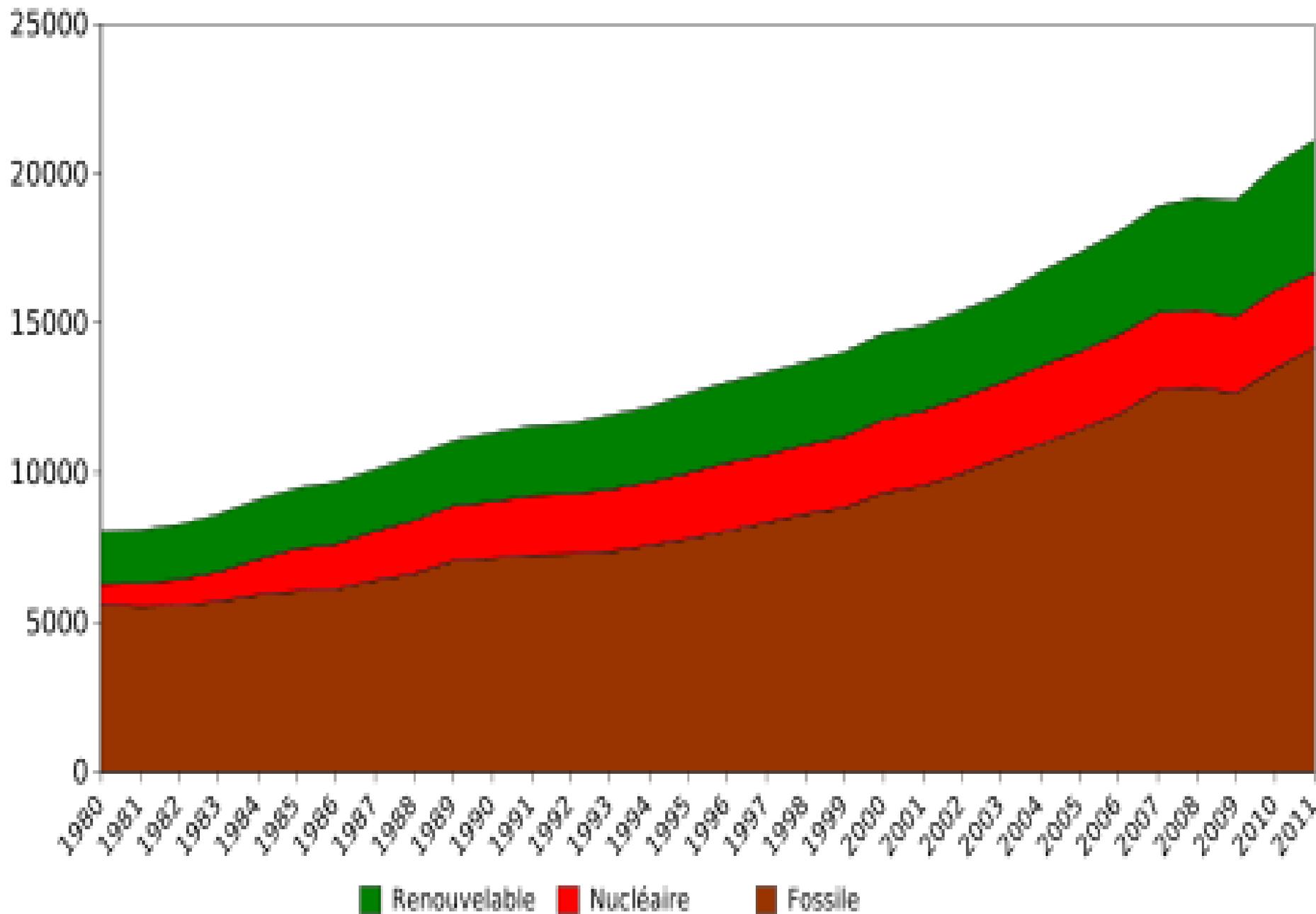


# SYSTEM D'ENERGIE HYBRIDE

# Production annuelle nette d'électricité dans le monde



# INTRODUCTION

Le développement et l'exploitation des ressources énergétiques renouvelables et des systèmes de production décentralisés d'électricité d'origine renouvelable ont connu une forte croissance ces dernières années. D'ici une vingtaine d'années, tout système énergétique durable sera basé sur l'utilisation rationnelle des sources traditionnelles et sur un recours accru aux énergies renouvelables.

Les techniques d'extraction de la puissance de ces ressources demandent des recherches et des développements plus approfondis visant à fiabiliser, baisser les coûts (de fabrication, d'usage et de recyclage) et augmenter l'efficacité énergétique.

La production d'électricité au moyen d'un **système hybride** combinant plusieurs sources d'énergies renouvelables est d'un grand intérêt pour les pays en développement, comme les pays de Maghreb. Ces pays possèdent de nombreuses régions, isolées et éloignées des réseaux classiques de distribution d'électricité. Ainsi, l'extension de ces réseaux serait d'un coût financier exorbitant. Pour résoudre ce problème, l'exploitation du potentiel en énergies renouvelables dont dispose ces pays doit être une priorité.

# DEFINITION

SYSTEM D'ENERGIE HYBRIDE

## Définition et missions des systèmes hybrides

Un système d'énergie hybride (SEH) est défini comme une installation qui utilise deux ou plus des technologies de la génération d'énergies : une ou plusieurs sources de production d'énergie classique (groupe diesel en général) et au moins une source de production d'énergies renouvelables. L'objectif d'utiliser des technologies multiples est de réunir les avantages et les meilleures caractéristiques opérationnelles de chaque système

*L'utilisation du photovoltaïque dans les zones isolées est sans conteste d'un grand avantage, de par sa facilité de mise en oeuvre et le peu d'entretien qu'il nécessite. Mais, le Watt photovoltaïque délivré est assez coûteux pour les moyennes et grandes puissances par rapport aux autres sources d'énergie. Ainsi, les spécialistes ont été amenés à coupler plusieurs systèmes énergétiques (vent, solaire, diesel), afin de rendre a priori moins aléatoire les variables d'entrée et d'autre part à chercher une optimisation du stockage. De telles combinaisons de sources d'énergie sont appelées systèmes hybrides.*

Le champ d'application des SEH est très large et par conséquent, il est difficile de classer ces systèmes. On peut néanmoins essayer de réaliser un classement par gamme de puissance.

# Classification des SEH par gamme de puissance.

Puissance du SEH [KW]	Application
Faible : < 5	Systèmes autonome : stations de télécommunications, pompage de l'eau, autre application isolés
Moyenne : 10-250	Micro réseaux isolés : alimentation d'un village isolé, des zones rurales...
Grande : > 500	Grands réseaux isolés (ex : réseaux insulaires)

# Principaux Composants des systèmes hybrides

Les systèmes d'énergie hybride sont en général constitués de sources d'énergie classique (groupe électrogène), de sources d'énergie renouvelable (éolienne, solaire). Ils peuvent aussi inclure d'autres sources d'énergie comme l'énergie hydroélectrique, marémotrice, géothermique etc.), des convertisseurs statiques et dynamiques, des systèmes de stockage (batterie, volant d'inertie, le stockage hydrogène...), des charges principales et

La combinaison de plusieurs sources d'énergies renouvelables permet d'optimiser au maximum les systèmes de production d'électricité, aussi bien du point de vu technique qu'économique.

L'avantage d'un système hybride par rapport à un système pur éolien ou pur photovoltaïque, dépend de beaucoup de facteurs fondamentaux : la forme et le type de la charge, le régime du vent, le rayonnement solaire, le coût et la disponibilité de l'énergie, le coût relatif de la machine éolienne, le champ photovoltaïque, le système de stockage électrochimique et d'autres facteurs d'efficacité.

Les systèmes photovoltaïques sont actuellement économiques pour les installations de faibles puissances. Pour les systèmes d'énergie autonomes le coût du stockage représente la plus grande contrainte du coût global du système pour les installations de grandes puissances.

Minimiser le coût du stockage et optimiser sa capacité est la raison essentielle de la combinaison des systèmes éolien et photovoltaïque.

## Piles à combustibles

Parmi les technologies envisagées pour l'avenir en termes de production d'énergie électrique décentralisée, la pile à combustible est considérée comme une solution très prometteuse

Ce convertisseur d'énergie, à la fois propre et efficace, permet de convertir l'énergie chimique de l'hydrogène, vecteur énergétique fortement pressenti pour le futur par de grands spécialistes mondiaux au vu de son énergie massique 3 fois plus importante que l'essence, en une énergie électrique, utilisable directement, et une énergie thermique qu'il est possible de valoriser. L'utilisation de cette cogénération permet d'atteindre des rendements très intéressants, jusqu'à 80% dans certains cas.

Les piles à combustibles (PAC), générateurs statiques d'électricité et de chaleur. Deux technologies sont actuellement prometteuses et connaissent d'intenses efforts

D'une part les PAC à membrane polymère PEMFC (Proton Exchange Membrane Fuel Cell) fonctionnant à des températures basses comprises entre 50 et 90 °C qui sont les plus développées. Le rendement en électricité, supérieur à 80% en théorie, est supérieur à 50% en pratique. D'autre part les PAC à oxydes solides SOFC (Solid Oxyde Fuel Cell) fonctionnant à des températures supérieures à 600 °C ce qui implique un moins haut rendement mais permet de valoriser la chaleur produite en cogénération.

## Générateur diesel

Dans le cas des installations à sources d'énergie renouvelables autonomes, il est nécessaire de recourir au stockage ou d'ajouter un ou plusieurs groupes électrogènes diesels.

Pour de grand besoin avec une disponibilité énergétique élevée, le système solaire hybride avec groupe électrogène et ou générateur éolien offre la solution autonome complète. Pendant le mauvais temps, le générateur éolien ou le groupe électrogène (cas de secours) prends en charge la production de l'énergie.

## Systèmes de stockage

Le stockage d'énergie est un facteur clef dans un système d'énergie hybride en site isolé. Dans la plupart des cas, les batteries représentent encore la technologie la plus rentable. Elles sont d'habitude du type plomb – acide. Les batteries nickel – cadmium sont rarement utilisées. La technologie des batteries plomb-acide bénéficie en effet d'avantages, tels son faible coût (par rapport à d'autres technologies)

Le stockage d'énergie est souvent utilisé dans les petits systèmes hybrides à fin de pouvoir alimenter la charge pour une durée relativement longue (des heures ou même des jours).

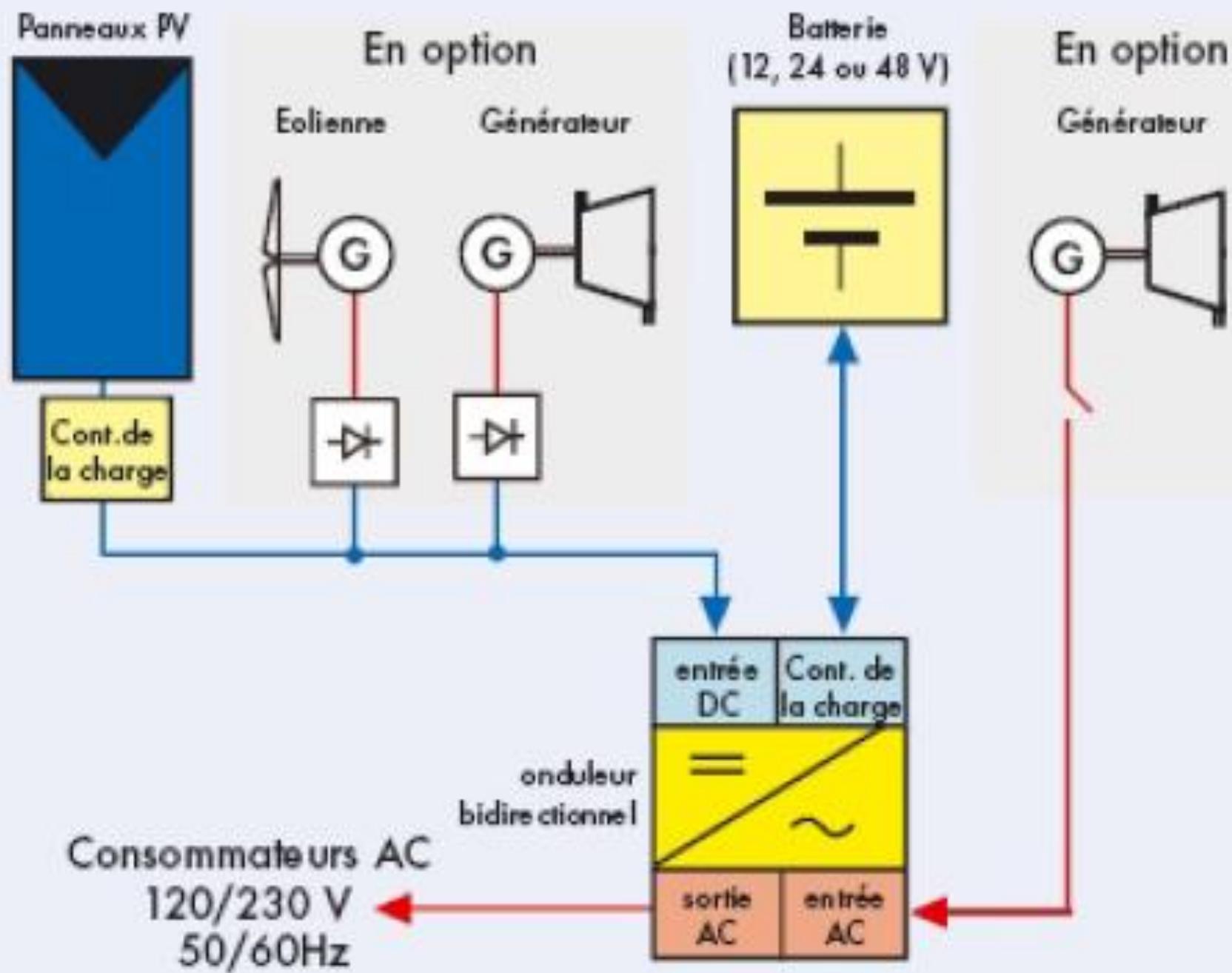
## Convertisseurs

Dans un SEH, des convertisseurs sont utilisés pour charger des batteries de stockage et pour transformer le courant continu (CC) en à courant alternatif (CA) et vice-versa. Trois types de convertisseurs sont souvent rencontrés dans les SEH : les redresseurs, les onduleurs et les hacheurs.

- Les redresseurs réalisent la conversion CA/CC. Dans le SEH, ils sont souvent utilisés pour charger des batteries à partir d'une source à CA. Ce sont des appareils relativement simples, pas chers et à bon rendement ils sont généralement monophasés ou triphasés.

## Charges

Les charges électriques rendent utile la puissance électrique. Il existe des charges à caractère résistif et inductif. Les charges résistives incluent les ampoules à incandescence, les chauffe-eau etc. Les appareils utilisant des machines électriques sont des charges résistives et inductives. Elles sont les principaux consommateurs de puissance réactive.



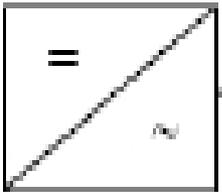
Bus  
CC

Générateurs à CC  
Sources d'énergie  
renouvelable  
Générateurs Diesels

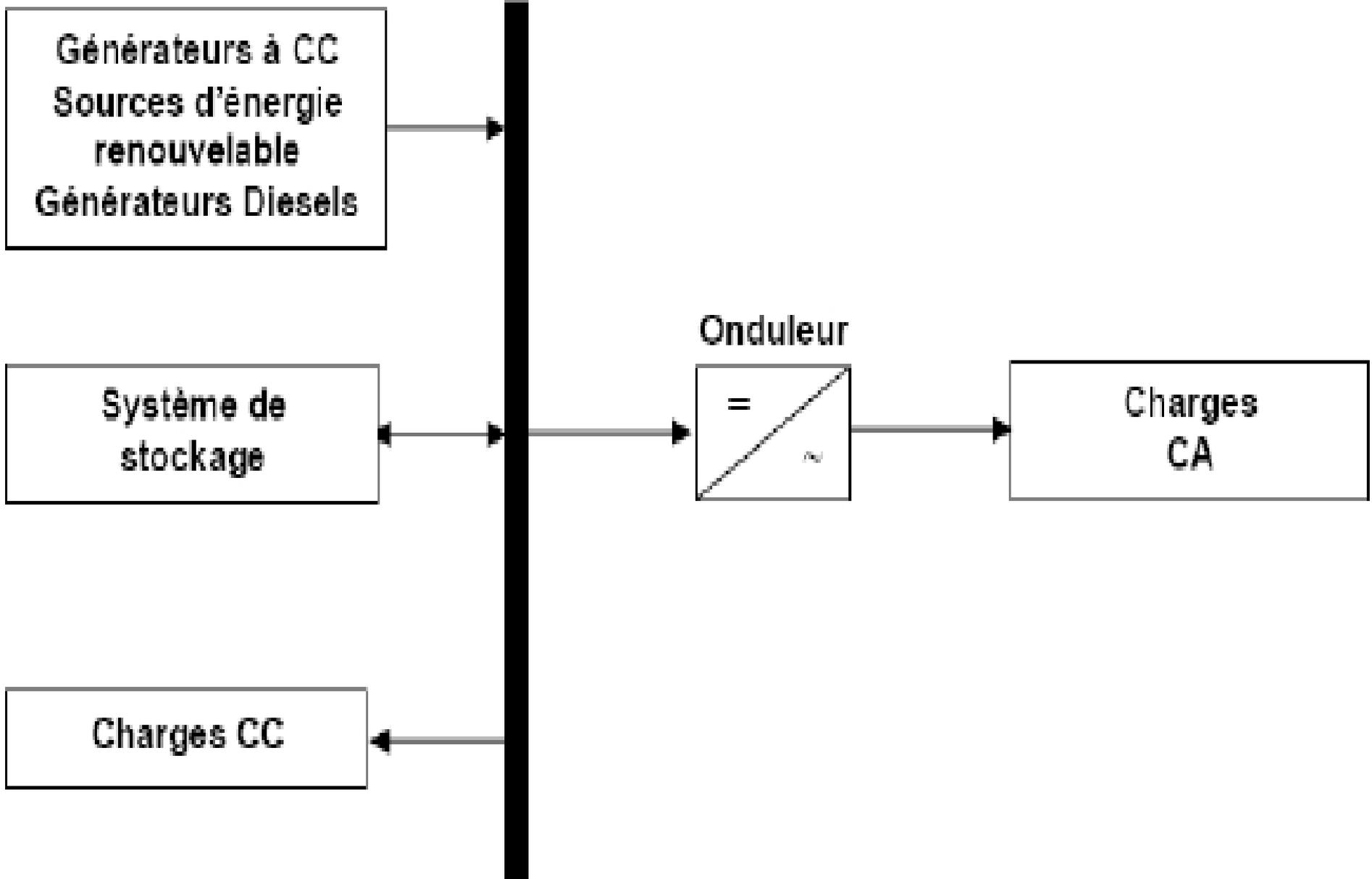
Système de  
stockage

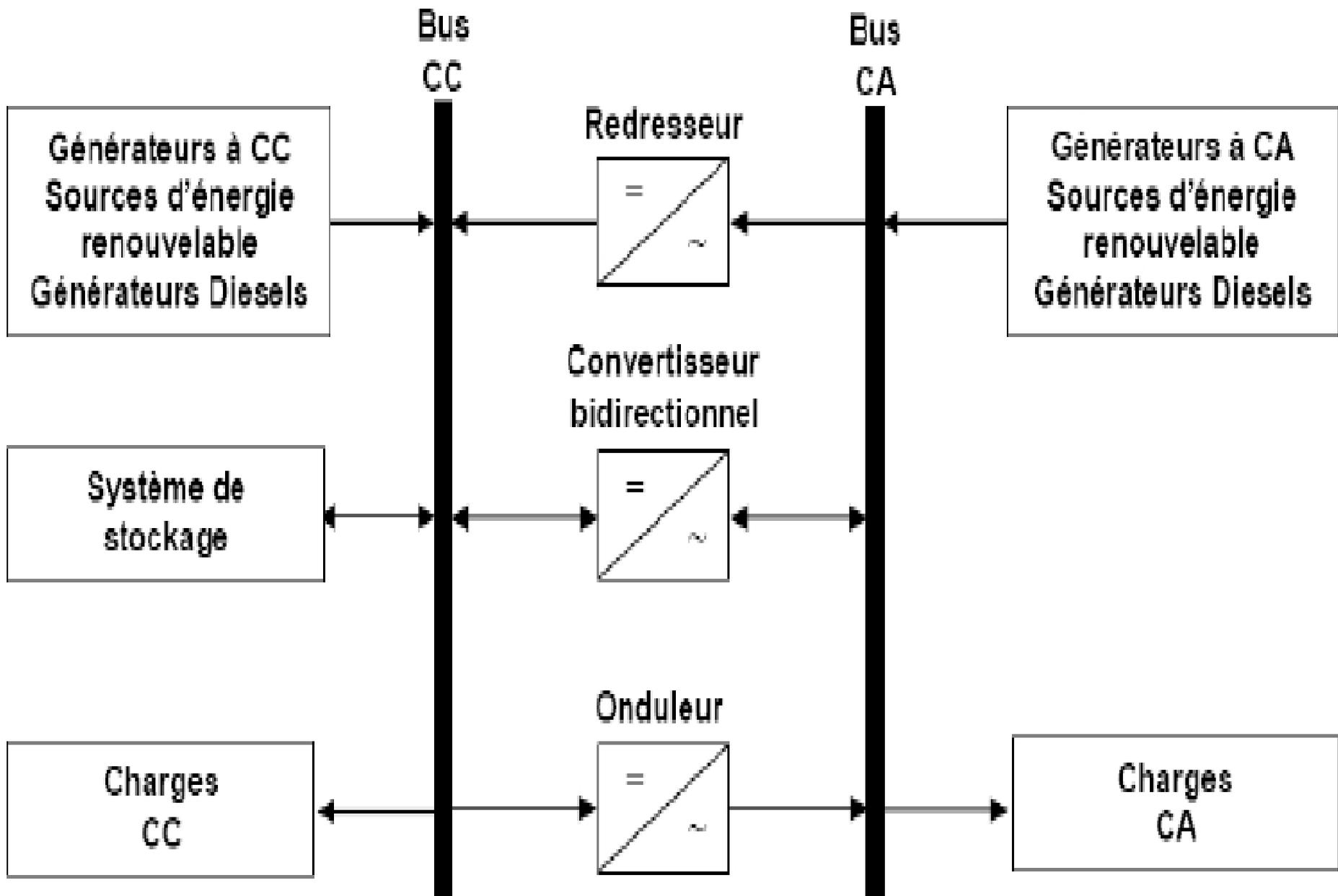
Charges CC

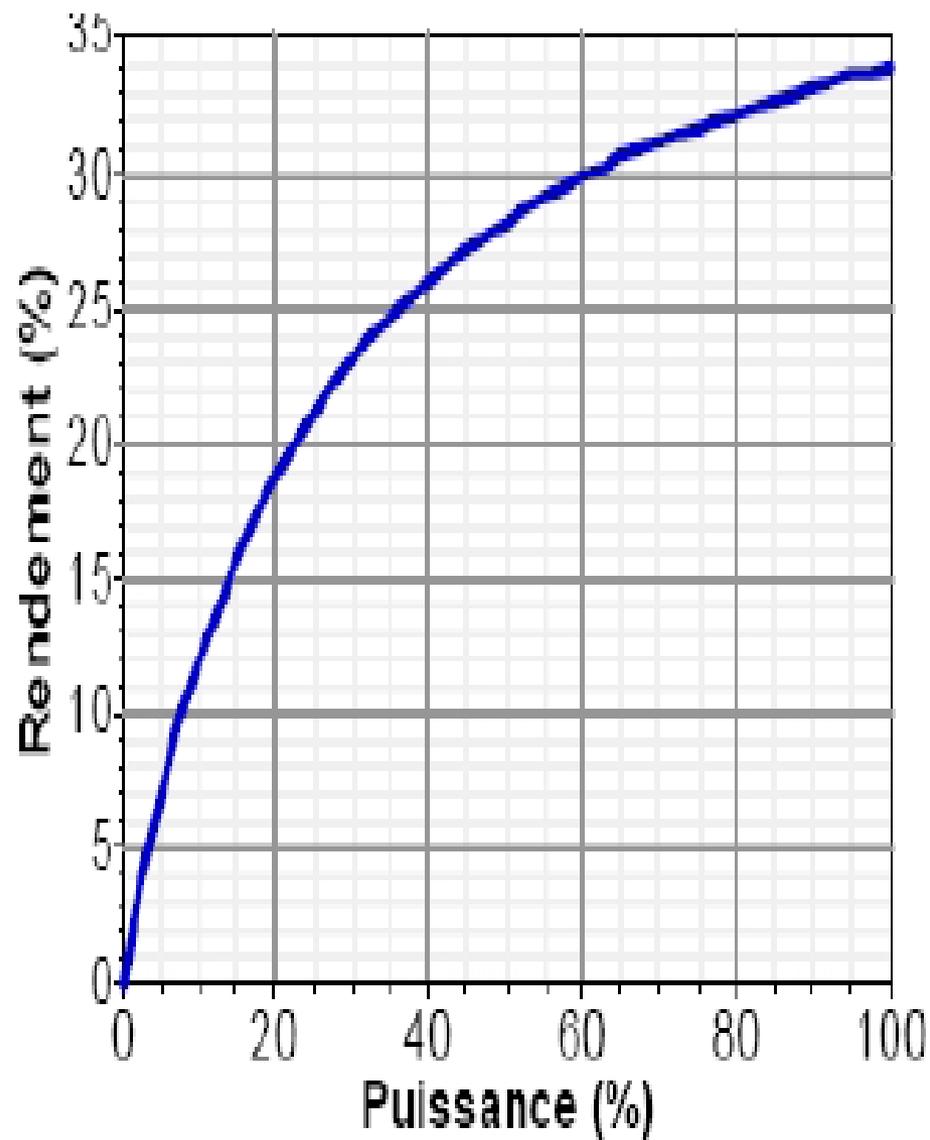
Onduleur



Charges  
CA





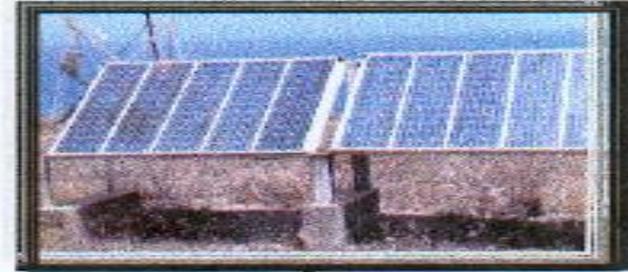


Courbe du rendement d'un moteur diesel ayant une puissance nominale de 75 KW

# Présentation du système hybride au niveau du site de Bou-Ismaïl (W.tipaza)



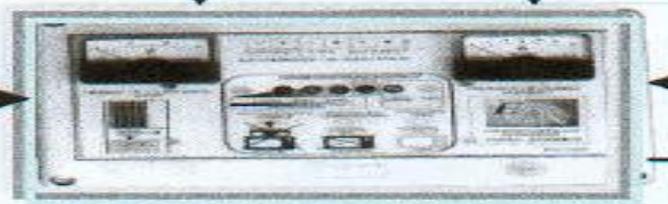
**Champ photovoltaïque**



**Convertisseur**



**Diesel**



*Electronique de  
contrôle*



**Batteries  
d'accumulateurs**

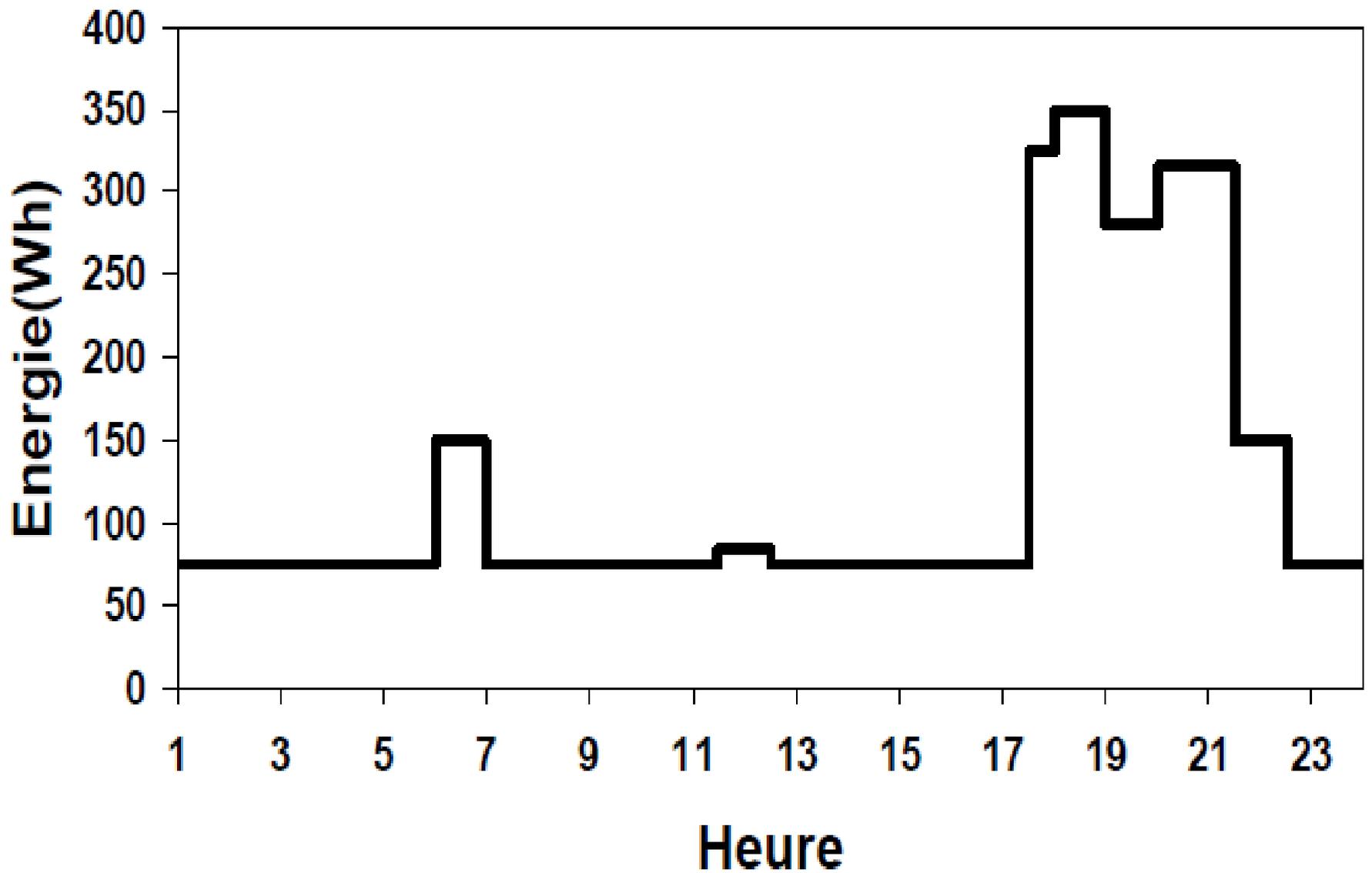
**Convertisseur**



# PREDETERMINATION DU PROFIL ENERGETIQUE DE LA DEMANDE

Le système hybride présenté est supposé alimenter une charge à usage domestique. Le dimensionnement d'un tel système de production de l'énergie dépend essentiellement du profil de la consommation à satisfaire. La puissance demandée par un foyer de nature donnée . L'heure de sollicitation maximale du système énergétique par la charge varie en fonction des saisons conséquence à la variation de la durée du jour.

L'équipement le plus fréquemment utilisé se résume à : l'éclairage, la réfrigération, le téléviseur, le poste radio, le sèche cheveux, le fer à repasser et le moulin à café.



Profil type de consommation journalière d'un foyer rural (Bou-Ismaïl)

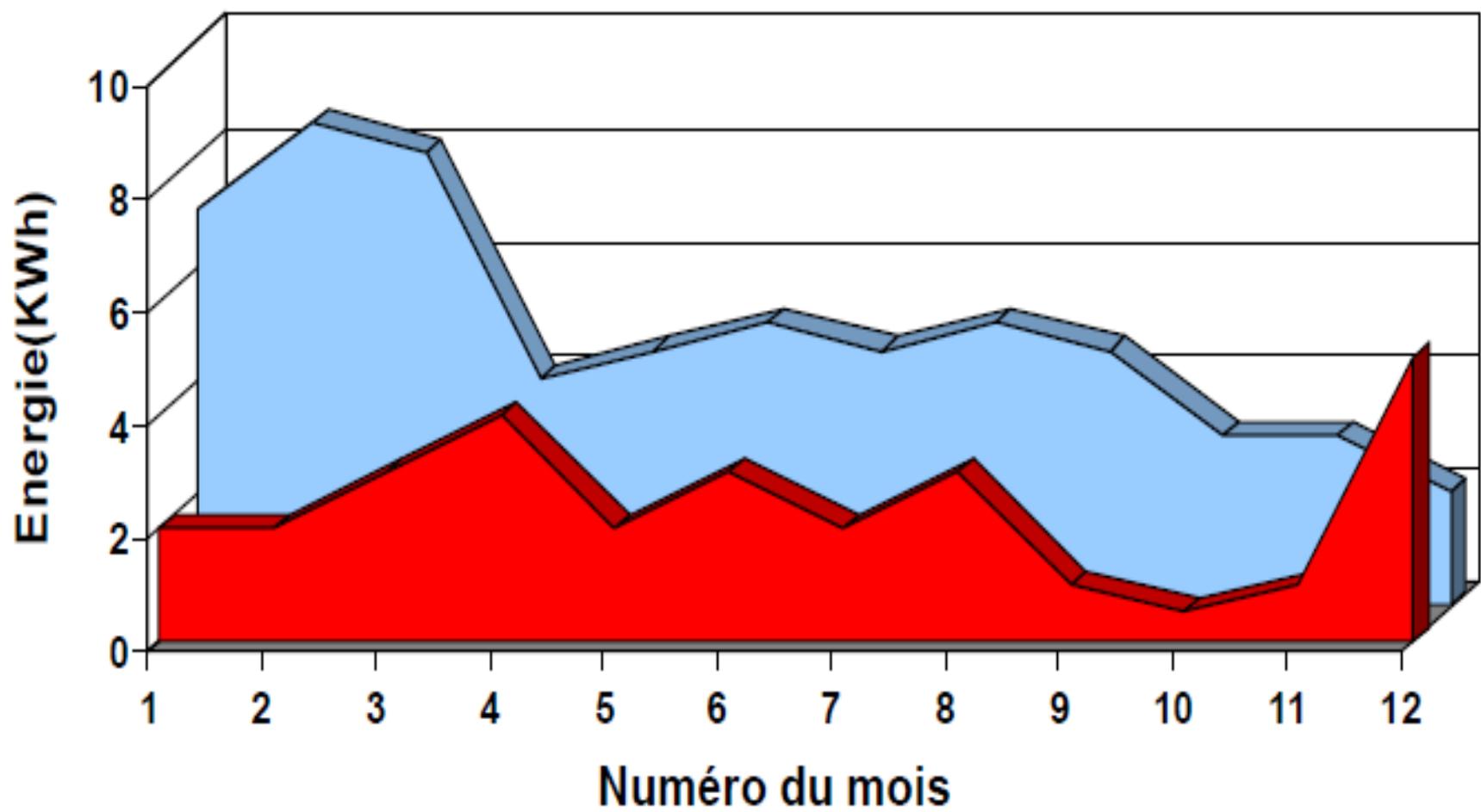
# **RESULTATS DE LA SIMULATION DES PERFORMANCES DU SYSTEME HYBRIDE**

Un système hybride comprenant :

- - Un aérogénérateur de 1 kW,
- - Un générateur photovoltaïque de 400Wc
- Une batterie de 500Ah

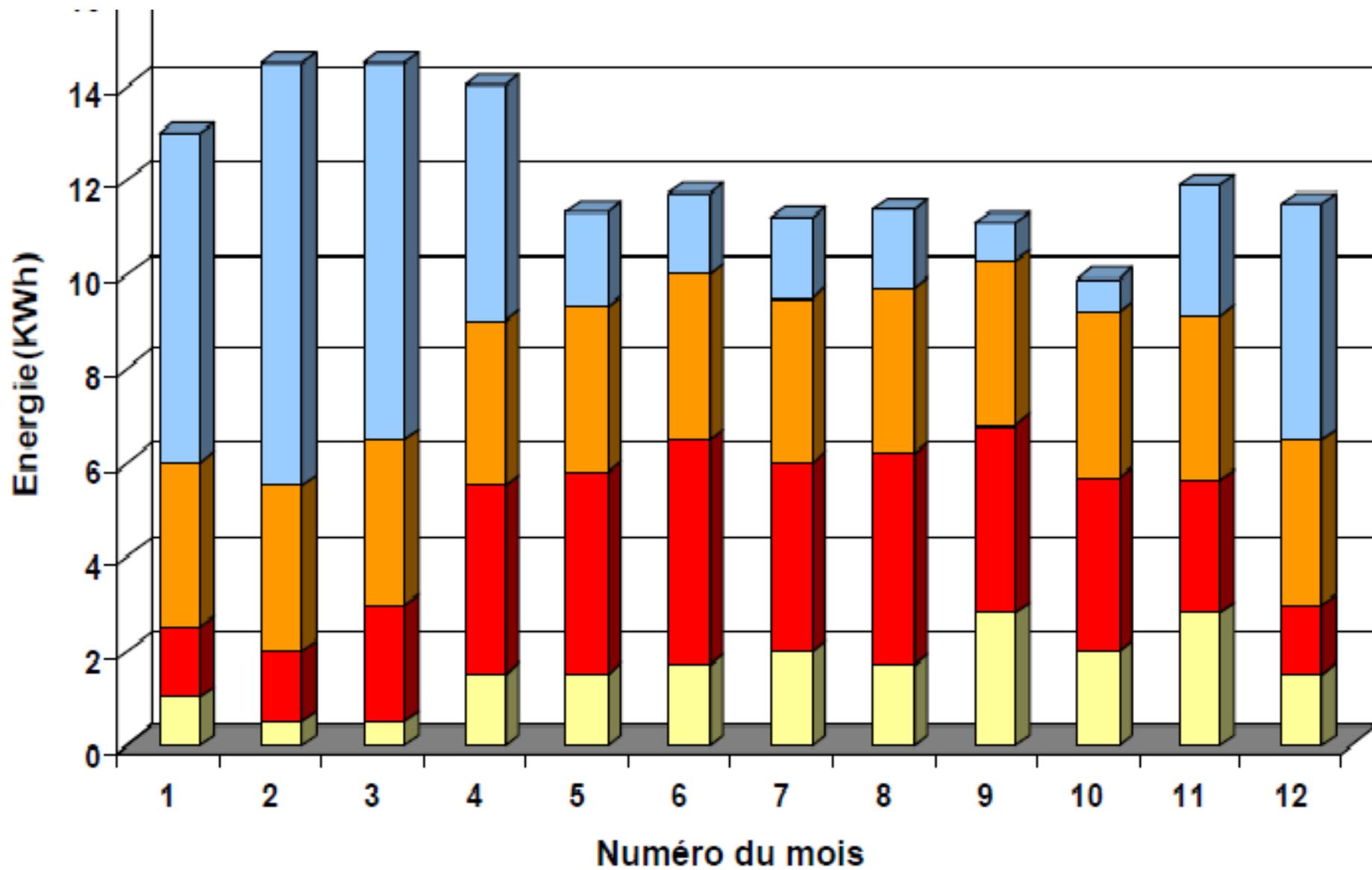
les énergies mensuelles produites par le générateur hybride. On remarque la complémentarité entre les deux sources de production de l'énergie, avec une énergie produite maximale, en hiver pour l'éolien et en été pour le photovoltaïque.

■ Photovoltaïque □ Aérogénérateur



Energie annuelle produite par l'aérogénérateur et le générateur photovoltaïque

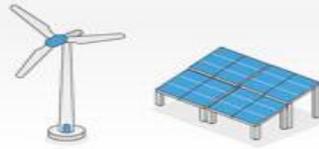
■ Batterie ■ Photovoltaïque ■ Diesel ■ Aérogénérateur



RÉSEAU ÉLECTRIQUE

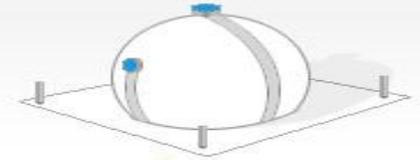


ÉOLIENNES ET ÉNERGIE SOLAIRE



STOCKAGE BIOGAZ

(OPTION)



ÉLECTRICITÉ



Électrolyseur

HYDROGÈNE



Stockage

ÉLECTRICITÉ

Mélangeur/  
Régulateur

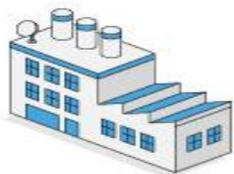


CHAUD/FROID

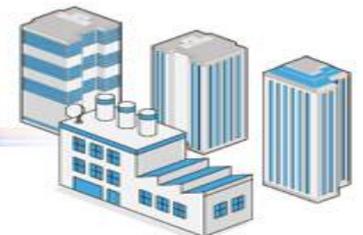


Unité CO/TRI Génération

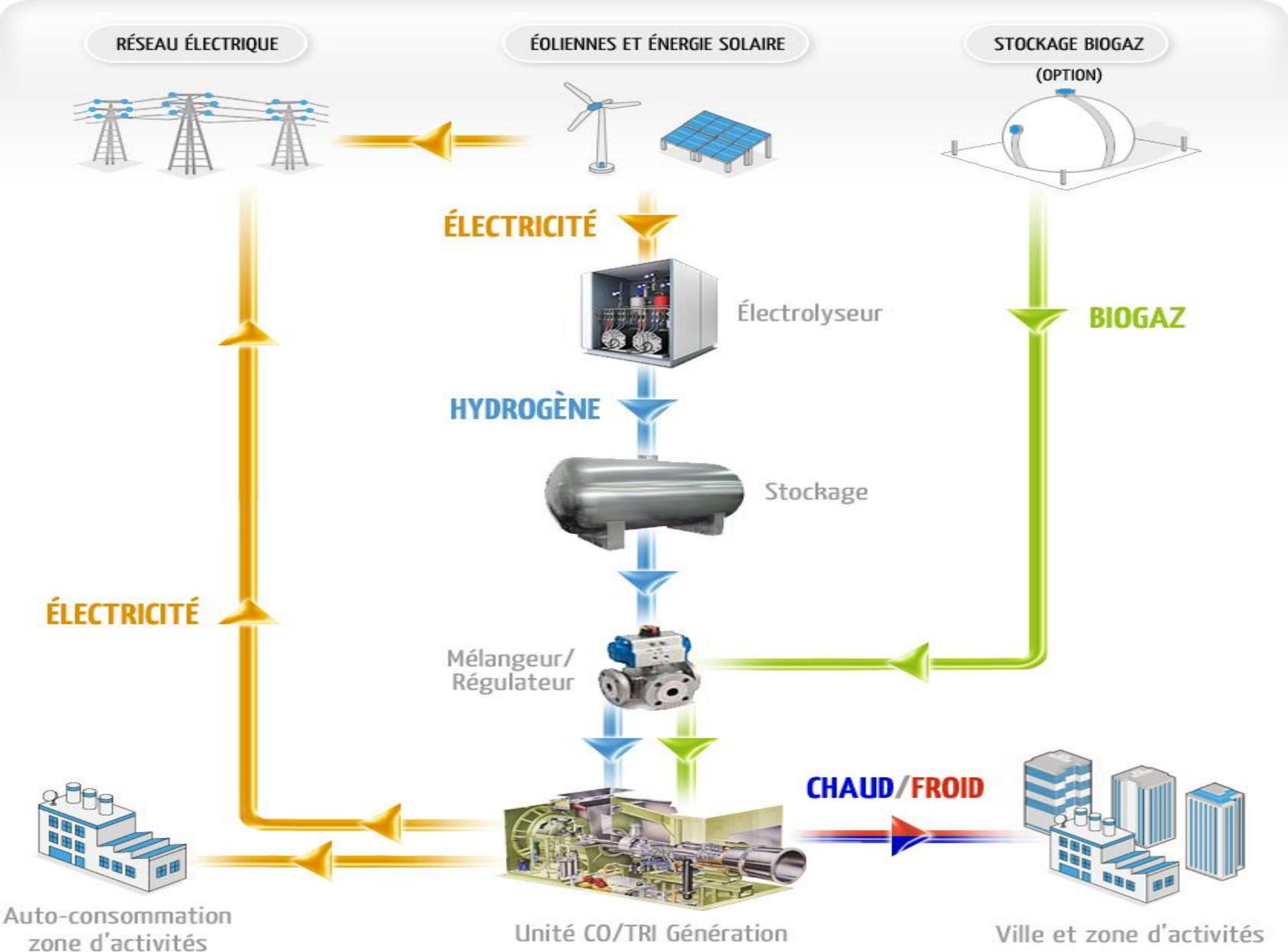
BIOGAZ



Auto-consommation  
zone d'activités



Ville et zone d'activités



H<sub>2</sub>

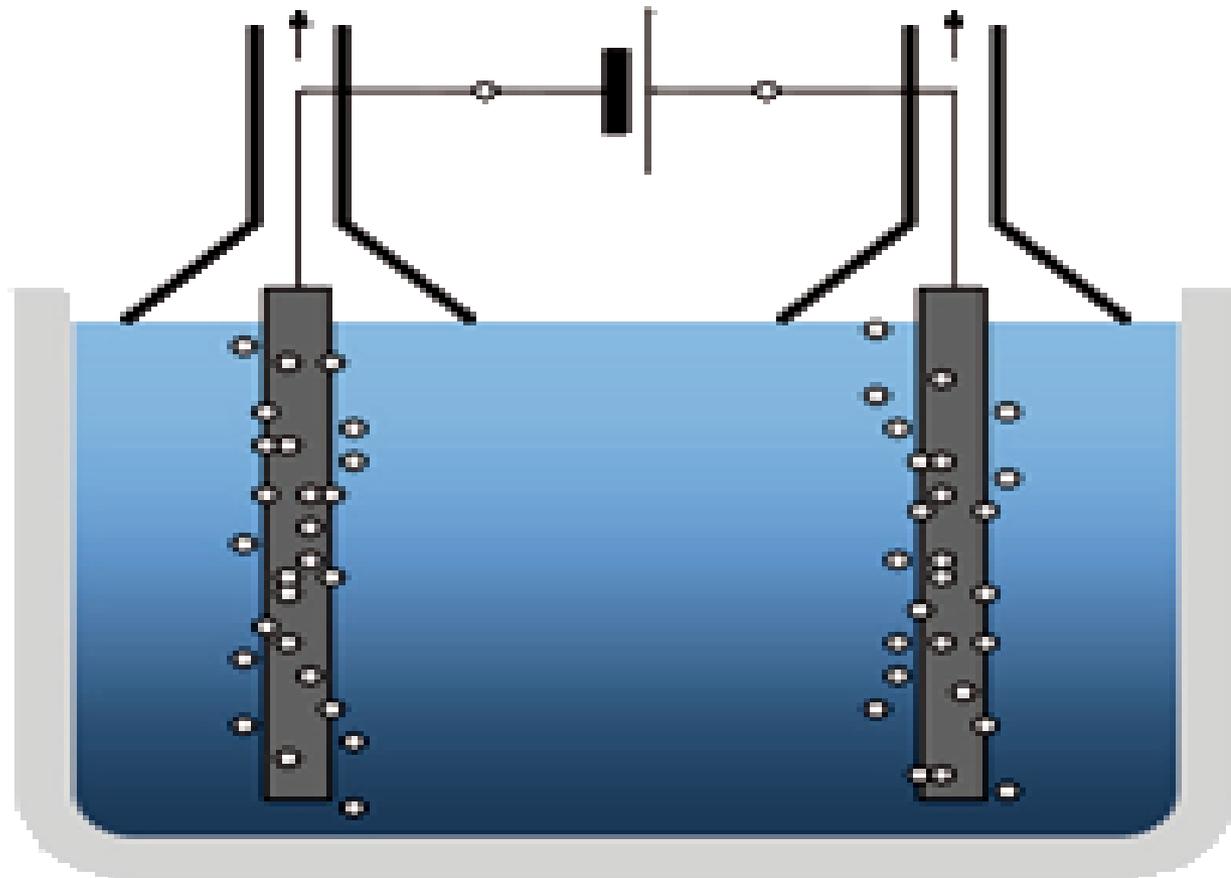
O<sub>2</sub>

 ENERTRAG



Hydrogène

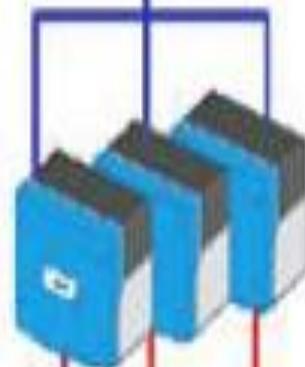
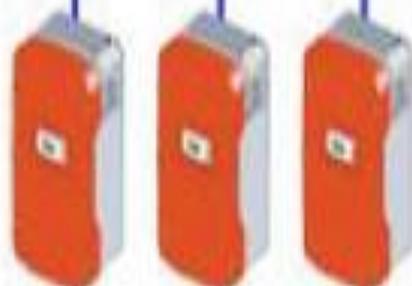
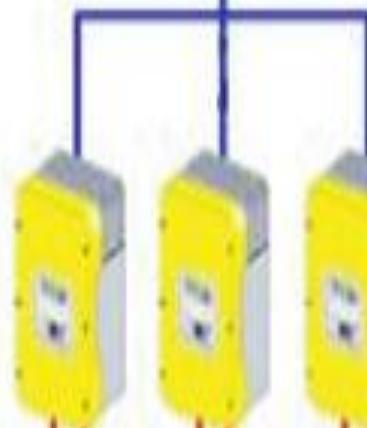
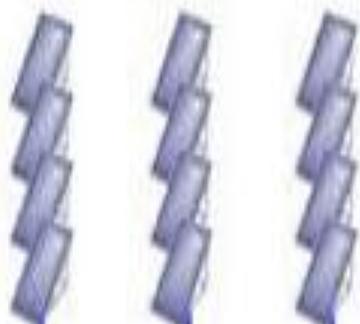
Oxygène



Battery Bank

PV Generator  
15 kWp

Wind Turbine  
15kW



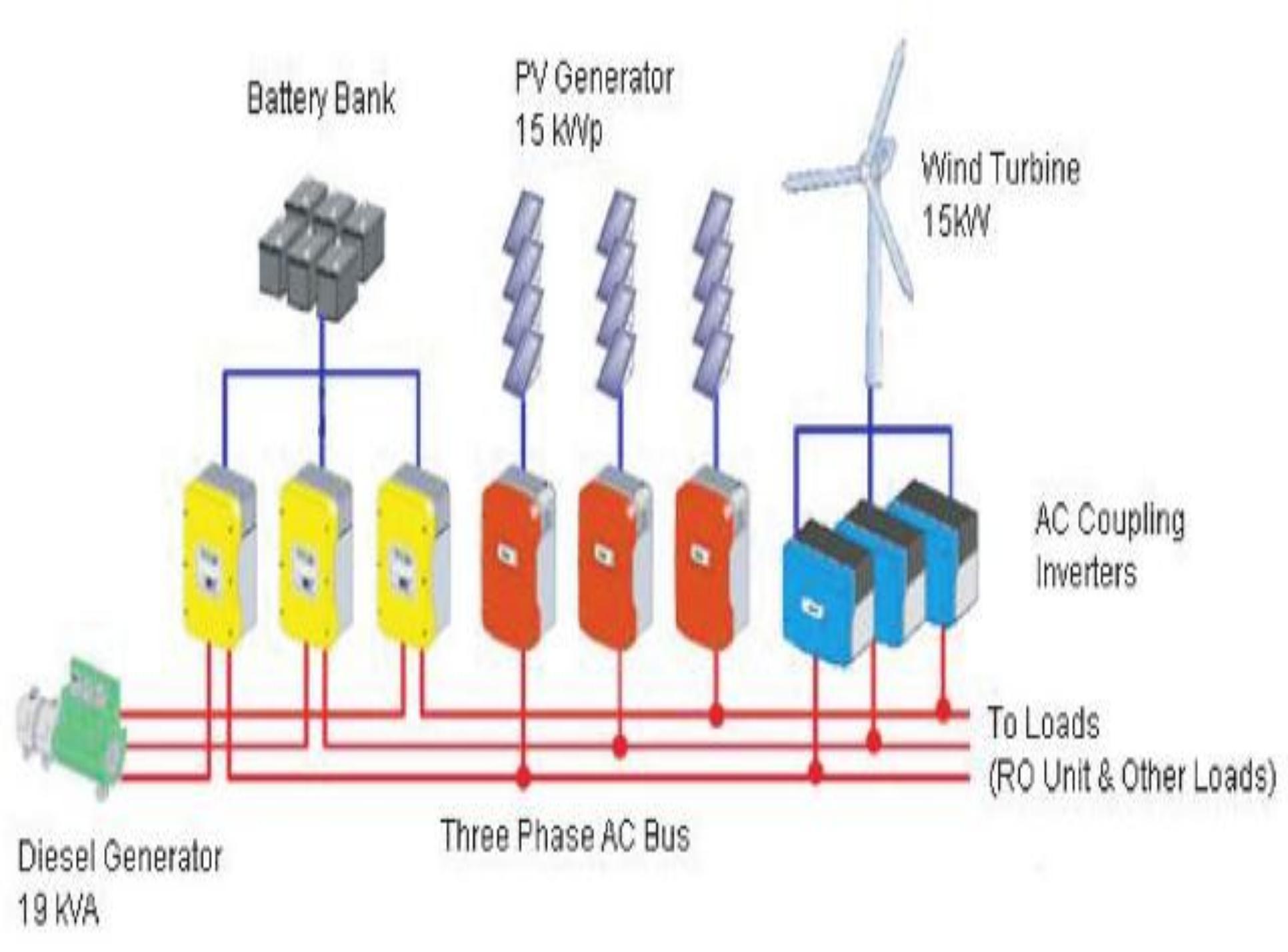
AC Coupling  
Inverters



Diesel Generator  
19 kVA

Three Phase AC Bus

To Loads  
(RO Unit & Other Loads)



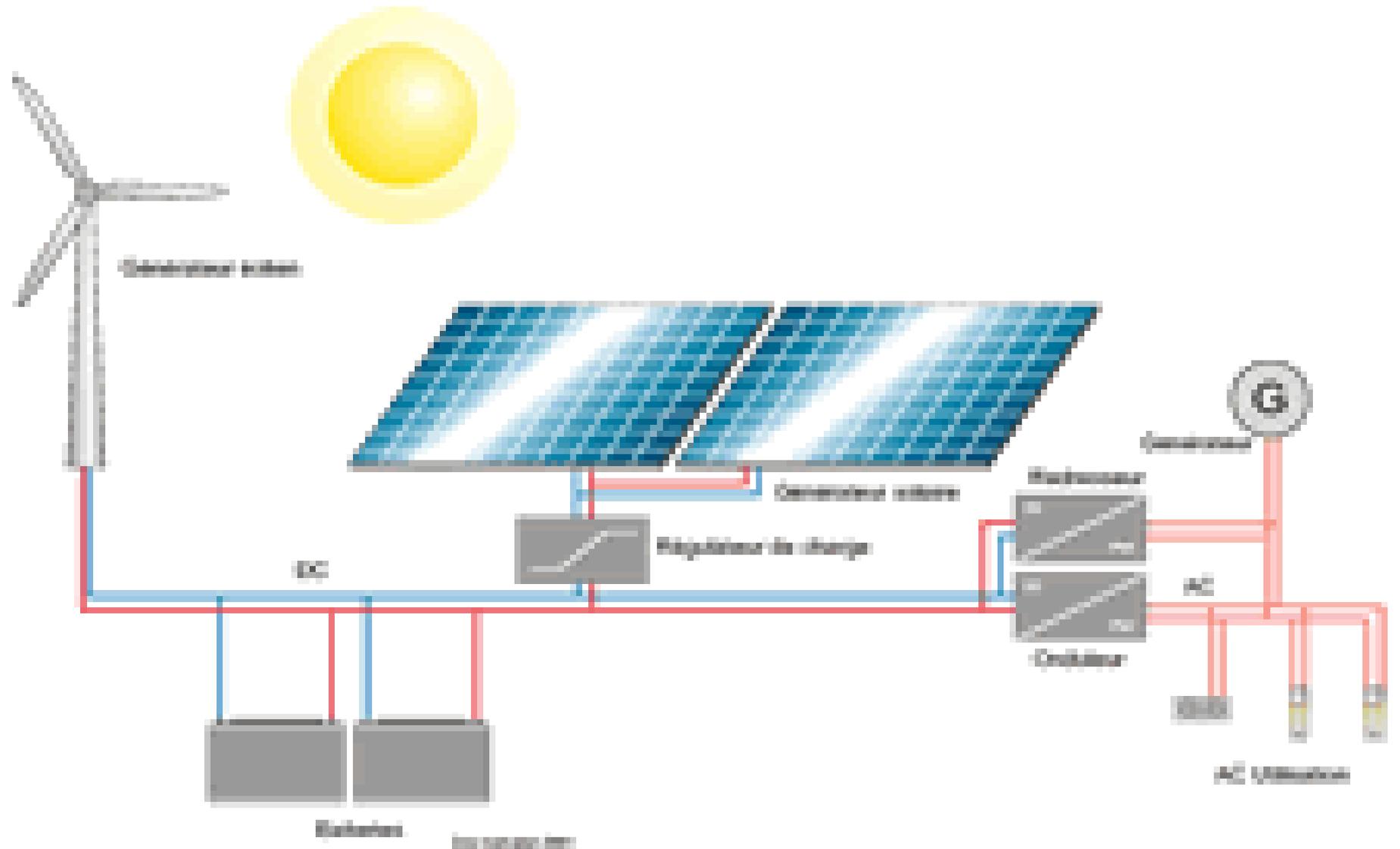


Figure 1.10 : Schéma d'un système hybride renouvelable.

64 m<sup>2</sup>

Panneaux solaires  
Photovoltaïques



48 m<sup>2</sup>

Panneaux solaires  
Thermiques



9 m<sup>3</sup> /h  
d'eau saumâtre



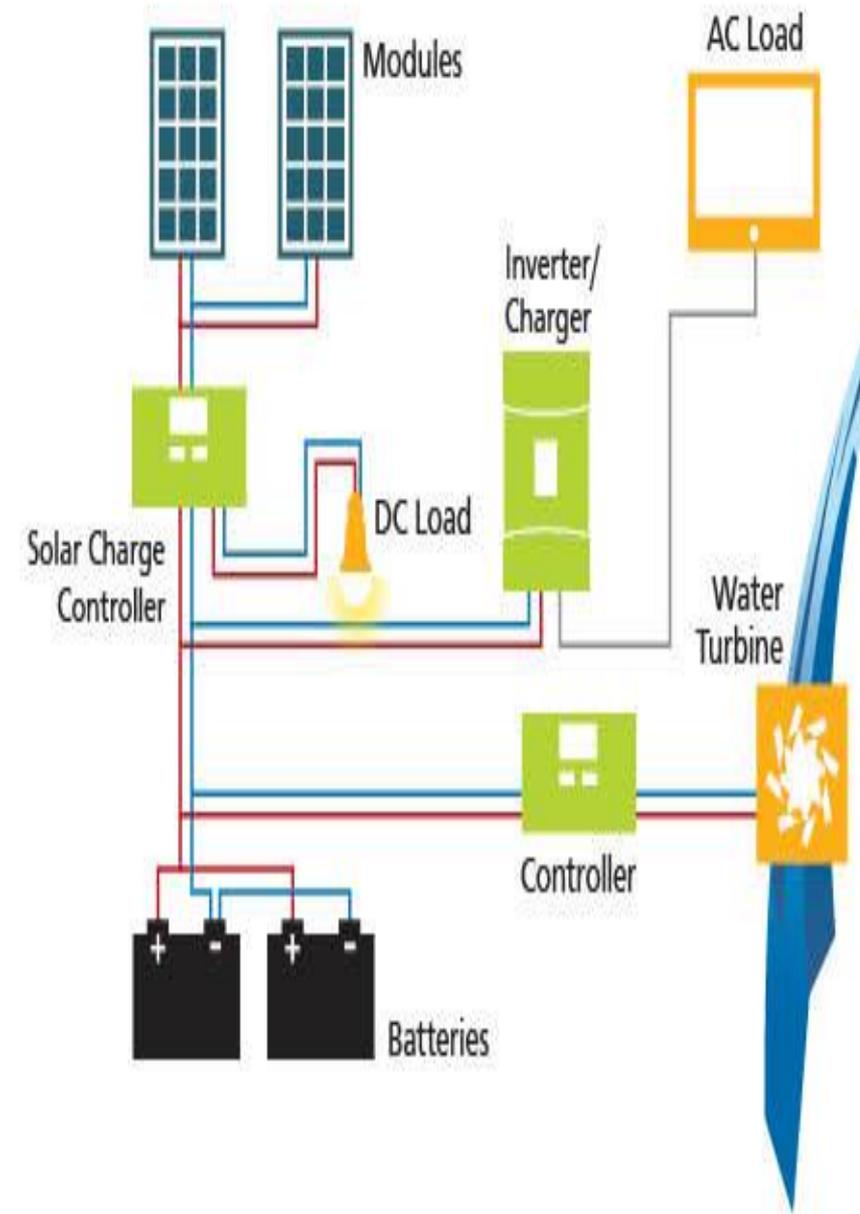
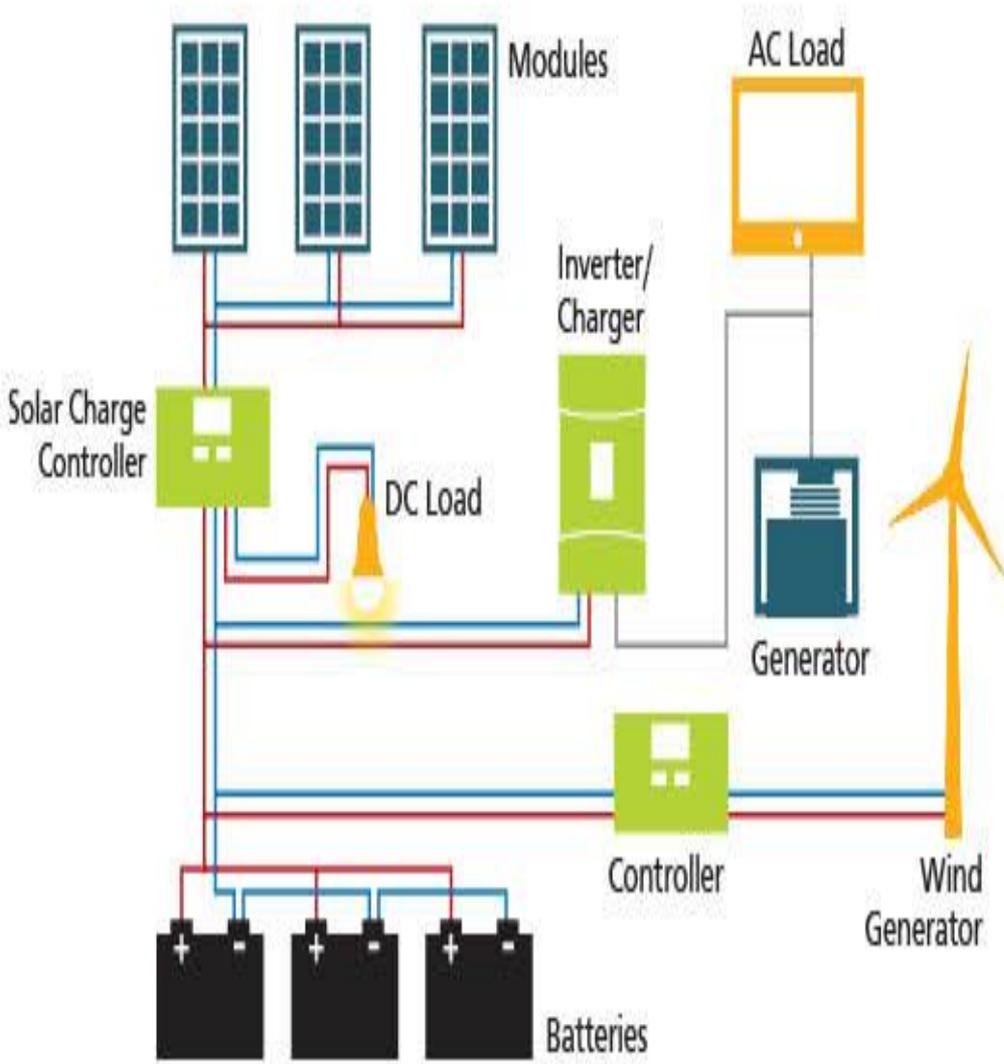
Minimum de  
saumure



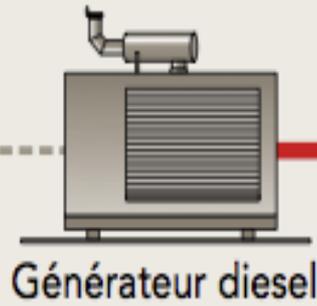
7.5 m<sup>3</sup> /h  
d'eau



0.6 m<sup>3</sup> /h  
d'eau



Contrôle intelligent  
de l'énergie



Générateur diesel

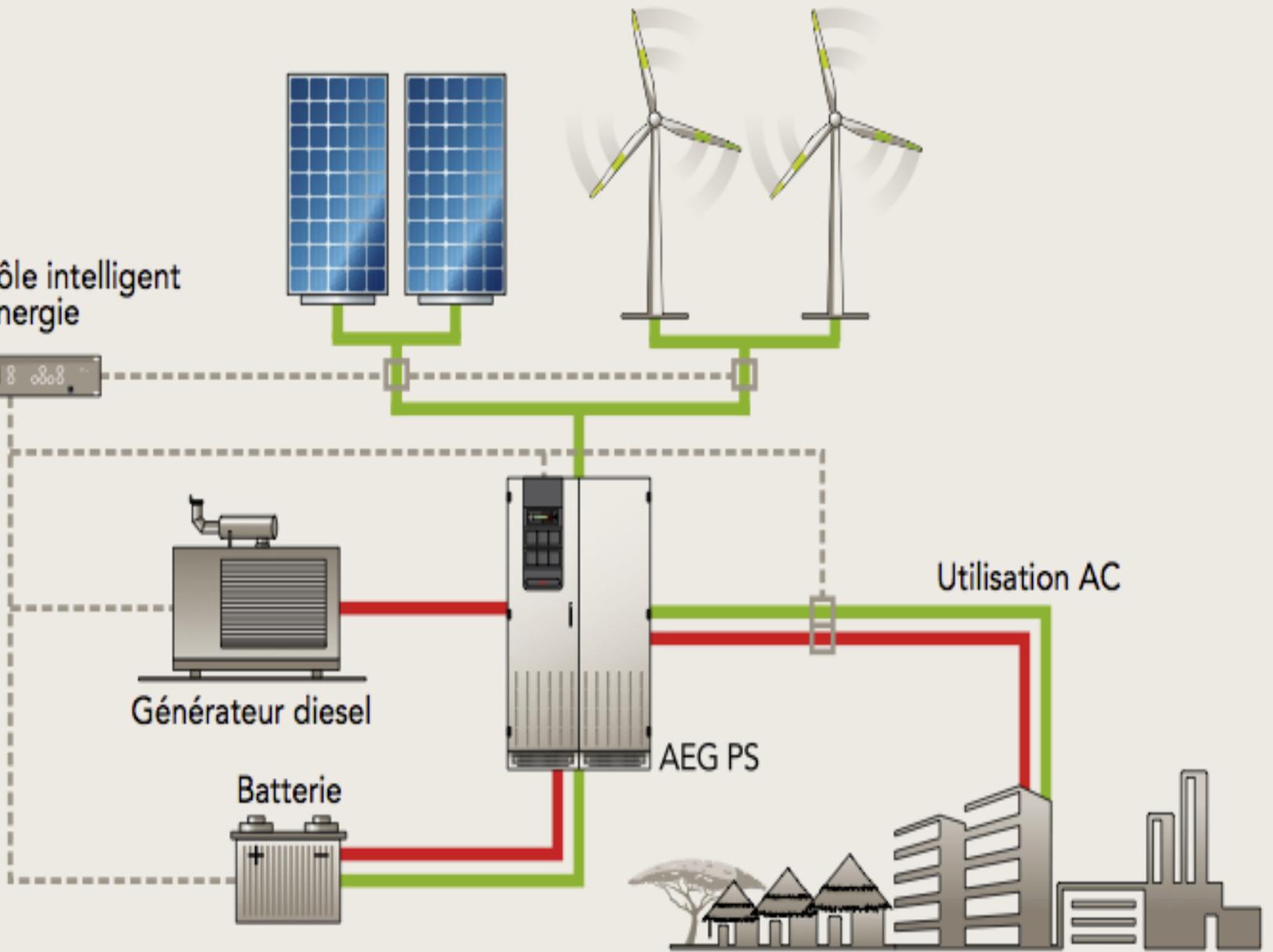


Batterie

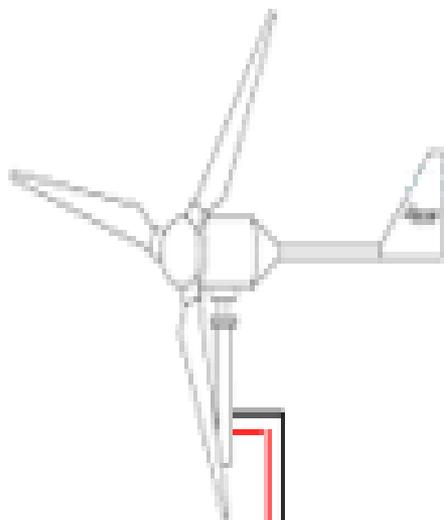
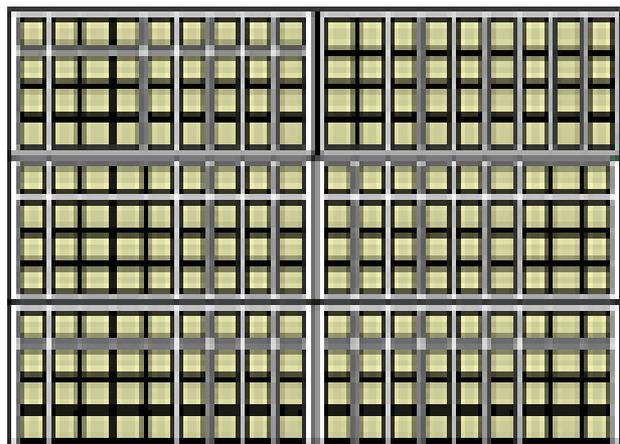


AEG PS

Utilisation AC



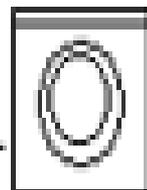
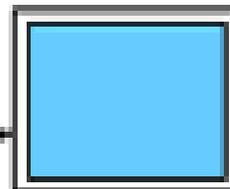
Modules solaires



Onduleur - chargeur



Petit électroménager

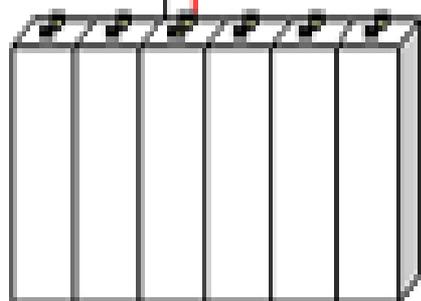


Gros électroménager

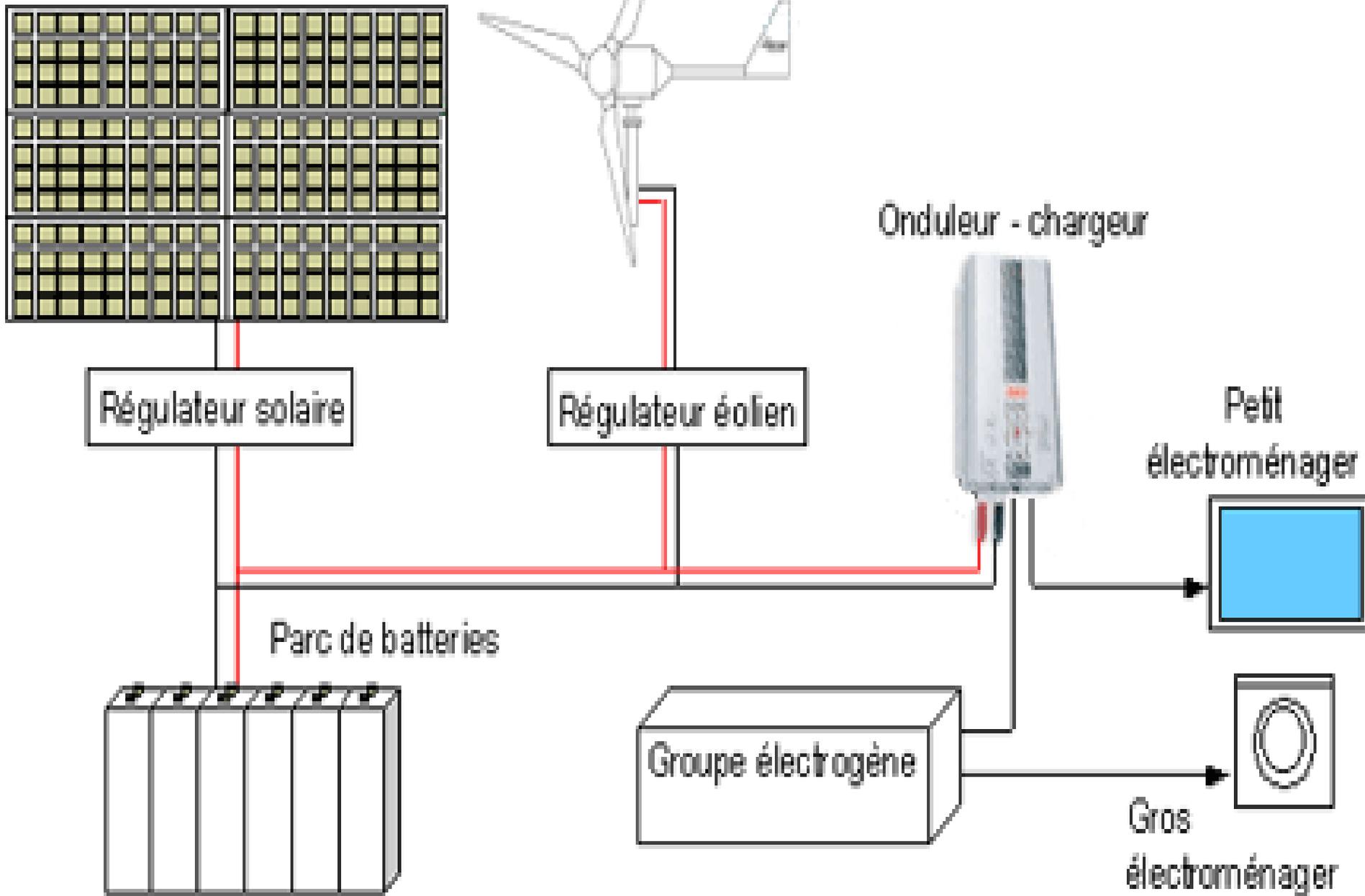
Régulateur solaire

Régulateur éolien

Parc de batteries



Groupe électrogène



*Panneaux photovoltaïques*



24 V DC

*Onduleur-chargeur*



*Batteries*



24 V DC

*Groupe électrogène*



230 V AC

*Récepteurs*

*Électroménager  
économe en énergie*



*Électroménager standard*



*Gros outillage  
éventuel*



**Courant continu**



# Eolienne - schéma de raccordement mixte en 48 Volts



