

Energies renouvelables

S5: L'énergie Eolienne

Niveau: Master I Construction mécanique



Descriptif d'une éolienne

Descriptif d'une éolienne

- L'énergie éolienne est l'énergie du vent et plus spécifiquement, l'énergie directement tirée du vent au moyen d'un dispositif aérogénérateur comme une éolienne ou un moulin à vent.



Descriptif d'une éolienne

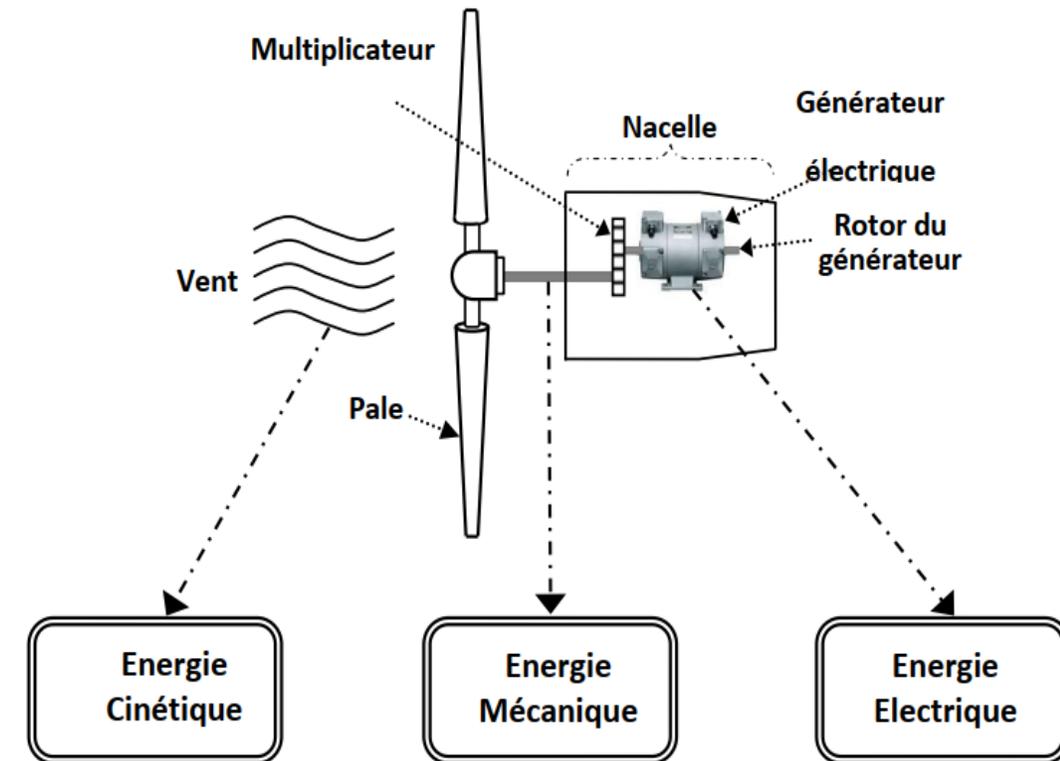
- L'énergie éolienne peut être utilisée de trois manières :
 - **Conservation de l'énergie mécanique** : le vent est utilisé pour:
 - ✓ faire avancer un véhicule (navire à voile ou char à voile),
 - ✓ pomper de l'eau (moulins de Majorque, éoliennes de pompage pour irriguer ou abreuver le bétail)
 - ✓ pour faire tourner la meule d'un moulin ;

Descriptif d'une éolienne

- **Transformation en force motrice:** (pompage de liquides, compression de fluides...) ;
- **Production d'énergie électrique:** l'éolienne est alors couplée à un générateur électrique pour fabriquer du courant continu ou alternatif. Le générateur est relié à un réseau électrique ou bien fonctionne au sein d'un système « autonome » avec un générateur d'appoint (un groupe électrogène) et/ou un parc de batteries ou un autre dispositif de stockage d'énergie.

Descriptif d'une éolienne

- Une éolienne est un dispositif qui transforme une partie de l'énergie cinétique du vent en énergie mécanique disponible sur un arbre de transmission puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'une génératrice.

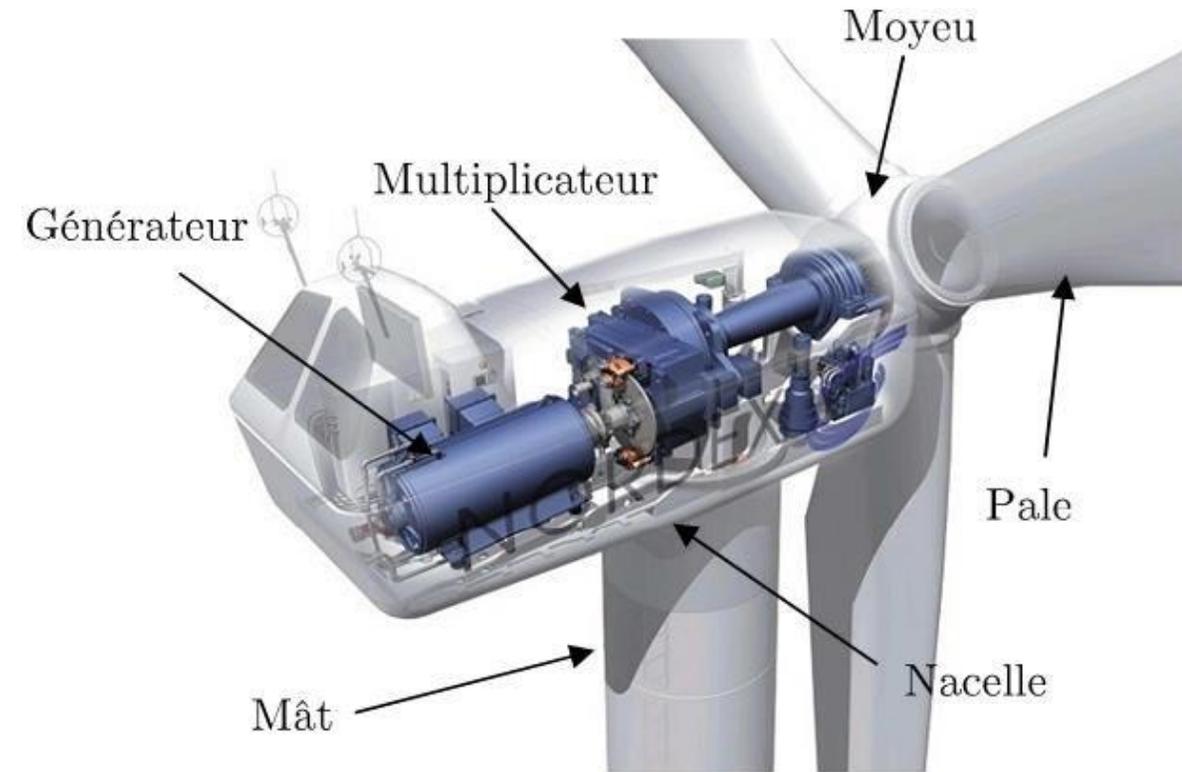
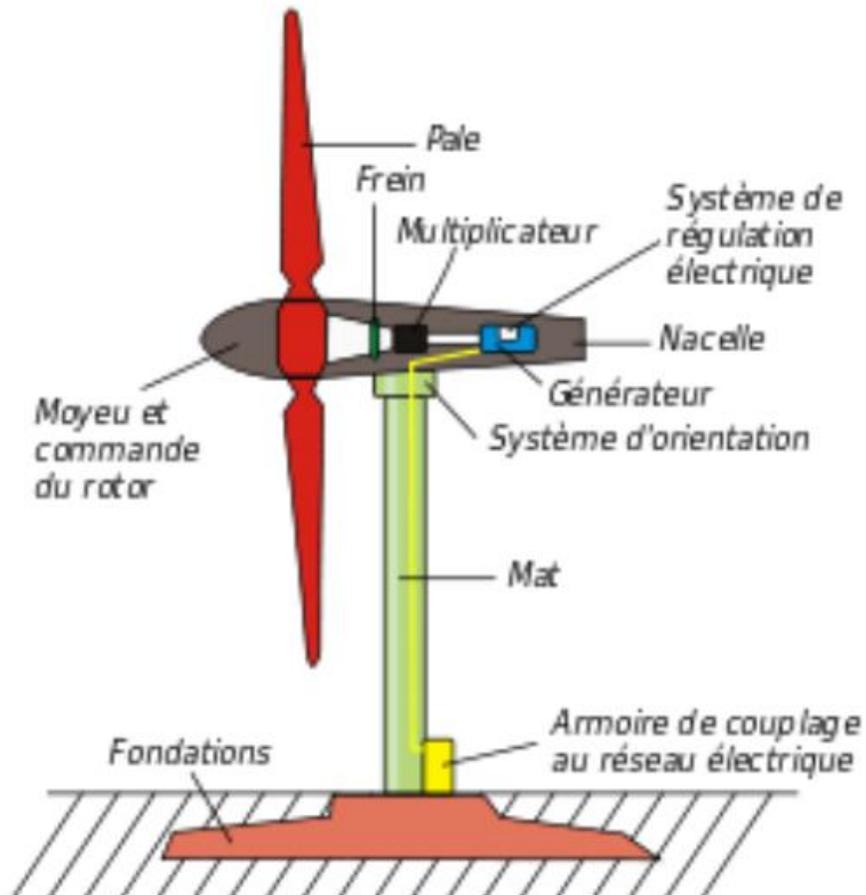




Principaux composants d'une éolienne

Principaux composants d'une éolienne

□ Une éolienne se compose essentiellement des éléments suivants :



Principaux composants d'une éolienne

□ *La tour (mât) :*

- ✓ Permet de placer le rotor à une hauteur suffisante pour permettre son mouvement ou placer ce rotor à une hauteur lui permettant d'être entraîné par un vent plus fort et régulier qu'au niveau du sol.
- ✓ Le mât abrite généralement une partie des composants électriques et électroniques (modulateur, commande, multiplicateur, générateur, etc.).

Principaux composants d'une éolienne

□ *La tour (mât) :*



Principaux composants d'une éolienne

□ *Le rotor*

- ✓ Partie rotative de l'éolienne placée en hauteur afin de capter des vents forts et réguliers. Il est composé de plusieurs pales (en général trois) en matériau composite qui sont mises en mouvement par l'énergie cinétique du vent. Reliées par un moyeu. Il est branché directement ou indirectement (via un multiplicateur de vitesse à engrenages) au système mécanique qui utilisera l'énergie recueillie (pompe, générateur électrique...).

Principaux composants d'une éolienne

□ *La nacelle*

- ✓ Montée au sommet de la tour : composée d'un carter ou bâti qui enveloppe, protège et relie entre elles l'ensemble des éléments mécaniques permettant de coupler le rotor éolien au générateur électrique : arbres lent et rapide, roulements, multiplicateur.

Principaux composants d'une éolienne

□ *Le moyeu*

- ✓ Un moyeu qui supporte les pales. Lorsqu'elles sont à pas variable, il comporte un mécanisme permettant de faire varier l'angle d'attaque simultanément. On peut également devoir ajuster l'angle des pales fixes, aussi on prévoit toujours une façon de corriger l'installation des pales.

Principaux composants d'une éolienne

- **Le générateur électrique**
- Un générateur électrique permettant de transformer l'énergie mécanique en énergie électrique qui peut être :
 - ✓ Directement couplé à l'aéromoteur : dans le cas le plus simple, l'hélice est montée directement sur l'axe du générateur électrique (génératrice synchrone) ;
 - ✓ Entraîné par un multiplicateur placé entre l'aéromoteur et le générateur électrique (génératrice asynchrone).

Principaux composants d'une éolienne

□ *Un système d'orientation*

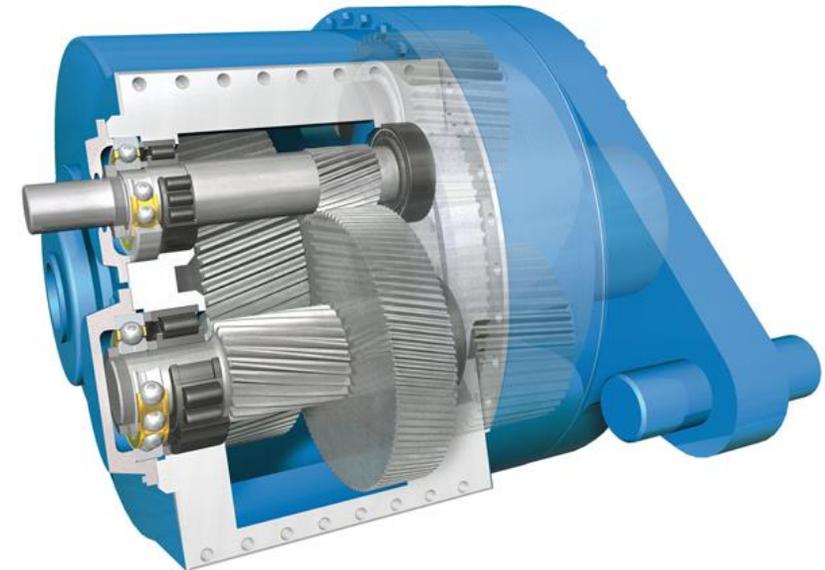
- ✓ Il permet à la machine de présenter le rotor au vent quelle que soit sa direction. L'énergie électrique produite est transmise de la partie orientable à la partie fixe de l'aérogénérateur, solidaire du pylône support, par l'intermédiaire d'un dispositif à collecteur associé au pivot ou d'un câble souple qu'il faut détorsader périodiquement.



Principaux composants d'une éolienne

□ *Un multiplicateur*

- ✓ Permet de transformer la rotation lente de l'arbre principal en une rotation plus rapide grâce à un système d'engrenages. La vitesse de rotation passe ainsi de 60 tours/minute à environ 1500 tours/minute.



Principaux composants d'une éolienne

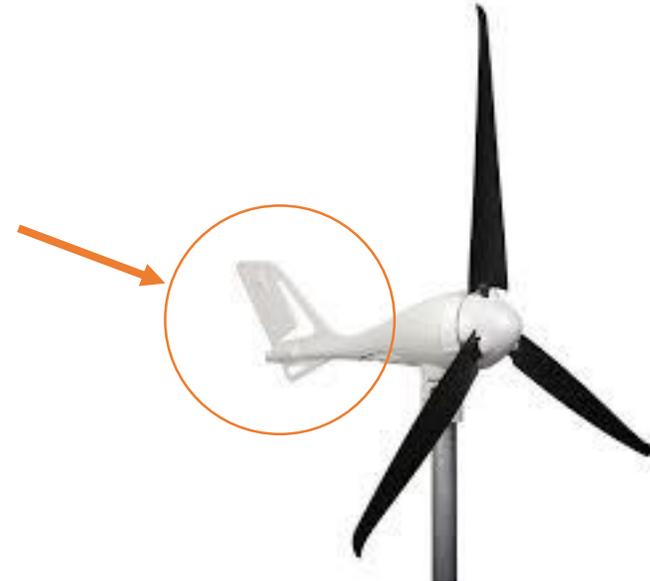
□ *Un arbre*

- ✓ Dit arbre lent entre le rotor et la boîte de vitesse et arbre rapide entre le multiplicateur et la génératrice. C'est une pièce imposante car elle subit des efforts élevés. Pour les éoliennes sans boîte de vitesse (synchrones), il n'y a qu'un arbre unique.

Principaux composants d'une éolienne

□ *Un gouvernail*

- ✓ Pour les petites machines, dans le cas où l'hélice de la machine fonctionne "au vent" ou des moteurs associés à une girouette et destinés à maintenir la machine face au vent.



Principaux composants d'une éolienne

□ *Un groupe hydraulique*

- ✓ Qui permet l'orientation des pales et de la nacelle ainsi que le pilotage des freins aérodynamiques.

□ *Un frein à disque*

- ✓ Placé sur l'arbre rapide permet l'immobilisation du rotor lors de la maintenance et palier à une défaillance éventuelle du frein aérodynamique.

Principaux composants d'une éolienne

□ *Armoire de couplage*

- ✓ Qui transforme l'énergie produite par l'éolienne pour l'injecter dans le réseau de distribution ou charge.

□ *Une girouette et un anémomètre*

- ✓ Situés sur la nacelle fournissent les informations nécessaires pour orienter correctement l'éolienne de façon automatique..





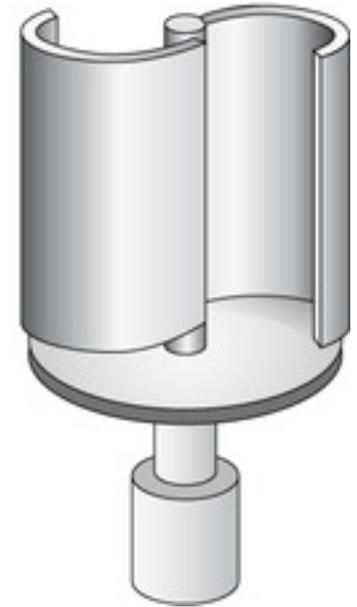
Les différents types d'éoliennes

Les différents types d'éoliennes

- ❑ Il existe deux types des aérogénérateurs ; les aérogénérateurs à axe vertical et aérogénérateurs à axe horizontal.
- ❑ ***L'éolienne à axe vertical***
 - ✓ Ce type d'éolienne se distingue par un axe de rotation vertical par rapport au sol et perpendiculaire à la direction du vent. On peut distinguer deux types la Savonius et Darrieus.

Les différents types d'éoliennes

- ❑ La Savonius est constituée de plusieurs godets demi-cylindriques légèrement désaxés. L'éolienne démarre à de faibles vitesses de vent et présente un couple élevé (variant de façon sinusoïdale au cours de la rotation).



Les différents types d'éoliennes

❑ La Savonius présente les avantages et les inconvénients suivants.

❑ **Avantage**

- ✓ Peu bruyant.
- ✓ Pas de dispositifs d'orientation
- ✓ Possibilité de placer toute la machinerie dans un local sous terre, réduction de
- ✓ L'encombrement et maintenance facilitée.
- ✓ Démarrage à vents faibles

Les différents types d'éoliennes

❑ La Savonius présente les avantages et les inconvénients suivants.

❑ ***Inconvénients***

- ✓ Couple non constant ;
- ✓ Faible rendement ;
- ✓ Masse importante de l'installation et des pâles

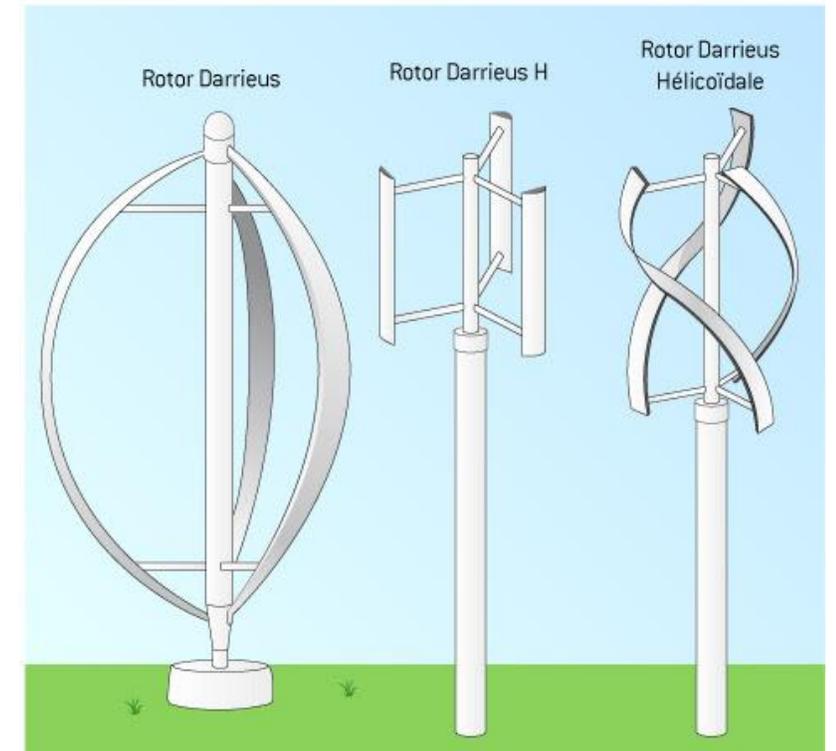
Les différents types d'éoliennes

□ Dans le cas de l'aérogénérateur de type Darrieus

□ **Avantage**

- ✓ Pas de dispositifs d'orientation ;
- ✓ Possibilité de placer toute la machinerie dans un local sous terre : réduction de ;
- ✓ L'encombrement et maintenance facilitée.

Eolienne Darrieus



Les différents types d'éoliennes

❑ Dans le cas de l'aérogénérateur de type Darrieus

❑ ***Inconvénients***

- ✓ Nécessité d'un dispositif de lancement moteur auxiliaire ou génératrice réversible ce qui implique un niveau de bruit supplémentaire.
- ✓ Surcoût de fabrication des pales.

Les différents types d'éoliennes

□ *L'éolienne à axe horizontal*

- ✓ Ces éoliennes sont basées sur la technologie ancestrale des moulins à vent. Elles sont constituées de plusieurs pales profilées aérodynamiquement à la manière des ailes d'avion.



Les différents types d'éoliennes

□ *L'éolienne à axe horizontal*

□ *Avantage*

- ✓ Vitesse variable, ce qui implique production surfacique plus élevé.
- ✓ Bon rendement ;
- ✓ De structure stable.

Les différents types d'éoliennes

□ *L'éolienne à axe horizontal*

□ *Inconvénients*

- ✓ Système de guidage pour un fonctionnement face au vent
- ✓ Bruyants, peu esthétiques ;
- ✓ Vitesse de rotation assez faible (~qq 10 tr/min)
- ✓ Multiplicateur lourd, encombrant, parfois bruyant pour atteindre les 1500 tr/min nécessaires pour produire un courant à 50 Hz.



Systeme de régulation et de protection de l'éolienne

Systeme de régulation et de protection de l'éolienne

- ❑ C'est un élément essentiel de la survie d'une éolienne, afin d'éviter la destruction de l'aéromoteur lorsque le vent est trop violent.
- ❑ Il est nécessaire d'équiper l'éolienne d'un système (systèmes de freinage) permettant de diminuer les contraintes mécaniques sur la machine en cas de survitesse du rotor.

Systeme de régulation et de protection de l'éolienne

□ *Systeme de freinage manuel*

- C'est le moyen le plus simple pour éviter la destruction d'une machine, lorsque le vent atteint une certaine vitesse:
 - ✓ À l'aide d'un frein ;
 - ✓ En changeant l'orientation de l'hélice : l'hélice est placée parallèlement au vent ;
 - ✓ En modifiant le calage des pales afin d'obtenir un couple moteur nul.

Systeme de régulation et de protection de l'éolienne

□ *Systeme de freinage automatique*

a. Systeme de freinage mécanique: Il existe deux systemes:

- **Le gouvernail articulé:** lorsque le vent dépasse une limite déterminée, le gouvernail de l'éolienne pivote pour se mettre parallèle au vent (en drapeau) et ainsi arrêter sa vitesse.
- **Le basculement :** le rotor, au-delà d'une certaine vitesse de vent, bascule en arrière (systeme de ressort, calibré pour se détendre au-delà d'une certaine force).

Systeme de régulation et de protection de l'éolienne

b. Systeme de régulation aérodynamique

- Le principe est de modifier l'angle des pales par rapport au vent de manière à diminuer la vitesse de rotation des pales par une moindre prise au vent et le jeu des turbulences.

Systeme de régulation et de protection de l'éolienne

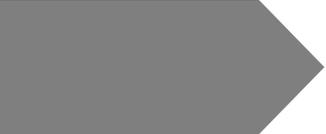
c. Arrêt par frein à disque automatique

- ✓ Un détecteur de vitesse déclenche, à un certain seuil prédéterminé.
- ✓ Un mécanisme automatique d'arrêt complet de l'éolienne.
- ✓ Lorsque le vent baisse d'intensité, le frein est relâché et l'éolienne est de nouveau libérée.
- ✓ Ces arrêts peuvent aussi être déclenchés lorsque l'automate détecte un problème de réseau.

Systeme de régulation et de protection de l'éolienne

d. Régulation active par décrochage aérodynamique

- ✓ Aussi appelé “active stall”, ce système est utilisé pour les éoliennes de fortes puissances, il utilise les atouts de la régulation passive et de la régulation active afin de contrôler de manière plus précise la production d'électricité.



Avantages et inconvénients

Avantages et inconvénients

□ *Les avantages*

- ✓ Une source d'énergie renouvelable et décarbonée;
- ✓ Une énergie qui peut se trouver presque partout sur la planète;
- ✓ Le terrain sous l'éolienne reste exploitable;
- ✓ Certaines éoliennes peuvent être adaptées à des milieux urbains;
- ✓ Des éoliennes pour les particuliers permettent de produire sa propre énergie.

Avantages et inconvénients

❑ *Les inconvénients*

- ✓ Le vent n'est pas une source d'énergie constante → Pas de vent, pas de production d'électricité.
- ✓ L'énergie éolienne doit toujours ou presque être associée à une autre source d'énergie.
- ✓ Certaines éoliennes sont bruyantes.
- ✓ Tout le monde n'apprécie pas la vue d'une éolienne dans le paysage.

Avantages et inconvénients

❑ *Les inconvénients*

- ✓ Les éoliennes peuvent être dangereuses pour la faune sauvage (notamment les oiseaux)
- ✓ Implanter massivement des éoliennes est compliqué puisque les zones intéressantes sont limitées.
- ✓ Les éoliennes offshore peuvent être des territoires de pêche ou de plaisance.
- ✓ Les coûts pour les particuliers qui veulent installer une éolienne restent importants.



A suivre...