera que l'arasement limité de la virole sur laquelle se fixe le mât soit seulement 5m d'envergure sur 1m de hauteur au regard d'un massif total de 25 à 35 m sur une hauteur de 4 à 6 m

4.10 Paratonnerre

L'éolienne est équipée d'un **système parafoudre** placé sur le toit afin d'éviter que l'éolienne ne subisse de dégâts. Pour la protection parafoudre extérieure, la pointe de la pale est en **aluminium moulé**, le bord d'attaque et le bord de fuite de la pale du rotor sont équipés de profilés aluminium, reliés par un anneau en aluminium à la base de la pale. Un coup de foudre est absorbé ... par ces profilés et le courant de foudre est dévié vers la terre entourant la base de l'éolienne. *Ref intervient*

4.11 Câbles électriques

On distingue:

a. Le circuit électrique reliant les éoliennes

- Les éoliennes d'un même site sont connectées entre elles, par un **réseau interne de câbles souterrains généralement en aluminium, enfouis** à des profondeurs allant de 0,80 à 1,20 mètre puis raccordées au réseau public par l'intermédiaire d'un poste de livraison.
- L'énergie électrique produite par les éoliennes est transportée par ce câble souterrain à une tension comprise **entre 400 et 690 V**. *Ref guide enr eolien*

b. Le circuit électrique raccordant les postes de livraison au poste de distribution appelé « poste source ».

- Il faut comprendre qu'il faut construire tout un nouveau maillage électrique pour véhiculer l'électricité vers les postes sources, en effet **les réseaux ne fonctionnent que dans un sens**, les câbles existant pour distribuer ne peuvent pas servir pour collecter.
- Un câble souterrain **achemine l'ensemble de l'énergie produite vers le « poste source »** RTE ou Enedis du réseau public d'électricité *ref parc-eolien-mont-des-quatre-faux.fr*
- Deux opérateurs s'occupent des travaux sur le réseau électrique : **RTE** pour le transport d'électricité sur les longues distances, **Enedis** pour sa distribution jusqu'aux usagers; mais la charge financière des travaux revient au promoteur éolien **voire des sociétés d'économie mixte participantes**.

4.12 Réseau de communication

a. Un réseau de communication en **fibres optiques**.

- Insensible aux perturbations électromagnétiques est **créé dans la même tranchée**.
- **Relie les machines entre elles au poste de supervision** (à distance) *Ref intervent*

4.13 Anémomètres

a. Les éoliennes sont toutes équipées d'anémomètres à ultrason qui :

- **évitent les difficultés liées au gel** de l'anémomètre *Ref intervent*
- permettent de **mesurer la vitesse du vent en temps réel**
- **commandent l'orientation de la nacelle et des pales**.
- vont intervenir concernant les **conditions extrêmes de vent**. Au-delà d'une certaine vitesse de vent (**30 m/s**)

4.14 Girouette

a. La girouette, au sommet de chaque éolienne, **indique à l'éolienne la direction du vent en continu**.

b. L'orientation de la nacelle, **est guidée par la girouette** *Ref www.nature-obsession.fr*

c. Si la **déviations entre l'axe du rotor et la direction mesurée** du vent est trop grande, la position de la nacelle est corrigée par la commande d'orientation. *Ref intervent*

4.15 Freins

a. **Un des plus importants dispositifs de sécurité** est le système de freinage.

b. Permet de ralentir ou même arrêter les pales **dans des conditions de vent fort et de survitesse**.

c. Le nombre d'arrêts d'urgence est d'environ **500 à 1 000**, pendant les vingt ans de vie utile.

d. Une défaillance des freins entraînerait inévitablement une **situation accidentelle de « sur-vrille »**

e. **2 systèmes indépendants et complémentaires** *ref Association danoise de l'industrie éolienne*

e.1 **Freinage aérodynamique**

- En fonctionnement, les éoliennes sont **exclusivement freinées d'une façon aérodynamique par inclinaison des pales** en position drapeau.
- **Permet de virer à 90° les pales du rotor autour de leur axe longitudinal** pour ne pas offrir de résistance au vent. Ainsi les pales sont mises en drapeau, et l'éolienne freinera doucement, sans effort et sans abîmer aucune pièce. *Ref Izanda*
- L'éolienne possède **3 freins aérodynamiques indépendants (un frein par pale)**. Le rotor n'est pas bloqué même lorsque l'éolienne est à l'arrêt, il peut continuer de tourner librement à très basse vitesse. En fonctionnement au ralenti, les paliers sont moins soumis aux charges que lorsque le rotor est bloqué. *Ref intervent*

e.2 **Freinage électromécanique**

- Il se compose généralement **d'un disque ou d'une piste de frein avec des sabots hydrauliques**. *Ref Izanda*
- Lors d'un freinage d'urgence du rotor, en cas d'incendie par exemple, **le frein rotor électromécanique est utilisé en plus**. Un arrêt du rotor depuis sa puissance nominale s'effectue en 10 à 15 secondes. *Ref intervent*
- Le frein électromécanique est employé comme un **système complémentaire à celui aérodynamique**, et comme frein de stationnement pour les travaux de maintenance une fois l'éolienne arrêtée. *Ref Association danoise de l'industrie éolienne.*
- Il est surveillé à distance et **doit être opérationnel à tout moment**. *Ref Izanda*

4.16 Autres capteurs

a. Une éolienne est équipée de capteurs qui détectent :

- **la surchauffe du générateur.**
- **la vitesse du vent trop élevée.**
- **les vibrations.**
- **les fumées dans la nacelle et dans le mât**



Ref Stephane ecep51

Les « nuits » de la région Champagne 2022

4.17 Feux de signalisation

- a. Une éolienne se doit de disposer, indépendamment de la proximité ou non d'enjeux aéronautiques, d'un balisage **diurne et nocturne par un feu d'obstacle clignotant** permettant aux aéronefs de percevoir l'obstacle à la navigation qu'il constitue pour eux. *Ref arrêté du 23/04/2018*
- b. Cette réglementation impose un balisage qui **clignote blanc le jour et rouge la nuit** pour tout édifice d'une hauteur supérieur à 45 mètres.
- c. La détection du passage en mode nocturne ou diurne se fait **selon le niveau de luminosité mesuré** au niveau de l'éolienne référente et doit être synchronisé à l'échelle du parc.

5. Emprise nécessaire



- a. Chaque éolienne nécessite une emprise au sol, **une surface ponctionnée sur les terres généralement agricoles.**
- b. La plateforme correspond à **une surface permettant le positionnement de la grue destinée au montage et aux opérations de maintenance** liées aux éoliennes. Sa taille varie en fonction des éoliennes choisies et de la configuration du site d'implantation *ref intervent*
- c. L'emprise au sol correspond au **carré de la fondation : 1400m²** au pied de l'éolienne et de la **surface de la plateforme de grutage** nécessaire à la maintenance: 40m x 80m = **3200 m²** *ref projet Solveo Fresney le Vieux 2022*
- d. La surface totale représente **environ 1/2 hectare par éolienne.**
- e. C'est **seulement cette emprise qui fait l'objet d'un éventuel bail emphytéotique** et d'une rémunération séduisante.
- f. A laquelle il faut ajouter les accès au chantier pour de nombreux camions (livraison de ferraille, de béton, des éléments de l'éolienne) les chemins existants sont élargis et éventuellement renforcés et d'autres sont créés, les emplacement des postes de livraison, **ponctionnant eux aussi, un peu plus de surface agricole.** <http://www.asso3d.fr/>
- g. Vous êtes avertis dans la promesse de bail proposée, **qu'il n'y aura pas d'éoliennes pour tout le monde;** vous n'avez donc aucune assurance de recevoir la rémunération alléchante annoncée puisqu'elle **reste pour le moment parfaitement virtuelle et complètement hypothétique.**
- h. La surface de l'emprise est **reclassée fiscalement en « foncier bâti »** et fiscalisée comme tel, fait l'objet d'une nouvelle parcelle cadastrale **classée en établissement industriel; le fait générateur de ce classement est la présence du massif en béton de la fondation** (le reste étant considéré par l'administration fiscale comme « démontable ») Les frais de géomètre et d'enregistrement sont dans la plupart des cas pris en charge par le promoteur.
- i. Au-delà de l'unique emprise, **le promoteur vous oblige à une exclusivité, non rémunérée, sur tous vos autres terrains dans un rayon de plusieurs km** à son unique profit, pour toute installation d'ENR (au-delà des zonages réglementaires purement éoliens) **caractérisant encore un peu plus l'aspect de prédation sur toutes vos propriétés.** voir fiche 28 dédiée: «Exclusivité »

6. Coût de construction

- a. Le coût complet de la construction d'une centrale éolienne est **de l'ordre de 1.5 millions d'euros par MW installé** .ref wpd 02/2022
- b. La répartition moyenne de l'investissement technique est la suivante:
- L'éolienne : 81%,
 - Le génie civil : 11% ,
 - Le raccordement : 4,5%,
 - Les constructions diverses :3,5%. ref CRE
- c. Parallèlement: le cout du MW éolien installé est d'environ 1.5 M€, mais c'est sans compter le cout des raccordements, (cellules électriques etc..) est compté à raison de **1 € de matériel = 1 € de raccordement** ref: Jancovici
- d. Le développement de la production décentralisée éolienne **conduit à multiplier les sites** de production, et à **injecter de l'énergie sur des réseaux de distribution conçus pour l'acheminer et non pas pour la collecter**. On ne comprend pas pourquoi on raccorde sur le réseau électrique français des éoliennes sans faire participer les promoteurs au financement de ce réseau. Ref Gérard JACQUINOT (A.L.P.E. 34)
- e. En effet, **les producteurs éoliens utilisent la régulation du réseau historique** sans laquelle ils perturbent, par leurs incessantes variations, la puissance de production générant de nombreuses coupures selon les errements du vent. Ref Gérard JACQUINOT (A.L.P.E. 34)
- f. Tout cela a un coût ! : Le cout de construction/renforcement du réseau électrique consécutif au déploiement des ENRi est estimé fin 2022 à **10 Milliards d'euros**. ref Xavier Piechaczyk Président de RTE
- g. **L'industrie éolienne ne participe pas au financement du renforcement consécutif du réseau** qui est assuré par les prélèvements sur nos factures d'électricité, **le promoteur éolien ne payant (avec le concours des epci éventuellement en cas de SEM) que le raccordement au poste source**.

7. Durée de vie

7.1 Durée de vie technique

- a. La norme de construction CEN 61400-01 des éoliennes terrestres, qui prévoit que, en conditions non spécifiques « la durée de vie prévue à la conception, **doit être d'au moins 20 ans** ». réf: <https://www.economie.gouv.fr: pdf économie circulaire dans la filière éolienne 05/2019>
- b. Les éoliennes sont habituellement **garanties par les fabricants pour une durée de 25 ans**.
- c. Depuis quelque temps, d'anciens parcs sont démantelés avant d'atteindre cet âge. La technologie dans ce domaine ayant fort évolué, Certes **elles pourraient durer 10 à 15 ans de plus**, mais leur rendement technique s'essouffle, la production s'affaiblit, les frais d'exploitation augmentent.
- d. Les éoliennes **ont une durée de vie beaucoup plus courte que les centrales conventionnelles**. Les centrales électriques au gaz et au charbon fonctionnent pendant 40 ans ou plus et peuvent être remises à neuf ou modernisées composant par composant. Les centrales nucléaires ont une durée de vie de 50 ans ou plus. **En revanche, les éoliennes ne durent qu'environ 20 ans avant de devoir être mises au rebut**. réf <https://scotlandagainstspin.org/wind-energy-faqs/>
- e. Une éolienne produit de l'électricité dans un rendement net qualifié de facteur de charge de 24% la 1ère année production effective rapportée à sa capacité installée, de 15% après dix ans de fonctionnement, de 11% les dix dernières années (usures, corrosions). **Si l'éolienne fonctionne durant 25 ans**, son facteur de charge moyen pondéré n'est donc que de 17% (donnée confirmée en Allemagne : 16,9%). En comparaison un réacteur nucléaire produit de l'électricité dans un facteur de charge supérieur à 70%. A l'arrivée, la production d'électricité d'un réacteur nucléaire équivaut à celle de 1 380 éoliennes.
- f. Des recherches récentes montrent de plus, que leur rendement se détériore considérablement **après seulement 10 ans**. réf <https://scotlandagainstspin.org/wind-energy-faqs/>
- g. "Dans de nombreux cas, les bénéfices ne seront pas en mesure de couvrir les coûts d'exploitation des turbines. **Après 15 ou 20 ans de fonctionnement**, les turbines nécessiteront plus de frais de maintenance et obligeront à faire des réparations coûteuses. " réf *Le Baseler Zeitung*
- h. « Selon une estimation du SER, **30% des parcs actuels seraient démantelés à 15 ans** . Cette orientation est « conforme » aux objectifs de la PPE et s'inscrit dans la transition énergétique, mais **anticipe la fin de vie prévue** (ndlr initialement à partir de 20 ans) réf: <https://www.economie.gouv.fr: pdf économie circulaire dans la filière éolienne 05/2019>
- i. une poursuite de l'exploitation au-delà du contrat d'achat et jusqu'à la fin de la durée de vie de l'installation **(20 ans au moins d'après la norme, 25 ans possible si la maintenance est bien réalisée)** permettrait d'optimiser l'utilisation des équipements et de limiter, pour une même production d'énergie, le volume de matériaux devant faire l'objet d'un démantèlement et d'un recyclage, ce qui **serait davantage conforme aux prescriptions de la Directive déchets, mais retarderait la production supplémentaire permise par le « repowering »**. Le SER, Syndicat des Energies Renouvelables estime que **50% des sites** pourraient prolonger leur vie et être **démantelés entre 15 et 20 ans** et que **20% des sites pourraient l'être entre 20 et 25 ans** » réf: <https://www.economie.gouv.fr: pdf économie circulaire dans la filière éolienne 05/2019>

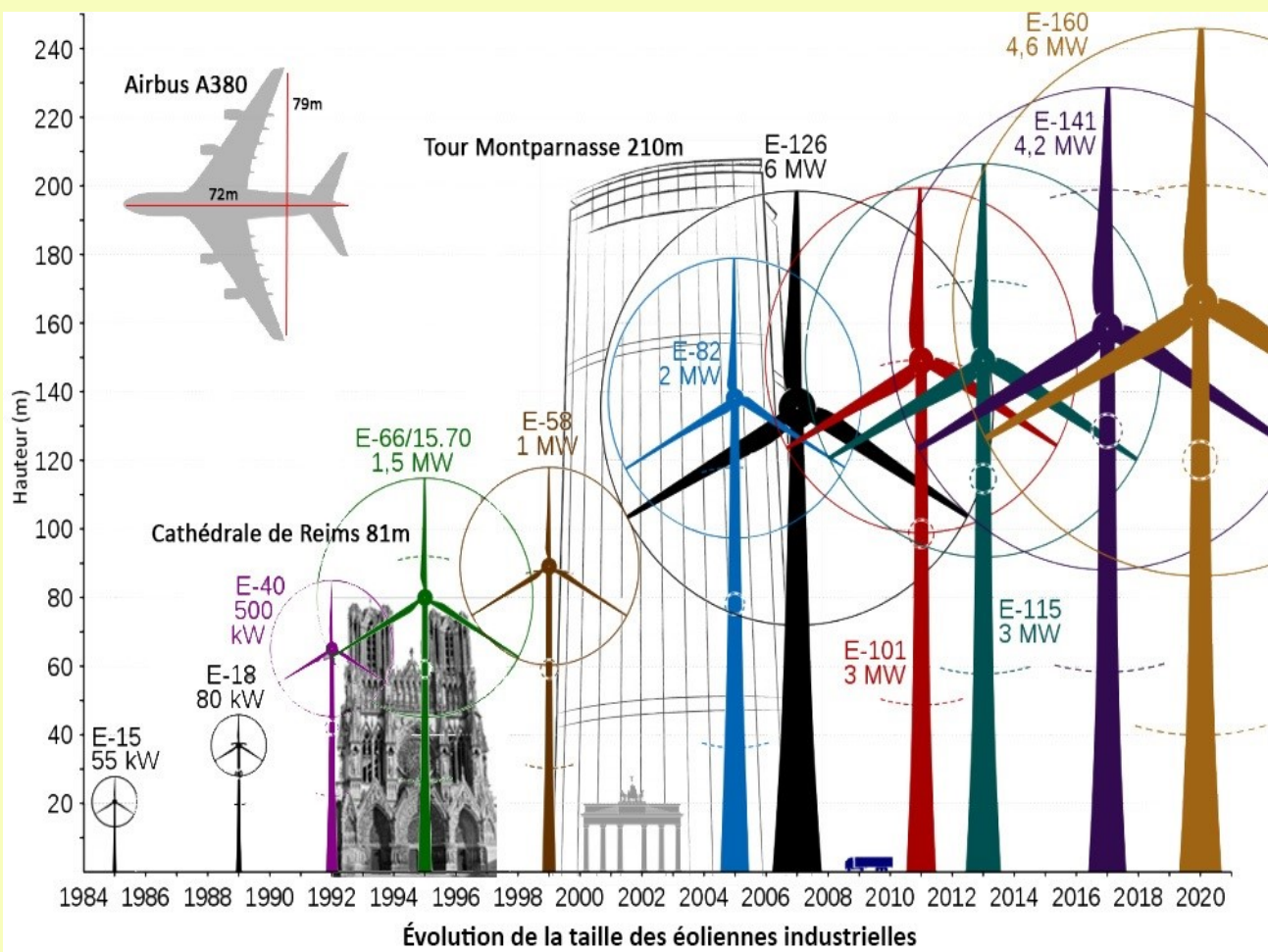
7.2 Durée de vie économique - Obsolescence anticipée

- a. La durée de vie « économique » est évaluée par les sociétés exploitantes **d'après leur productivité à l'instant T** mais aussi à partir du **calcul de leur rééquipement** par des aérogénérateurs plus puissants. *Réf: Energie et vérité*
- b. La durée de vie des éoliennes dépend surtout de la stratégie suivie par les exploitants **à l'issue, voire au cours, de la période de validité des tarifs de rachat garantis.** *réf : [https://www.economie.gouv.fr: pdf économie circulaire dans la filière éolienne](https://www.economie.gouv.fr/pdf/economie_circulaire_dans_la_filiere_eolienne)*
- c. « Si la durée de vie nominale prévue est de 20 ans, et jusqu'à 30 ans selon l'entretien effectué, il ne sera pas rare de voir remplacer des aérogénérateurs **dès 15 ans de production voir quelquefois 12 ans.** » *réf: [https://www.economie.gouv.fr: pdf économie circulaire dans la filière éolienne 05/2019](https://www.economie.gouv.fr/pdf/economie_circulaire_dans_la_filiere_eolienne_05/2019)*
- d. Les producteurs peuvent alors avoir **un intérêt économique à démanteler l'installation**, et quand ils le peuvent, à la remplacer par une installation plus récente, produisant **jusqu'à 3 ou 4 fois plus d'électricité**, et candidate à un nouveau contrat de soutien. *réf: [https://www.economie.gouv.fr: pdf économie circulaire dans la filière éolienne 05/2019](https://www.economie.gouv.fr/pdf/economie_circulaire_dans_la_filiere_eolienne_05/2019)*
- e. La fin de vie est alors déterminée par le choix individuel de l'exploitant du site, sur des critères uniquement économiques, sachant que les **coûts de fonctionnement sont élevés** (de 50 à 80K€/éolienne/an environ) , **croissant en fonction de l'âge de l'éolienne** *réf https://www.economie.gouv.fr/files/files/directions_services/cge/filiere-eolienne-terrestre.pdf*
- f. Les prix anticipés du marché de l'électricité et l'expiration des contrats avec « tarif d'achat garanti » sont souvent les arguments suffisants **pour que des opérateurs vivant de subventions (en moyenne 60% de leur chiffre d'affaires) déclarent leurs machines en arrêt.**
- g. Le prix de l'électricité est attribué dans le cadre d'appels d'offres organisés par la Commission de Régulation de l'Energie (CRE) sous l'égide du Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire. Les projets proposant le prix de l'électricité le plus bas sont sélectionnés et **bénéficient durant 20 ans d'un tarif prenant la forme d'un complément de rémunération.** *réf : Dossier de Demande d'Autorisation Environnementale Projet éolien de la Haute-Voie Juin 2021*
- h. Fermer et démonter une installation en état de fonctionner **s'apparente dès lors à de l'« obsolescence anticipée »** génératrice de déchets. *réf: [https://www.economie.gouv.fr: pdf économie circulaire dans la filière éolienne 05/2019](https://www.economie.gouv.fr/pdf/economie_circulaire_dans_la_filiere_eolienne_05/2019)*
- i. L'allongement de la durée de vie des centrales éoliennes **réduirait automatiquement la quantité de déchets** de la filière à traiter annuellement. *réf Ademe*
- j. Dans les prochaines années, environ **1 500 aérogénérateurs** vont arriver au terme de leur contrat d'obligation d'achat et se trouvent confrontés à différentes options, prolongation ou repowering. *réf Ademe*
- k. En savoir plus: **consulter la fiche 34 modernisation-repowering**

8. Configuration

8.1 Modèle

- a. La promesse de bail **ne précise jamais les modèles retenus**, leur puissance, hauteur, dimension du rotor, garde au sol, etc....**sous prétexte que les études n'ont pas encore été menées, alors comment ont-ils fait pour identifier ce site si favorable** à l'implantation d'éoliennes chez vous ?
- b. Vous donnez , **à l'avance et à l'aveugle votre accord définitif** pour des machines dont **vous ne connaissez aucune caractéristique précise**
- c. Chaque concepteur propose ses propres configurations d'éolienne (éventuellement à puissance nominale identique), avec **plusieurs hauteurs de mât et diamètres de rotor par modèle**.
- d. **Le choix de ces paramètres varie** en fonction du régime de vent et de la topographie et conditionnent le choix de fondation selon le type de terrain.
- d. Une autre différence entre constructeurs, indépendamment de ces conditions, est la **technologie de conversion d'énergie**. Cette différence concerne plus précisément le couple générateur - multiplicateur.
- e. Une grande partie des constructeurs d'éolien terrestre présente à ce jour des **modèles asynchrones à rotor bobiné** ou cage d'écureuil ; on trouve aussi des **machines synchrones à rotor bobiné ou à aimants permanents**. Ces technologies engendrent des impacts très différents en raison de l'importance des matériaux qui les composent : le cuivre et les terres rares des aimants. *Ref ademe <https://www.debatpublic.fr/sites/default/files/2021-11/impacts-environnementaux-eolien-francais-2015-rapport.pdf>*
- f. Elles ont en commun d'avoir des gabarits toujours plus grand et plus impactant alors que **les distances d'éloignement et de sécurité restent très rapprochées et n'ont toujours pas été modifiées** depuis plus de 10 ans.
- g. **Les éolienne de 180 mètres de hauteur totale et 140 mètres de diamètre du rotor** correspondent désormais au gabarit standard (4MW) proposé par les turbiniers sur le marché actuel (2021) , et permet d'assurer leur disponibilité après l'obtention de l'autorisation environnementale du projet . *Ref mémoire en reponse EP Château Thierry 31/03/2021*
- h. Avec l'évolution du marché, **la production d'aérogénérateurs moins impactant et au gabarit réduit est amenée à disparaître dans les toutes prochaines années**. *Ref mémoire en reponse EP Château Thierry 31/03/2021*
- k. Dans sa proposition de promesse et sa demande d'autorisation d'exploiter, le promoteur **sous estime délibérément les hauteurs des éoliennes pour vous faire signer rapidement**, se couvrant derrière une « approximation » , les hauteurs réelles courantes **actuelles (2023) se situent actuellement entre 180m et 240m** pour répondre aux exigences de rendement ainsi qu'aux recommandations politiques. *réf discours de Belfort 2022 Emmanuel Macron*
- l. Le choix s'effectue **après** obtention des autorisations. **Précisons que la demande d'autorisation est effectuée pour un gabarit d'éolienne défini et non pour un modèle précis**. *ref wpd*
- m. L'arrêté préfectoral d'autorisation d'exploitation **nécessite uniquement la hauteur sommitale, la hauteur du moyeu, le diamètre du rotor , la puissance installée et les emplacements des éoliennes**. *Ref wpd*
- n. Vous n'avez à ce stade encore aucune certitude sur le choix du modèle d'éolienne qui sera éventuellement implanté puisque, une fois les autorisations d'exploiter obtenues (et avant commencement effectif des travaux) , **un permis de construire modificatif peut encore changer les puissances permettant habituellement une rehausse de 10%** des hauteurs de machine par rapport au projet initial. *ref commercial promoteur W*
- o. **Vous autorisez aussi toute modification à venir**, en aveugle et sans rien encore en connaître des dimensions et technologies futures. (Voir fiche 34 : Droit de modification des installations : repowering et permis modificatif)



8.2 Puissance nominale

- La puissance électrique est mesurée en watts (W)** et ses multiples (kilowatts, mégawatts, gigawatts, térawatts).
- Ne pas confondre mégawatt et mégawatt/heure ces **deux mots désignent des réalités très différentes**.
- Définitions:**
 - Le mégawatt (MW)** est l'unité de mesure de puissance électrique qui correspond à la capacité de production d'énergie d'une installation électrique (1 mégawatt = 1 million de watts = 1 000 kilowatts). Un térawatt (TW) correspond à 1.000 gigawatts (GW) et à 1.000.000 de mégawatts.
 - Le mégawattheure (MWh)** désigne la quantité d'énergie produite en une heure par un mégawatt.
- Afin d'éviter de « mélanger des choux et des carottes » : **Les mégawatts correspondent à la puissance nominale installée et les mégawattheures à la production réelle d'électricité** (ou puissance délivrée ndlr) *Ref Patrick Kawala*
- À terre la puissance nominale ou puissance maximale possiblement délivrée d'une éolienne est généralement comprise dorénavant **entre 4 et 6MW selon les standards actuels (2022)**
- L'efficacité réelle de la production éolienne reste obscure. La puissance nominale reste théorique et **n'est donc pas un très bon indicateur** pour évaluer la performance d'une éolienne. **Ce qui compte avant tout, c'est la quantité totale d'énergie électrique produite en une année.** La force, la fréquence et la régularité des vents sont des facteurs essentiels pour déterminer la production puisque les éoliennes ne produisent de l'électricité qu'à un **équivalent pleine puissance de 25% au mieux**, pour le nucléaire, c'est 70%. (voir § 9.2: facteur de charge)
- La puissance nominale est en relation directe avec la hauteur** et le diamètre du rotor, ainsi selon les servitudes de survol, il peut y avoir des machines de même puissance mais avec des tailles différentes.

- h. En conséquence de vents qui sont rarement à la vitesse optimum, **la puissance instantanée délivrée est rarement au maximum, et surtout varie assez fortement** en fonction des conditions de vent. *Ref Jancovici*
- i. « Il ne faut **pas sous-estimer l'ignorance de certains journalistes (et de beaucoup d'élus et politiciens)**. En matière d'électricité, **nombreux sont ceux qui confondent allègrement puissance nominale et production, KW et KWh.** » *Ref 27 janvier 2023 / Rémy Prudhomme Association des climato-réalistes*

9. Comment fonctionne une éolienne

- a. Le fonctionnement, relativement simple, **est le même pour toutes les éoliennes** avec quelques nuances selon les types de turbines.
- b. Le soleil chauffe inégalement la Terre, ce qui crée des zones de températures et de pression atmosphérique différentes tout autour du globe. **De ces différences de pression naissent des mouvements d'air, appelés vents** qui sont par nature **variables et aléatoires dans leurs intensités**.
- c. Le vent **produit de l'énergie cinétique** comme tous les corps en déplacement. Celle-ci est captée par le rotor de l'éolienne plus ou moins selon le volume et la vitesse de l'air déplacé.
- d. A condition que le vent se lève et qu'il atteigne une vitesse de vent minimale **d'environ 15 km/h, la nacelle tourne sur le mat pour se mettre face au vent.**
- e. Un **vent inférieur à 10km/h ne permet pas de démarrer** et faire fonctionner une éolienne.
- f. Le vent doit être **régulier et suffisamment puissant**, entre 14 et 90 km/h en rafale. Au-delà, l'éolienne s'arrête pour des questions de sécurité *ref EDF*
- g. La **vitesse optimale est de 50 km/h.** *réf www.journal-eolien.*
- h. Les **pales de l'éolienne captent alors l'énergie cinétique** du vent (qui s'écoule sur les pales créant une portance) et la **transforme en mouvement/énergie mécanique** qui fait tourner le rotor à une vitesse de rotation de 10 à 25 tours par minute ce qui n'est pas suffisant pour générer de l'électricité.
- i. Pour produire de l'électricité, la plupart des **générateurs ont besoin de tourner à grande vitesse** (de 1 000 à 2 000 tours par minute) .
- j. Le mouvement lent du rotor est alors **accélééré jusqu'à plus de 100 fois par un multiplicateur** .
- k. Cette énergie mécanique est ensuite transmise au générateur qui la **transforme en énergie électrique**.
- l. C'est l'interaction entre les électroaimants du rotor et la bobine des fils de cuivre du stator qui **produit un courant électrique alternatif**.
- m. Le **courant électrique alternatif (de fréquence variable) produit ne pouvant pas être utilisée directement**, il est traité grâce à un convertisseur .
- n. L'électricité est envoyée par un câble épais à l'intérieur de la tour, puis via des câbles souterrains jusqu'à une sous-station où **un transformateur élève la tension à 20 000 volts à une fréquence de 50Hz** pour l'acheminer par des câbles souterrains jusqu'au réseau moyenne et haute tension de distribution publique d'électricité.
- o. Au poste source, l'électricité est ensuite **élevée à 200 000 volts pour être acheminée par ligne haute tension au réseau électrique national et européen**.
- p. L'électricité **est consommée au moment même** où elle est produite (en sortie du poste source ndlr) **car elle ne se stocke pas.** *Ref edf*

10. Fonctionnement sommaire du réseau électrique français. Ref G.JACQUINOT (A.L.P.E. 34)

- a. Le réseau électrique est composé :
- 1) D'un coté: **de consommateurs d'électricité** (les particuliers, les entreprises...)
 - 2) De l'autre coté: **de producteurs d'électricité** (barrages hydroélectriques, centrales nucléaires etc ...).
 - 3) Des **liaisons électriques** reliant l'ensemble...
 - 4) Enfin, **un dispositif automatique et manuel, régule le réseau électrique en tension et en fréquence** de façon extrêmement rigoureuse, sous la responsabilité des ingénieurs gestionnaires de réseau du CNES (Centre National d'Exploitation du Système) de RTE .
- b. Le réseau est caractérisé par **deux paramètres critiques à maintenir en permanence dans d'étroites limites**
- 1) **La fréquence : f**
 - Correspond à **l'indispensable équilibre instantané** (la Production doit égaler la Consommation)
 - Paramètre global (**partout la même dans un réseau synchrone interconnecté**)
 - **Fluctue en permanence autour de sa valeur nominale de 50 Hz en fonction des variations** de la consommation.
 - Mais depuis l'injection dans les réseaux d'électricité éolienne (et photovoltaïque), variable et intermittente, les variations de cette dernière **s'ajoutent algébriquement à celles de la seule consommation**
 - Mais f doit malgré tout rester dans les mêmes limites strictes ($50 \text{ Hz} \pm 1 \%$) **pour la sécurité des réseaux et le bon fonctionnement des machines de production et des récepteurs des consommateurs**
 - Au-delà il y a des risques de **délestages incontrôlés très élevés** et de « Black-out » possible...
 - 2) **La tension : U**
 - l'autre paramètre critique caractérisant le réseau n'est plus global mais **géographique (local et/ou régional)**
 - **Fixe le sens des courants**
 - Plage admissible de fonctionnement + large : **$\pm 5 \%$** pouvant être exceptionnellement portée à $\pm 10 \%$ pendant quelques minutes.
 - **MAIS : l'introduction prioritaire d'électricité d'origine éolienne variable et intermittente change la donne:**
 - ♦ rend l'équilibrage **plus difficile et plus complexe**
 - ♦ introduit une **variabilité aléatoire dans la production d'électricité qui doit être compensée par différents moyens**
- c. Ainsi, on a **chez les particuliers une électricité dont la tension est de 240 volts à une fréquence de 50 Hertz**. Cette tension et cette fréquence ne doivent pas varier car tous les appareils (électroménager, outillage, informatique...) ont été conçus pour fonctionner sur cette tension et cette fréquence. **Faire bouger l'un ou l'autre diminue leur durée de vie ou peut les détruire.**
- d. **Le principe de fonctionnement** est le suivant :
- e. EDF prévoit une courbe de consommation devant laquelle il met des centrales dont **l'objectif sera de fournir rigoureusement la même puissance de production que la puissance de consommation.**

- c. Le CNES met à disposition en permanence, selon les besoins des consommateurs, **une quantité de puissance de production nécessaire afin qu'il y ait toujours une adéquation (égalité) parfaite avec la puissance de consommation.**
- d. **C'est donc la consommation finale qui « pilote » la production** pour obtenir cette adéquation.
- e. Toute variation de puissance entre les producteurs et les consommateurs **déstabilise le réseau** qui se trouve en « sur » ou « sous » production **entraînant obligatoirement une variation dommageable de la fréquence.** Cette variation autour du 50 Hz **va enclencher le processus de régulation qui va rajouter ou enlever plus ou moins de puissance de production pilotable** afin de corriger et retrouver une adéquation parfaite.
- f. Lorsque l'éolien se met à produire, le réseau considère que la consommation baisse.
- g. Lorsqu'il s'arrête de produire, le réseau considère que la consommation augmente.
- h. Dans la réalité, **la puissance délivrée d'une éolienne varie quasi en permanence entre un mini et un maxi,** de façon chaotique (+ de 75% du temps). **L'ajustement est donc en permanence activé pour corriger ces variations** afin de ne pas perturber le réseau.
- i. Il n'y a pas d'autres façons de traiter l'apport éolien du fait qu' **EDF est obligé par contrat d'acheter prioritairement l'énergie éolienne au premier KWh produit.** Cette énergie arrive sur le réseau de façon aléatoire et imprévisible, mais surtout, **on ne peut en connaître à l'avance précisément l'apport en puissances de production.**
- j. Les régulations des centrales de production, nucléaires, THF (thermique à flamme) et Hydrauliques dotées de régulations qui leur sont propres, **permettent de réguler une puissance de l'ordre de 3% de leur puissance nominale,** selon la demande.
- k. **Les éoliennes sont dépourvues de ce réglage** puisque essentiellement, on régule la puissance motrice d'entraînement de l'alternateur, donc, cela reviendrait à pouvoir agir sur la vitesse du vent !!.
- l. Si ce premier réglage fréquence - puissance se révèle insuffisant pour rétablir une fréquence de 50 Hz, le gestionnaire devra **faire appel à l'ensemble des centrales pilotables classiques.** Dans cette situation, il ne reste donc plus à l'opérateur réseau (CNES) :
 - 1) Si on est en manque de producteur par fréquence trop basse, qu'à **redémarrer un ou plusieurs autres groupes (tranches ou centrales).**
 - 2) Si on est en excédant de producteur par fréquence trop haute, qu'à **arrêter un ou plusieurs groupes (tranches ou centrales).**
- p. En cas d'épuisement des réserves, si on ne fait rien, on a de grandes chances d'atteindre les seuils de sécurité en fréquence ou tension et d'ouvrir les disjoncteurs pour protéger le réseau. Autrement dit : **on prend le risque de black-out !**
- q. L'éolien est évidemment exclu d'une telle procédure d'équilibrage qui requiert une disponibilité permanente et une grande fiabilité. **L'éolien n'est donc pas substituable aux groupes qui permettent le réglage du réseau.** Ce qui, très clairement, suppose que si on continue à installer de l'éolien, **il va arriver un moment où l'ajustement n'aura plus de réserves pour réguler. Cet ajustement ne pourra se faire qu'en coupant l'électricité aux usagers.**
- r. **Plus les éoliennes injectent d'une façon incontrôlable de la puissance dans le grand réseau électrique et plus les centrales classiques pilotables qui produisent de la puissance réactive doivent compenser.**
- s. Il est évident que, plus on rajoutera de producteurs intermittents comme l'éolien ou le photovoltaïque et **plus on sera amené à frôler les limites** de ces réglages.
- t. Mise en oeuvre à grande de échelle (plan Borne /Panier dans le PPE 2020), **un pourcentage important d'éoliennes conduirait à des instabilités/déséquilibre du réseau qui deviendrait non gérables.** Ref Jacques Fauconnier

- u. Le gestionnaire de réseau ne peut compter dans ses prévisions que sur la puissance «garantie». Pour l'éolien, elle est **limitée à environ seulement 5% de sa Puissance nominale (Pn)**. Une puissance **pilotable de secours très importante est donc requise**. Ref étude d'Hubert Flocard et Jean-Pierre Pervès (voir § 13.2 ci -après)
- v. Ce sont **surtout les centrales fossiles qui sont mises en marche pour compléter la production**. Notons qu'elles ne pourront plus servir dans les scénarios 2050 à émissions de CO2 réduites
- w. A ces difficultés **s'ajoutent** : *ref Georges Sapy Supélec 1970, membre de la SFEN, de Sauvons Le Climat et de PNC-France*
 - 1) Une incertitudes majeures concernant la capacité des onduleurs « formant » **le réseau à fonctionner en grand nombre en parallèle, de façon stable et sûre**.
 - 2) La **difficile cyber-protection des fonctions internes informatisées des onduleurs** formant le réseau et de leurs très nombreuses liaisons informatisées de contrôle-commande à longue distance
 - 3) Une **nouvelle vulnérabilité**/couplages électromagnétiques à haute énergie des alternateurs
 - 4) Imaginer faire fonctionner des réseaux « formés » par des onduleurs est un pari très risqué... : « Quatre ensembles de conditions techniques strictes devront être remplies pour permettre, avec une sécurité d'approvisionnement assurée, l'intégration d'une proportion très élevée d'énergies renouvelables variables dans un système électrique de grande échelle, comme celui de la France. **Il n'existe actuellement aucune démonstration de la faisabilité d'une intégration très poussée d'EnRi variables comme l'éolien** et le photovoltaïque sur un grand système électrique » *ref étude commune AIE-RTE publiée le 27 janvier 2021.*

**Sans que vous puissiez intervenir,
votre signature offre
le libre choix des emplacements et du modèle des machines.**

**Votre autorisation de survol déterminera l'envergure des machines
Et par conséquence, leur hauteur et leur puissance nominale.**

Votre refus interdira tout

Cette fiche offre un contenu réutilisable, argumentée et vérifiable qui se veut la plus objective possible.

Néanmoins, le rédacteur bénévole peut commettre des oublis ou des erreurs involontaires.

Chaque lecteur peut alors nous le faire savoir pour actualiser le contenu
en respectant les règles de vérifiabilité et de convivialité.



asso.bne@gmail.com

adhérente à

Fédération Environnement Durable

Association reconnue d'intérêt général