

Chapitre 5 : Energie renouvelable ; photovoltaïque et éolienne

Introduction :

Les énergies renouvelables sont connues comme des technologies qui permettent de produire de l'électricité ou de la chaleur à partir de sources renouvelables. On qualifie les énergies renouvelables « d'énergies flux » par opposition aux « énergies stock » constituées de gisements limités de combustibles fossiles : pétrole, charbon gaz, uranium⁷⁵. En effet, la politique énergétique actuelle veille à concilier deux exigences :

- La satisfaction des besoins énergétiques liés au développement économique et social.
- La protection de l'environnement et la préservation des ressources naturelles.

Dans ce chapitre, il sera question de mettre en avant deux dispositifs de production électrique faisant appel aux énergies renouvelable : le photovoltaïque et l'éolien.

I. Le photovoltaïque pour la production électrique :

Le terme « photovoltaïque » souvent abrégé par le sigle « PV », a été formé à partir des mots « photo » un mot grec signifiant lumière et « Volta » le nom du physicien italien Alessandro Volta qui a inventé la pile électrochimique en 1800. L'effet photovoltaïque est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité. Il a été découvert par Alexandre Edmond Becquerel en 1839⁷⁶.

I.1.Principe du système photovoltaïque :

Principe de l'énergie solaire photovoltaïque : transformer le rayonnement solaire en électricité à l'aide d'une cellule photovoltaïque⁷⁷.

- La lumière solaire entre par la surface des modules photovoltaïques, où elle est convertie en énergie électrique de courant continu (générateur photovoltaïque).
- Cette énergie est collectée et conduite au système de régulation de charge (régulateur) dont la fonction est d'envoyer cette énergie de manière totale ou partielle au système de cumul (batterie).
- L'énergie est stockée avec la précaution de ne pas excéder les limites de surcharge et de décharge profondes. (L'énergie stockée est utilisée pour le ravitaillement des charges pendant la nuit, en jours de

⁷⁵ Geitmann S., Energie renouvelables et carburants alternatifs, de nouvelles énergies pour l'avenir, Hydrogeit-Verlag, 2007

⁷⁶Le Comité des Experts, Solaire photovoltaïque, Connaissance des énergies, 2017, <https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/solaire-photovoltaique>

⁷⁷ Idem

faible ensoleillement ou lorsque le système photovoltaïque est incapable de satisfaire la demande lui-même)⁷⁸.

- Quand les charges à alimenter sont de courant continu, elles s'alimentent de manière directe.
- Quand les charges sont de courant alternatif, l'énergie s'envoie à un inverseur de courant où elle est convertie en courant alternatif (onduleur).

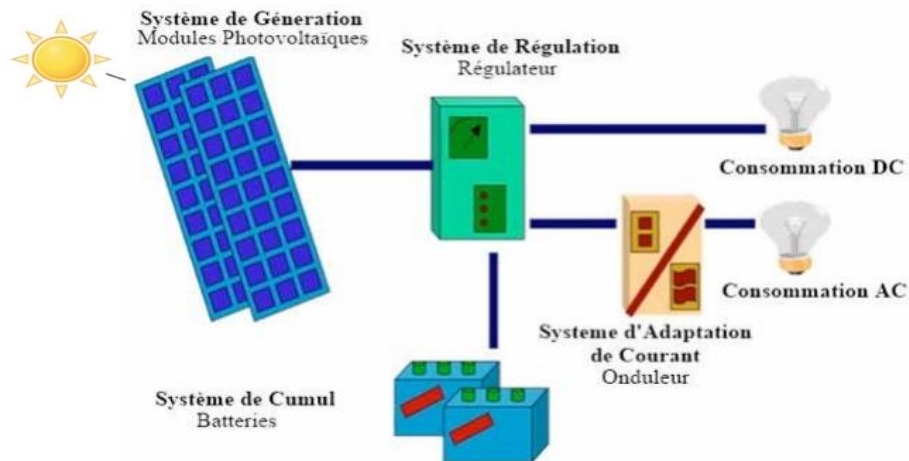


Figure V.1. *Éléments d'un système solaire photovoltaïque*
Source : Fondation ICAI⁷⁹

I.2. Les composantes du système photovoltaïque :

a. Générateur photovoltaïque :

- La Cellule photovoltaïque :

Constitue l'élément de base des panneaux solaires photovoltaïques. Il s'agit d'un dispositif semi-conducteur à base de silicium délivrant une tension de l'ordre de 0,5 à 0,6 V.

Les cellules solaires sont recouvertes d'une couche antireflet qui protège la cellule et réduit les pertes par réflexion. C'est une couche qui donne aux cellules solaires leur aspect bleu foncé.

- Module solaire ou photovoltaïque

C'est une mise en série des cellules photovoltaïques. Le but c'est obtenir une tension plus importante "le module solaire" ou "panneau photovoltaïque". Un panneau photovoltaïque permet d'obtenir une

⁷⁸ Fondation ICAI, Manuel de formation pour l'Installation et la Maintenance de petits systèmes photovoltaïques
https://unmundosalvadorsoler.org/_Files/foro/Manuel%20Pratique%20de%20petits%20syste%CC%80mes%20photovoltai%CC%88ques.pdf

⁷⁹Idem

tension de 12 volts. La puissance est en fonction de sa surface, c'est à dire du nombre de cellules photovoltaïques.

La puissance maximale délivrée par un module dans les conditions optimales (orientation, inclinaison, ensoleillement,) est appelée la puissance crête. Un module de 1 m² produit 100 Wc (watt crête).

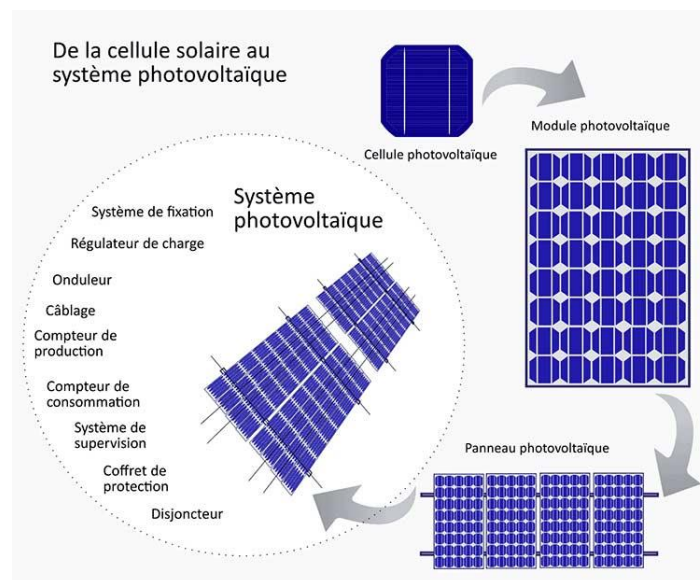


Figure V.2. Module photovoltaïque
Source : Mypower.engie⁸⁰

b. Régulateur :

Il implique une vigilance continue pour éviter les surcharges et les décharges profondes que la batterie peut produire.

c. Batterie

La batterie a pour fonction le stockage d'une partie de l'énergie produite par les panneaux. Cette énergie stockée est utilisée pour le ravitaillement des charges pendant la nuit, en jours de faible ensoleillement ou lorsque le système photovoltaïque est incapable de satisfaire la demande lui-même. Quand les charges à alimenter sont de courant continu, elles s'alimentent de manière directe.

- **La surcharge** : La batterie atteint sa pleine capacité de charge. Si elle continue à recevoir de l'énergie, l'eau de la dissolution commence à se décomposer, en produisant de l'oxygène et de l'hydrogène (processus de gazéification).
- **La sur décharge** : Il existe aussi une limite pour le processus de décharge, après lequel la batterie se détériore notamment.

⁸⁰Mypower.engie, Installation de panneau solaire : 8 schémas pour tout expliquer, 2023
<https://mypower.engie.fr/conseils/panneaux-solaires/panneau-solaire-photovoltaïque/schema-panneau-photovoltaïque.html>

d. Onduleur :

Les systèmes solaires produisent de l'énergie électrique en courant continu mais beaucoup d'électrodomestiques et de récepteurs fonctionnent avec le courant alternatif.

L'onduleur permet de convertir le courant continu produit par les panneaux photovoltaïques en courant alternatif identique à celui du réseau électrique.

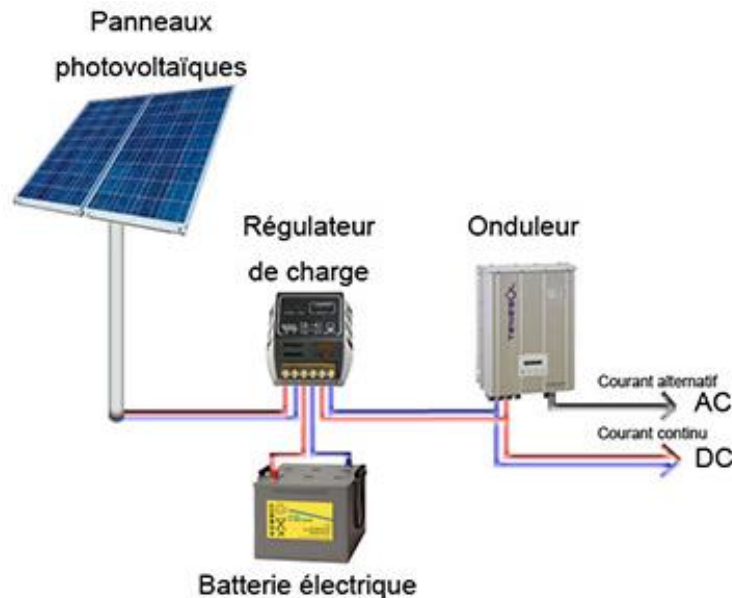


Figure V.3. Éléments d'un système solaire photovoltaïque
Source : Somabe⁸¹

I.3. Types d'installations photovoltaïques :

Il existe deux types d'installation : les installations sur site isolé et les installations raccordée au réseau de distribution public.

a. Les installations sur site isolé :

Ce type de montage est adapté aux installations ne pouvant être raccordées au réseau. L'énergie produite doit être directement consommée et/ou stockée dans des accumulateurs pour permettre de répondre à la totalité des besoins.

Ce type d'installation peut être autonome ou hybride associé avec un groupe électrogène comme le montre la figure.71.

⁸¹ Somabe, Photovoltaïque Pour Site Isolé, <https://somabe.com.tn/nos-services/photovoltaique-pour-site-isole/>

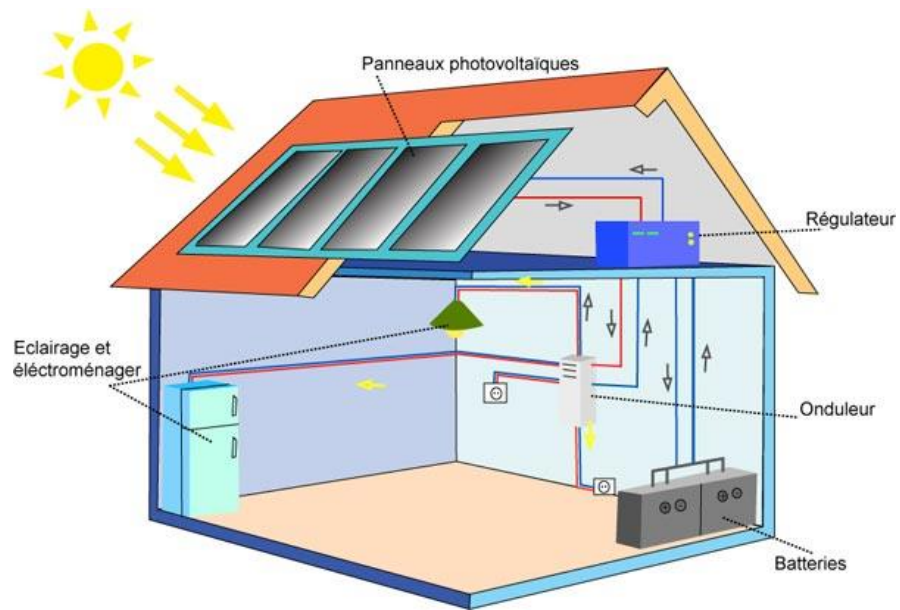


Figure V.4. Installations sur site isolé
Source : Somabe⁸²

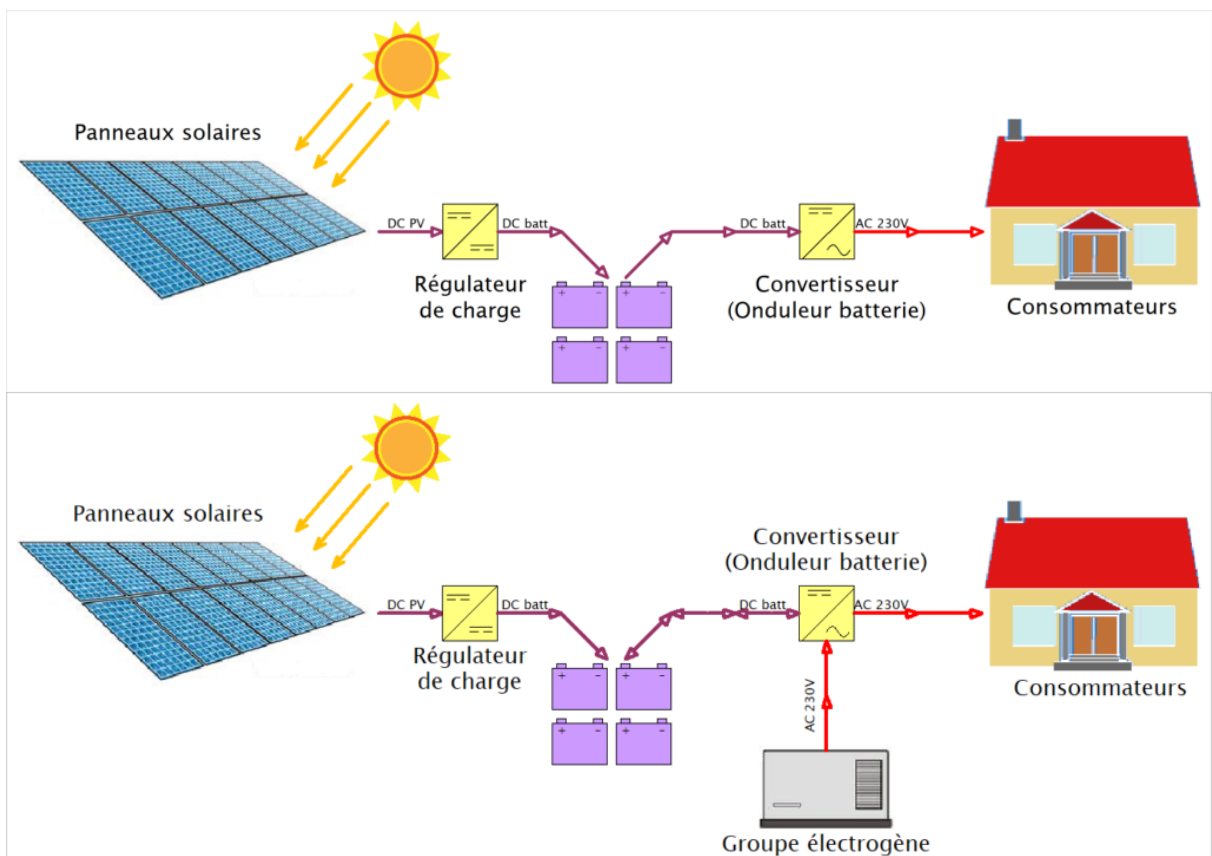


Figure V.5 : Installations sur site isolé autonome et hybride
Source : solaire-offgrid⁸³

⁸² Idem

⁸³ Solaire-offgrid, Les différentes architectures du solaire photovoltaïque,
<http://www.solaire-offgrid.com/le-solaire-et-ses-applications/architectures-solaire-photovoltaïque/>

b. Les installations raccordées au réseau de distribution public :

- Installation avec injection totale :

Toute l'énergie électrique produite par les capteurs photovoltaïques est envoyée pour être revendue sur le réseau de distribution.

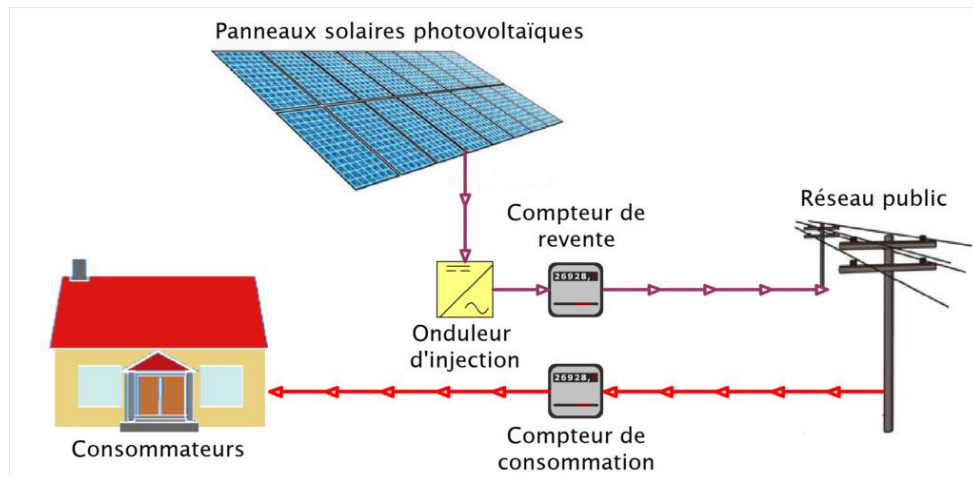


Figure V.6. Installation avec injection totale
Source : solaire-offgrid⁸⁴

- Installation avec injection de surplus (partielle) :

Cette solution est réalisée avec le raccordement au réseau public en un point : l'utilisateur consomme l'énergie qu'il produit avec le système solaire et l'excédent est injecté dans le réseau.

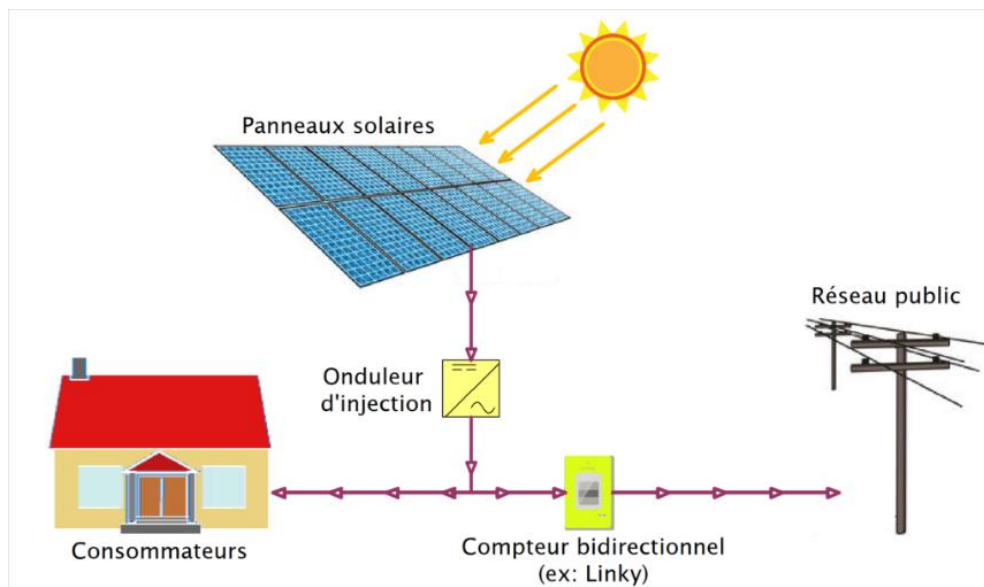


Figure V.7. Installation avec injection partielle
Source : solaire-offgrid⁸⁵

⁸⁴ Idem

⁸⁵ Idem

- Installation avec consommation hybride :

Cette solution est réalisée avec le raccordement au réseau public en un point : l'utilisateur consomme l'énergie qu'il produit avec le système solaire. Quand la production photovoltaïque est insuffisante, le réseau fournit l'énergie nécessaire. Ce système peut être doté d'une batterie pour gérer l'énergie.

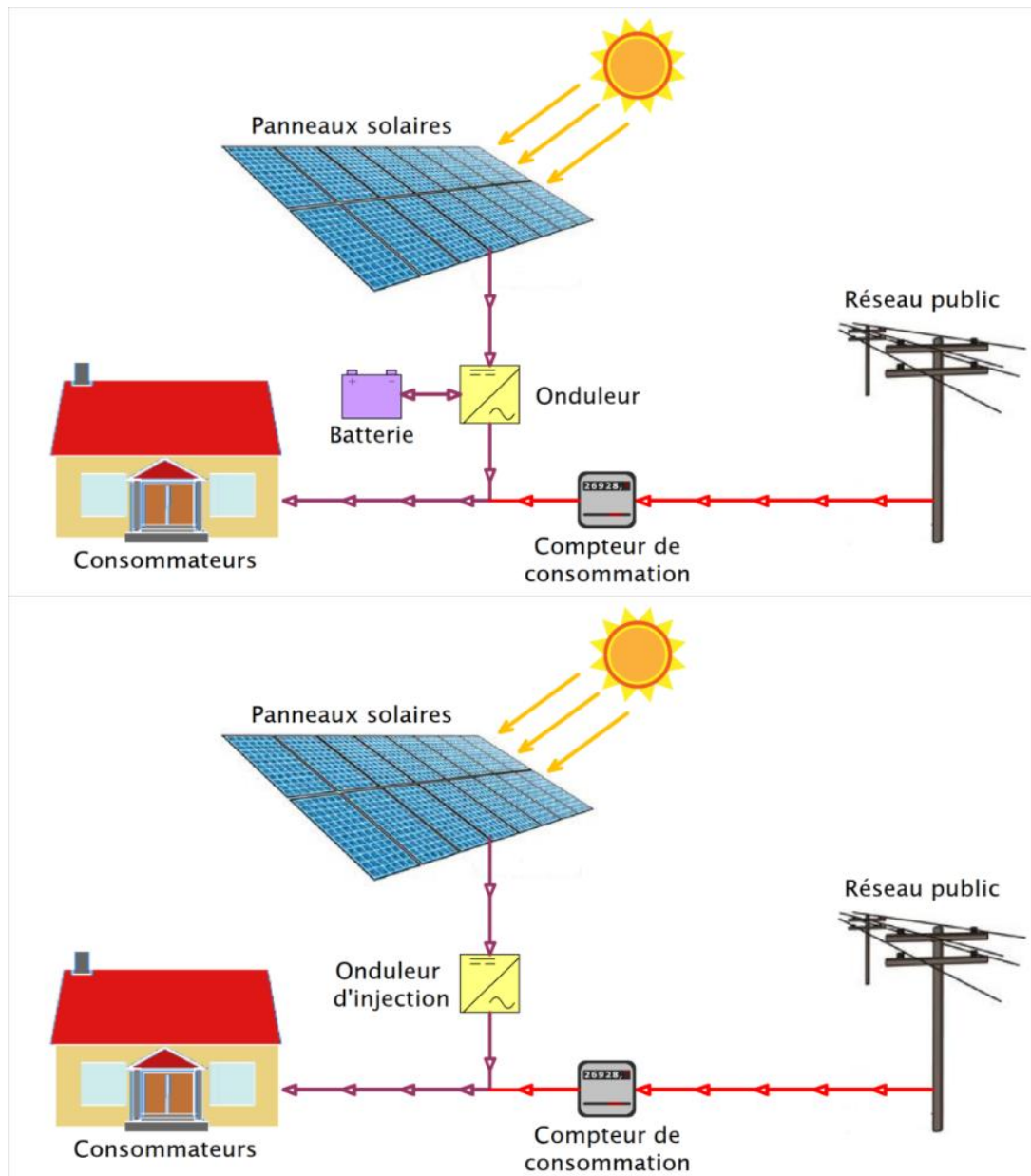


Figure V.8. Installation à consommation hybride (avec stockage et sans stockage)

Source : solaire-offgrid⁸⁶

⁸⁶ Idem

I.4. Paramètres influençant un système photovoltaïque :

Un système photovoltaïque fait appel à quelques paramètres pour assurer sa performance : l'inclinaison de toiture, de son orientation, de la surface disponible, de l'ombrage, de consommation, de l'isolation... Ensuite, la qualité des matériaux utilisés est importante, le rendement des panneaux et l'efficacité de l'onduleur dépendant des marques et des technologies utilisées par les fabricants.

- L'orientation des modules :

La localisation de l'installation sur le toit est très importante. Idéalement, elle doit être orientée (à nos latitudes) plein sud, avec un angle d'inclinaison de 35°.

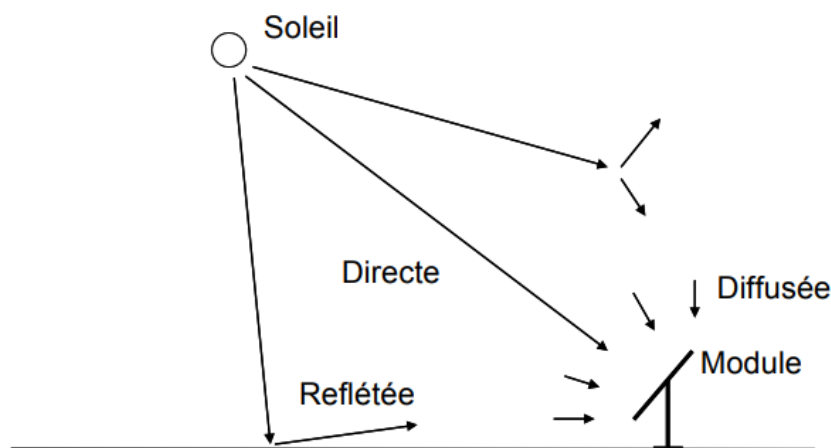


Figure V.9. Orientation des modules photovoltaïques
Source : Fondation ICAI⁸⁷

- L'inclinaison des modules :

L'inclinaison correspond à la pente du module par rapport à l'horizontale. Elle se mesure en ° :

- Une inclinaison de 0° signifie que le module est à plat.
- Une inclinaison de 90° signifie que le module est à la verticale.

Pour produire un maximum d'électricité, un module photovoltaïque doit être incliné de façon perpendiculaire aux rayons du soleil. Ceci est très généralement impossible à obtenir car la position du soleil varie en fonction de l'heure de la journée et aussi en fonction des saisons.

⁸⁷ Fondation ICAI, Manuel de formation pour l'Installation et la Maintenance de petits systèmes photovoltaïques, <https://unmundosalvadorsoler.org/Files/foro/Manuel%20Pratique%20de%20petits%20syste%CC%80mes%20photovolta%CC%88ques.pdf>

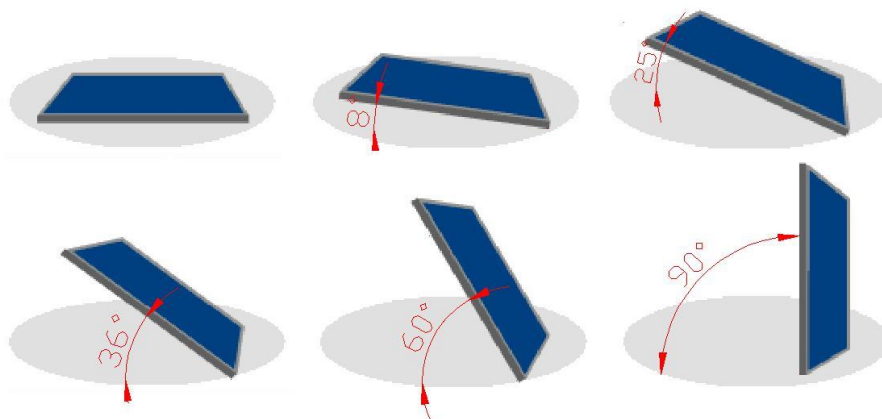


Figure V.10: Inclinaison des modules photovoltaïques
Source : GuidEnR Photovoltaïque ⁸⁸

I.5. Architecture solaire ; conjuguer technologie et esthétique :

Au fil du temps, la trajectoire du soleil est devenue une composante essentielle de l'architecture. Sous toutes latitudes. Dans son œuvre, Le Corbusier a porté à son zénith cette réflexion sur l'ensoleillement et la lumière. Mais aujourd'hui, les architectes peuvent capter les rayons solaires pour produire de l'énergie et fournir l'électricité nécessaire à la vie du bâtiment. Jusqu'à présent, ils étaient limités par les défauts des panneaux photovoltaïques – couleurs restreintes au noir et bleu foncé, reflets du soleil, cellules apparentes – mais des solutions alternatives révèlent une nouvelle esthétique de façade⁸⁹.

Le photovoltaïque intégré au bâtiment ou Building-Integrated Photovoltaics (BIPV) a radicalement changé le style, le design, des panneaux solaires. Dès lors, ceux-ci sont totalement intégrés dans l'architecture des bâtiments.

Avec la baisse des coûts et l'augmentation de son efficacité, la technologie solaire a atteint un certain niveau de maturité. Jusqu'ici, l'accent était placé sur l'efficacité énergétique lors de la réalisation d'installations photovoltaïques, laissant souvent au second plan les réflexions d'ordre esthétique. Ce n'est plus une fatalité : l'énergie solaire est désormais en mesure de conjuguer efficacité et esthétique. Grâce à une architecture moderne, les installations peuvent être harmonieuses sur le plan architectonique tout autant qu'efficaces.

⁸⁸ GuidEnR Photovoltaïque, Effet de l'inclinaison du champ photovoltaïque, http://www.photovoltaique.guidenr.fr/informations_techniques/conception-photovoltaïque-raccordee-reseau/effet-inclinaison.php

⁸⁹ Croset J.M., L'architecture solaire se dessine, 2018, <https://www.tdg.ch/larchitecture-solaire-se-dessine-165704572239>

Ce système présente un double avantage :

- Propose un design plus « doux », qui apporte un « plus » esthétique au bâtiment
- Permet de produire de l'énergie renouvelable

Le photovoltaïque se décline également sous plusieurs formes :

- Vitrages colorés,
- Panneaux, verrières,
- Tuiles solaires,
- Carports pour la voiture,

- Les vitrages colorés :

Les possibilités sont infinies, car des couleurs à base de nano-encre sont appliquées sur les cellules photovoltaïques. Imitation de la pierre, du bois, du marbre, les teintes des panneaux sont adaptables selon les souhaits des clients ou la couleur du matériau utilisé sur les façades.⁹⁰

Si un panneau solaire de 1,6 m² peut garantir de 125 à 140 watts crête (Wc) par mètre carré, les panneaux solaires colorés ont un rendement plus faible dû à la coloration des cellules. Leur position (verticale) peut également diminuer leur efficacité de l'ordre de 20 % à 25 %. De plus, si le blanc est une couleur esthétiquement intéressante, elle est également réfléchissante.

Cette nouvelle génération de panneaux solaires photovoltaïques modifie complètement l'approche architecturale avec un « habillage » qui joue avec les formes et les couleurs.



Figure V.11. Vitrage photovoltaïque coloré
Source : Lottie Limb & Emmy Arpin Alotto⁹¹

⁹⁰ Innovation24, Architecture et photovoltaïque : les nouveaux concepts,
<https://www.innovation24.news/2020/02/07/architecture-et-photovoltaïque-les-nouveaux-concepts/>

⁹¹ Limb L., Alotto E., Des panneaux solaires en déchets agricoles : de l'énergie sans lumière directe, Euronews, 2022,
<https://fr.euronews.com/green/2022/06/22/panneaux-solaires-fabriques-a-partir-de-residus-de-culture-de-lenergie-sans-lumiere-directe>

- Le toit solaire :

Les modules solaires sont le plus souvent installés sur des surfaces de toiture intactes préexistantes. Orientées Sud, les toitures solaires peuvent toutefois être fabriquées à partir de modules sans cadres (parfois appelés tuiles solaires) qui forment une surface étanche à l'eau et remplacent dès lors les tuiles. Dans le cadre d'une nouvelle construction ou d'un assainissement de toiture, cela permet d'économiser des matériaux aussi bien que du temps de montage.

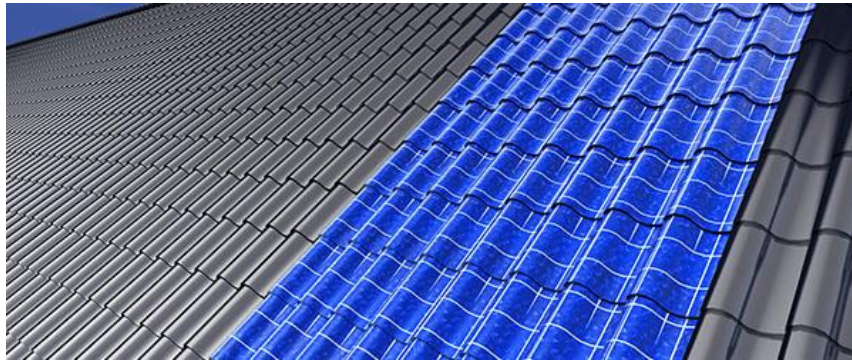


Figure V.12 : Tuiles solaires

Source : Allotoiture⁹²

- Les façades solaires :

Les façades solaires offrent la possibilité d'exploiter énergétiquement de grands pans de façade. Fortement inclinées ou verticales, elles présentent l'avantage de produire de l'énergie supplémentaire, principalement en hiver, soit durant la période de l'année où la consommation est la plus élevée. Orientées à l'est ou à l'ouest, elles produisent pour leur part plus d'énergie tôt ou tard dans la journée, équilibrant de la sorte la courbe de production.

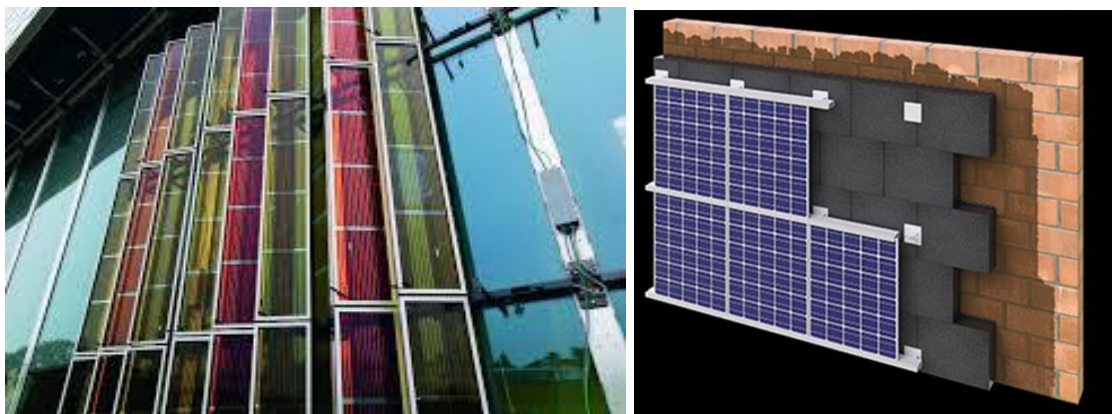


Figure V.13. Éléments d'un système solaire photovoltaïque

Source : foamglas⁹³

⁹²Allotoiture, Tuile photovoltaïque, <https://www.allotoiture.com/tuile-solaire-photovoltaïque/>

⁹³ foamglas , <https://www.foamglas.com/fr-ch/applications-et-solutions/facades/solar/b-f-solar>

- Balustrades de balcons :

Les balustrades de balcons présentent souvent des surfaces plus importantes qu'on ne le pense. Une balustrade de 1 mètre de haut et de 5 mètres de large permet de produire environ 25% la consommation électrique d'une famille. La pose d'une telle installation sur une maison existante est particulièrement aisée.



Figure V.14. Balustrade en photovoltaïque
Source : Solarmarkt⁹⁴

- Volets solaires coulissants :

Les volets peuvent aussi servir à la production de chaleur ou d'électricité solaire. Ils peuvent satisfaire dès lors deux fonctions simultanées : la protection des locaux intérieurs de la chaleur et de la lumière de même que la production d'énergie.



Figure V.15. Volets solaires
Source : Le moniteur⁹⁵

⁹⁴ Solarmarkt, <https://www.solarmarkt.ch/fr/services/pour-les-maitres-d-ouvrage/configurateur-d-abri-de-voitures>

⁹⁵ Le moniteur, <https://www.lemoniteur.fr/photo/une-facade-entierement-equipee-de-stores-photovoltaiques-mobiles.636189/facade.1>

- Carport :

Les couverts pour voitures ou les abris à vélos sont des supports idéals pour les modules solaires. Le courant produit, peut être utilisé sur place pour le chargement de voitures ou de vélos électriques.



Figure V.16. Carport
Source : particuliers⁹⁶

I.6.Critère de choix d'une installation solaire :

Les installations solaires doivent répondre à certains critères : économiques, efficacité énergétique, esthétique...

- Économique :

Cout et amortissement de l'installation par la vente de l'électricité.

- Production de l'énergie :

Ressource solaire du lieu géographique (latitude, altitude, les données météorologiques)

Orientation des panneaux et inclinaison par rapport à l'horizontale.

Ombre sur les panneaux et inclinaison par rapport à l'horizontale.

Rendement de l'ensemble (panneaux, onduleur, pertes dans les câbles)

- Esthétique :

Intégration dans l'environnement avec impact visuel harmonieux.

- Écologique :

Réduction de l'effet de serre.

- Pédagogique :

Promotion des installation solaires

⁹⁶ Particuliers, Participez au développement d'énergie renouvelable avec Parkosol
<https://particuliers.geg.fr/dossier/28/45-participez-au-developpement-d-energie-renouvelable-avec-parkosol.htm>

- Sécurisation :

Suivant le type d'installation solaire :

- Installation avec stockage d'énergie
- Installation avec injection dans le réseau

La figure V.17 résume les critères d'une conception solaire selon la triade de Vitruve.⁹⁷

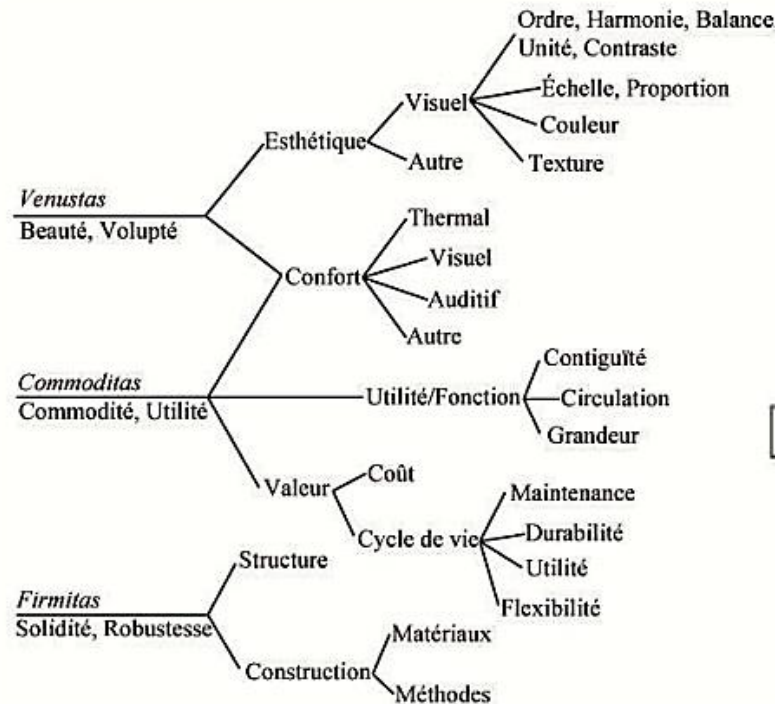


Figure V.17. Analyse hiérarchique d'une conception solaire

Source : Émilie Bouffard⁹⁸

- L'architecture solaire offre les possibilités suivantes :
 - Accroître la palette architecturale ;
 - Réduire les coûts de construction, car les modules photovoltaïques (ex. tuiles solaires) peuvent se substituer à d'autres éléments de construction ;
 - Contribuer à la production d'énergie en hiver durant les heures du matin et du soir (p.ex. façades solaires) ;
 - Recharger une voiture ou un vélo électrique directement à partir du toit (p.ex. toit d'un couvert à voiture).

⁹⁷Bouffard I., Conception de bâtiments solaires : méthodes et outils des architectes dans les phases initiales de conception, Université Laval, Canada, 2013, <https://corpus.ulaval.ca/server/api/core/bitstreams/1efd4dd0-3518-4bfc-a74a-e09c10c1b941/content>

⁹⁸ Idem

I.7. Avantages et inconvénients de l'énergie photovoltaïque :

Avantages :

- Energie indépendante, le combustible (le rayonnement solaire) est renouvelable et gratuit.
- L'énergie photovoltaïque est une énergie propre et non-polluante qui ne dégage pas de gaz à effet de serre et ne génère pas de déchets.
- Génère l'énergie requise.
- Réduit la vulnérabilité aux pannes d'électricité.
- L'extension des systèmes est facile, la taille d'une installation peut aussi être augmentée par la suite pour suivre les besoins de la charge.
- La revente du surplus de production permet d'amortir les investissements voir de générer des revenus.
- Entretien minimal.
- Aucun bruit.

Inconvénients :

- La fabrication des panneaux photovoltaïques relève de la haute technologie demandant énormément de recherche et développement et donc des investissements coûteux.
- Les rendements des panneaux photovoltaïques sont encore faibles.
- Nécessite un système d'appoint (batteries) pour les installations domestiques.
- Le coût d'investissement sur une installation photovoltaïque est cher
- Durée de vie entre 20 et 25 ans après le silicium cristallise et rend inutilisable la cellule.
- Pollution à la fabrication : certaines études prétendent que l'énergie utilisée pour la fabrication des cellules n'est jamais rentabilisée durant les 20 ans de production.
- En fin de vie, le recyclage des cellules pose des problèmes environnementaux.

II. L'éolien pour la production électrique :

L'énergie éolienne est une énergie "renouvelable" non dégradée, géographiquement diffuse, et surtout en corrélation saisonnière (en hiver la moyenne des vitesses des vents est la plus élevée).

C'est une énergie qui ne produit aucun rejet atmosphérique ni déchet radioactif. Elle est toutefois aléatoire dans le temps et son captage reste assez complexe, nécessitant des éléments convenables.⁹⁹

II.1. Principe de l'éolien :

⁹⁹ TIR Z., Contribution à l'Étude d'un Aérogénérateur Asynchrone en Cascade, mémoire de magister, Université d'El Oued, 2010, https://www.researchgate.net/figure/1-Principaux-organes-du-systeme-de-conversion-eolien-Lenergie-eolienne-est-une-energie_fig1_265087995

Un aérogénérateur, plus communément appelé éolienne, est un dispositif qui tire son énergie du vent et la transforme en électricité.

L'électricité est produite en suivant le principe de Faraday : une boucle tourne sur elle-même dans un champ magnétique et génère un courant électrique dans cette même boucle.

Une partie de l'énergie cinétique du vent est transformée en énergie mécanique disponible sur un arbre de transmission puis en énergie électrique par l'intermédiaire d'un générateur.

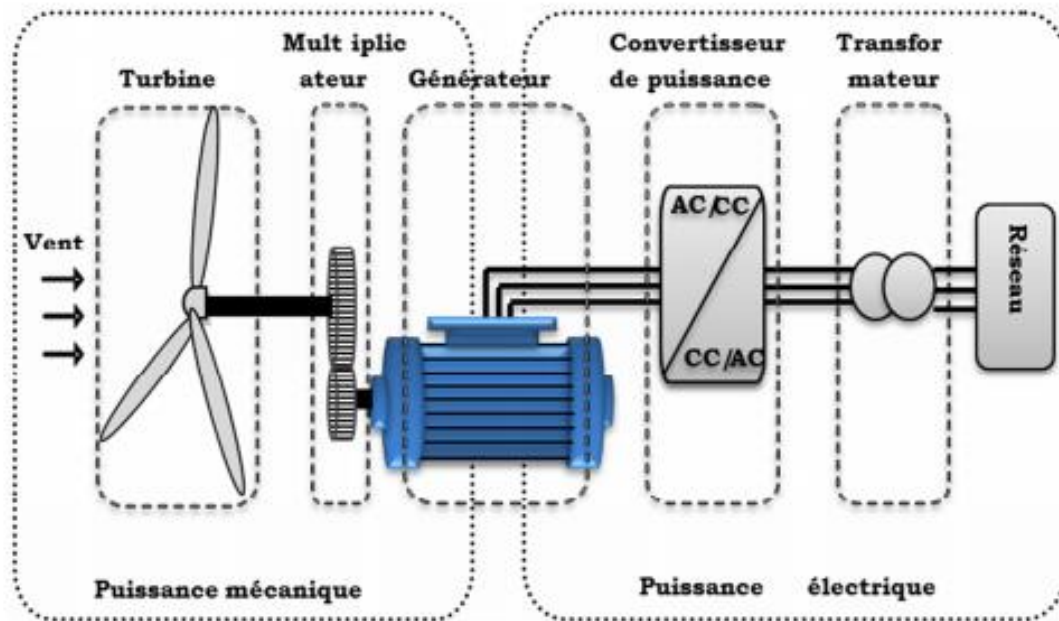


Figure V.18. Principe de l'éolienne

Source : TIR Zoheir¹⁰⁰

I.2. Composantes d'une éolienne :

Une éolienne est constituée d'un mât de 50 à 100 m de haut. À son sommet se trouve une nacelle équipée d'un rotor à axe horizontal, lui-même équipé de trois pales mise en rotation par le vent. Le vent fait tourner les pales entre 10 et 25 tours par minute. L'énergie mécanique ainsi produite est transformée en énergie électrique dans la nacelle grâce à une génératrice (phénomène d'induction) qui délivre un courant alternatif de ~690 volts dont l'intensité varie avec la vitesse.

¹⁰⁰ Idem

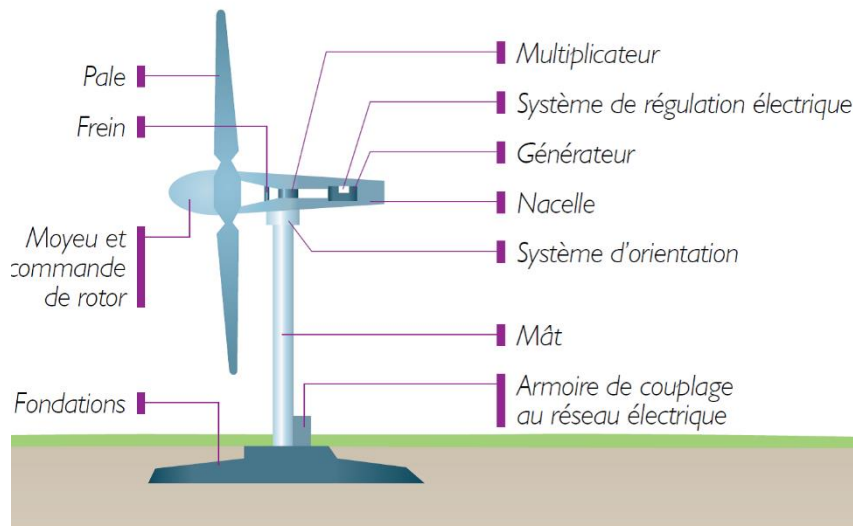


Figure V.19. Éléments d'un système solaire photovoltaïque
Source : Parc-eolien-mont-des-quatre-faux¹⁰¹

I.3. Types d'éolienne :

Les éoliennes peuvent être classées selon :

- Leur axe de rotation
- Leur emplacement
- Leur taille
- Leur nombre de pales

a. Selon l'axe de rotation

- Éolienne à axe vertical

Elles ont été les premières structures développées pour produire de l'électricité. De nos jours, ce type d'éolienne est plutôt marginalisé et son utilisation est beaucoup moins répandue¹⁰².

Avantages :

- La conception verticale offre l'avantage de mettre le multiplicateur, la génératrice et les appareils de commande directement au sol.
- Son axe vertical possède une symétrie de révolution ce qui permet de fonctionner quel que soit la direction du vent sans avoir à orienter le rotor.
- Sa conception est simple, robuste et nécessite peu d'entretien.

¹⁰¹ Parc-eolien-mont-des-quatre-faux, Comment ça marche ? <https://www.parc-eolien-mont-des-quatre-faux.fr/lenergie-eolienne/comment-ca-marche/>

¹⁰² Metatla S., Optimisation et régulation des puissances d'une éolienne à base d'une MADA, mémoire de magister de l'école nationale supérieure polytechnique d'Alger, 2009, <http://repository.enp.edu.dz/jspui/handle/123456789/6004>

Inconvénient :

- Elles sont moins performantes que celles à axe horizontal.
- La conception verticale de ce type d'éolienne impose qu'elle fonctionne avec un vent proche du sol, donc moins fort car freiné par le relief.
- Leur implantation au sol exige l'utilisation des tirants qui doivent passer au-dessus des pales, donc occupe une surface plus importante que l'éolienne à tour.

- Eoliennes à axe horizontal

Actuellement les plus répandues sans doute à cause de leurs avantages remarquables, elles comportent généralement des hélices à deux ou trois pales face ou sous le vent.

En suivant le sens de parcours du vent, le rotor peut être placé en amont ou en aval de la nacelle.

Avantages :

- Une très faible emprise au sol par rapport aux éoliennes à axe vertical.
- Cette structure capte le vent en hauteur, donc plus fort et plus régulier qu'au voisinage du sol.
- Le générateur et les appareils de commande sont dans la nacelle au sommet de la tour. Ainsi, il n'est pas nécessaire de rajouter un local pour l'appareillage.

Inconvénient :

- Coût de construction très élevé.
- L'appareillage se trouve au sommet de la tour ce qui gêne l'intervention en cas d'incident.

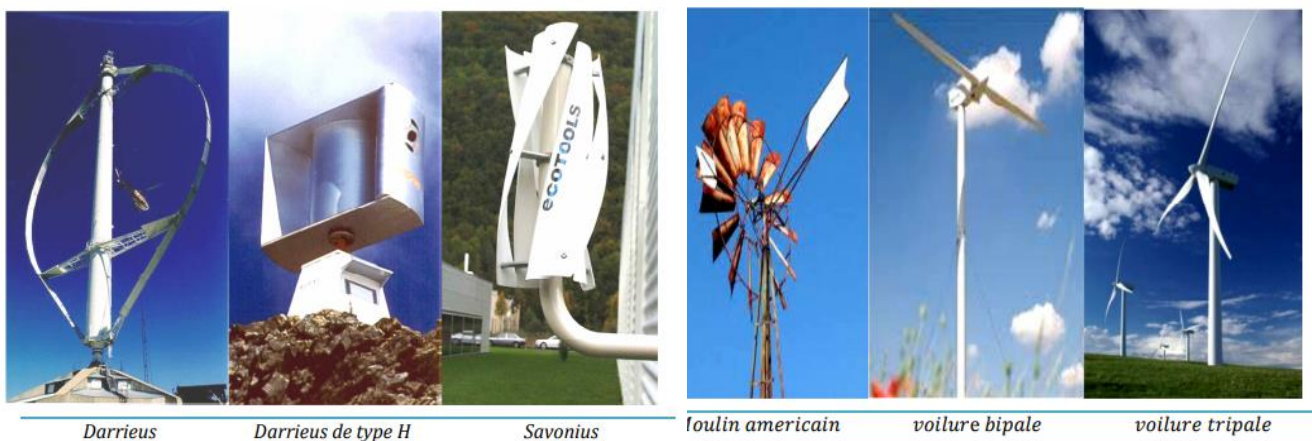


Figure V.20. Éoliennes à axe vertical à gauche et à axe horizontal à droite

Source : LATRECHE Mohammed Tahar ¹⁰³

¹⁰³ Latreche M.T., Commande Floue de la Machine Synchrone à Aimant Permanent (MSAP) utilisée dans un système éolien, Mémoire Magister en Électrotechnique, Université Ferhat Abbas de Sétif, 2012, <http://dspace.univ-setif.dz:8888/jspui/handle/123456789/2118>

b. Selon leur emplacement :

Une centrale éolienne, parc éolien, ou ferme éolienne, est un site regroupant plusieurs éoliennes produisant de l'électricité. Il se trouve dans un lieu où le vent est fort et/ou régulier.

- Dans la mer : milieu marin (champs ou parcs d'éolienne offshore) : la centrale éolienne en mer, appelée également centrale offshore a connu un développement considérable puisque grâce à la force et à la régularité supérieures du vent.
- Dans la campagne : milieu rural (champs ou parcs d'éolienne terrestre)
- Dans la ville : milieu urbain

c. Selon leur taille :

Il existe différentes classes de taille d'éoliennes. En théorie, il n'y a pas de relation directe entre la hauteur et la puissance de l'éolienne. En effet, cette puissance dépend essentiellement de la surface balayée par le rotor qui n'est pas toujours fonction de la hauteur de l'éolienne, mais du diamètre du rotor.

Dénomination	Diamètre du rotor [m]	Aire balayée [m²]	Puissance [kW]
Micro	0.5-1.25	0.2-1.2	0.1-0.4
Mini	1.25-3	1.2-7.1	0.4-2
Domestique	3-10	7-79	2-30
Petite commerciale	10-20	79-314	30-120
Moyenne commerciale	20-50	314-1963	120-750
Grande commerciale	50-100	1 963-7854	750-3 000
Géante commerciale	100-170	7 854-22 686	3 000-8 000

Figure V.21. Classification des éoliennes selon leur taille
Source : Energie plus¹⁰⁴

d. Selon le nombre de pales :

On peut faire une distinction entre les éoliennes suivant le nombre de pales. La figure suivante montre une comparaison entre des éoliennes avec un nombre de pales différent.

¹⁰⁴ Energie plus, Éolienne, <https://energieplus-lesite.be/techniques/eolien6/eoliennes/>

Nombre de pâles	1	2	3	4	5
Équilibre du rotor	–	–	+	+	+
Esthétique (effet de battement visuel)	–	–	+	+	+
Rendement aérodynamique	–	=	=	=	+
Bruit et fatigue	–	–	+	+	+
Tenue mécanique	+	=	=	–	–

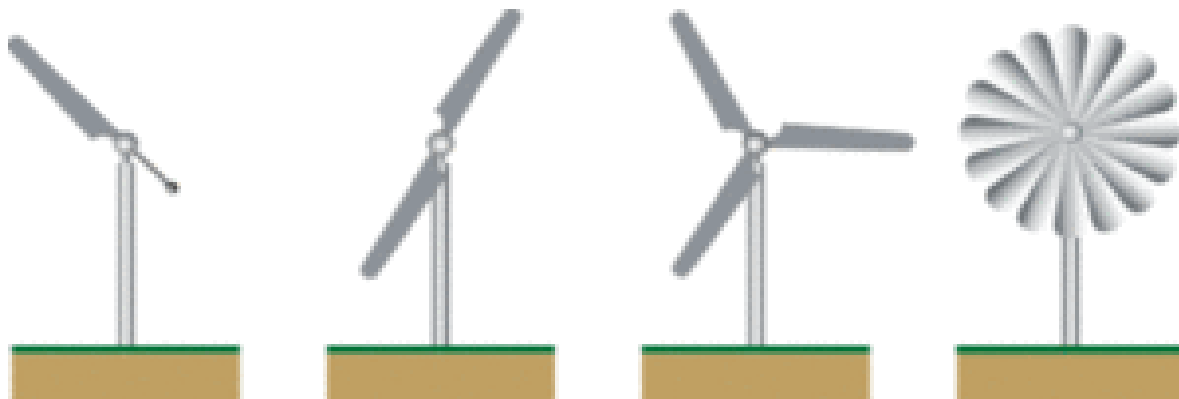


Figure V.22. Classification des éoliennes selon leur nombre de pales
Source : Energie plus¹⁰⁵

I.4. Types d'installations éoliennes :

Il existe deux utilisations principales pour ce type d'équipements :

- Les installations en site isolé non raccordé au réseau. L'énergie éolienne est alors « auto-consommée » par les occupants du logement.
- Les installations reliées au réseau électrique. La vente d'électricité est soit totale soit partielle.

Les éoliennes peuvent avoir un impact sur l'environnement humain (particulièrement important en milieu urbain) et naturel. Les éléments à prendre en considération dans le cadre de l'évaluation d'un projet sont : le bruit et les vibrations, la sécurité, l'ombre induite, l'impact visuel et l'impact sur la biodiversité.

¹⁰⁵ Idem



Figure V.23. Installation éolienne à injection partielle
 Source : Dezatech¹⁰⁶

Conclusion :

Les énergies renouvelables jouent un rôle important dans la maîtrise à long terme de la facture énergétique. Elles permettent de relocaliser production d'énergie, en produisant et valorisant les ressources locales plutôt que d'utiliser des énergies fossiles.

L'architecture contemporaine offre des exemples d'intégration des énergies renouvelables tels que le photovoltaïque et l'éolienne dans la façade. Elles peuvent de ce fait devenir un élément architectural pivot, offrant au projet une image exceptionnelle.

¹⁰⁶ Dezatech, Energie Eolienne, <http://www.dezatech.com/applications/energie/energie-eolienne?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>