

Production d'électricité à partir de biomasse (hors huile végétale)

Applications, technologies adaptées

I LA BIOMASSE

La **biomasse** représente l'ensemble de la matière organique, qu'elle soit d'origine végétale ou animale. Elle peut être issue de forêts, milieux marins et aquatiques, champs agricoles, industries générant des co-produits, des déchets organiques, les eaux usées ou des effluents d'élevage.

On peut distinguer plusieurs grandes catégories :

1- **Sous produits** issus de la transformation des produits agricoles et forestiers : balle de riz, de cacao, de café, coque d'arachide, noix de coco, sous produits solides des huileries de palme, sciure ect... Ces produits sont disponibles en quantité importante sur les sites de transformation et sont soit utilisés pour produire l'énergie de l'industrie elle même (sucrierie, huile de palme), utilisés pour produire des briquettes ou constituent un déchet.



La biomasse agricole doit être utilisée en priorité comme engrais organique, il ne faut pas l'exporter sans retour au sol après valorisation énergétique.

Les cultures énergétiques sur des sols agricoles posent des problèmes de concurrence avec la production alimentaire



2- **Bois-énergie** issu de la sylviculture provenant des plantations forestières et agro-forestières ; le bois doit être déchiqueté en « plaquettes forestières » dans un broyeur pour des utilisations industrielles. Le bois peut aussi être utilisé en bûches dans des chaudières simples et robustes.



Plaquettes forestières



Chantier mécanisé de production de plaquettes



Déchiqueteuse autonome manuelle

3- **Sous produits et déchets humides, effluents liquides**, issus des activités agricoles, des centres urbains, de l'agro-industrie...

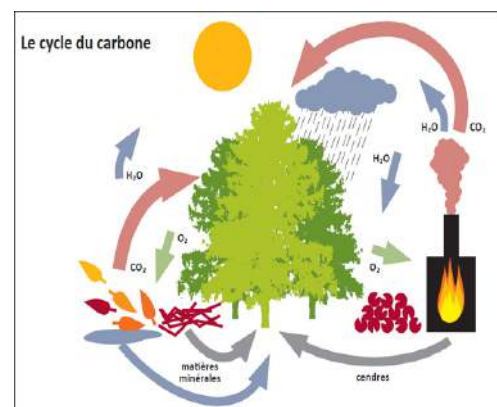


II ATOUTS DE LA BIOMASSE

La **biomasse-énergie dégage très peu de gaz à effet de serre** car les plantes sont capables de transformer le dioxyde de carbone de l'air, la lumière du soleil et l'eau en énergie et en oxygène grâce à une réaction chimique : la photosynthèse.

Les procédés de valorisation énergétique permettent de :

- **valoriser les déchets** et effluents liquide
- **réduire la pollution** des effluents liquides (méthanisation).



Les unités de production d'énergie biomasse sont **disponibles à 100 %** du temps contrairement au solaire ou à l'éolien.

La production de biomasse-énergie (bois principalement) est **créateur d'emplois ruraux durables**. **La filière bois-énergie génère 3 fois plus d'emplois que les autres énergies renouvelables**.

La production potentielle de bois-énergie en conditions favorables peut atteindre **30 t/ha/an** (équivalent 10 000 l fuel). La référence moyenne est à 10 t/ha/an.

L'arbre en **agro-foresterie** est bénéfique au système agricole en permettant la remontée des éléments minéraux (photo ci-joint), de produire du fourrage...



La production de bois-énergie en foresterie ou agro-foresterie est une **source de revenus** pour les populations rurales, d'autant plus rentable qu'elle **nécessite peu de travail**.

La valorisation par méthanisation produit de l'énergie et un **engrais** à haute valeur fertilisante.

Une unité de production de 1 MWe fonctionnant en continue consomme 10 000 t de biomasse-énergie (technologie de combustion/gazéification) soit la production de 1 000 ha de plantation forestière et permet de créer 10 à 30 emplois direct à temps plein.

III LES TECHNOLOGIES ADAPTEES

Pour la production d'électricité on distingue 3 technologies :

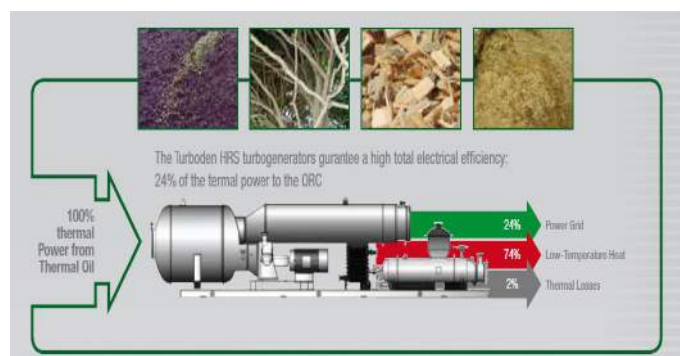
Pour le bois et sous produits agro-industriels secs :

1- **Combustion de la biomasse dans une chaudière pour produire de la chaleur ;** la chaleur est utilisée dans une turbine ORC ; le sous produit est de la cendre et des fumées ; Cette technologie a comme principal atout d'être robuste, de nécessiter peu d'entretien et d'être très durable à la différence des turbines classiques.

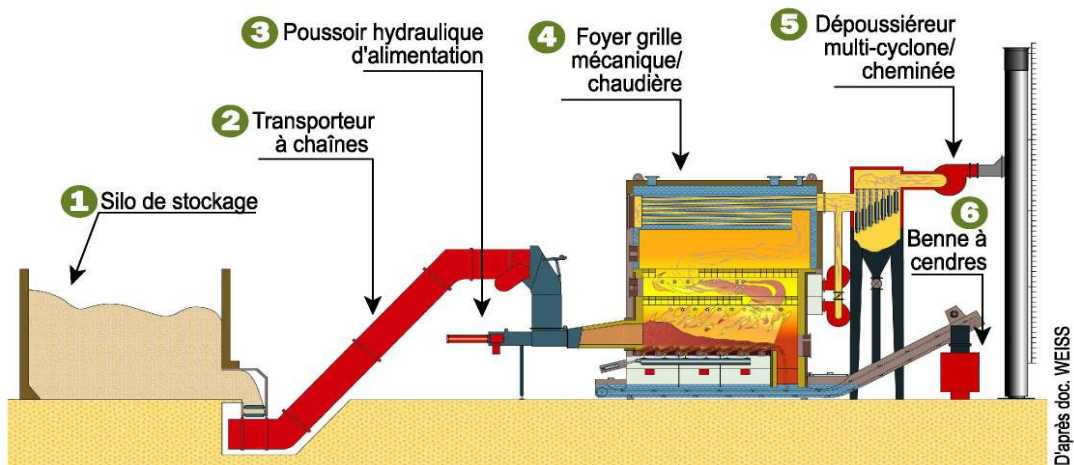
Puissance > 200 kWe
Investissement : 3000 EUR/kWe

Un des leader mondial est la société Turboden (Italie) qui propose une gamme de 200 à 15 000 kWe avec aujourd'hui plus de 292 références dans 32 pays.

Plusieurs fabricants peuvent fournir des chaudières pour la production d'énergie pour alimenter l'ORC ; Le combustible utilisé peut être tous types de biomasse peut avoir une humidité allant jusqu'à 40%.



Turbine ORV de Turboden



Chaudière biomasse

Le système a un rendement en production électrique de 18 à 25% et >75% en cogénération.

2- Gazéification de la biomasse pour produire un gaz utilisé dans un groupe électrogène; le sous produit est du « biochar » utilisable en agriculture ou pour produire des briquettes de biocharbon; l'installation consomme de l'eau pour son fonctionnement (lavage du gaz). Le rendement électrique est de 20-25% en production électrique et > 75% en cogénération.

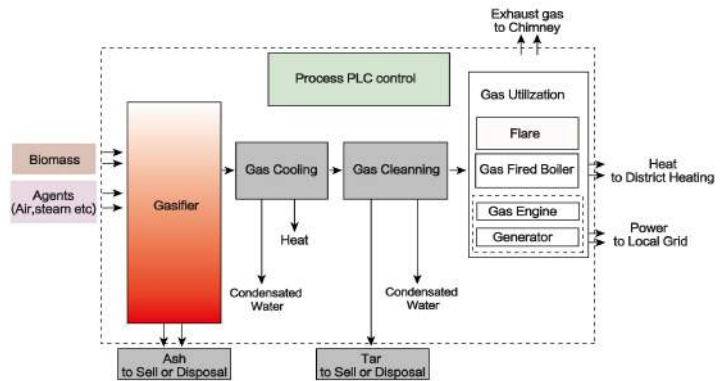
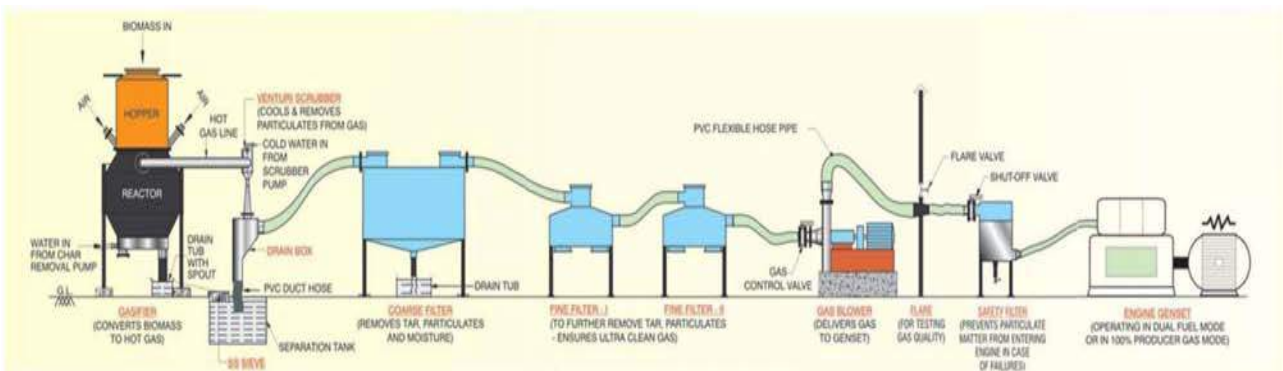


Schéma de principe de la gazéification



Installation complète

Plusieurs fournisseurs proposent des solutions de 11 kwe à 1 Mwe fonctionnant avec tous types de biomasse. Dans tous les cas la biomasse doit avoir moins de 20% d'humidité (moins de 10% pour la balle de riz) ce qui peut nécessiter d'installer un séchoir (fonctionnant en récupération de l'énergie de la cogénération).

Un fabricant propose des solutions à partir de 11 kWe jusqu'à plusieurs MW. Plus de 1000 unités à travers le monde.



Unité 11 kWe

Plusieurs autres fournisseurs ont développé des solutions qui disposent aujourd'hui de références. L'allemand Spanner propose des modules de 20 à 45 kWe cogénération au bois déchiqueté. Il a installé plus de 260 unités en Allemagne principalement.



Unité 20 kWe

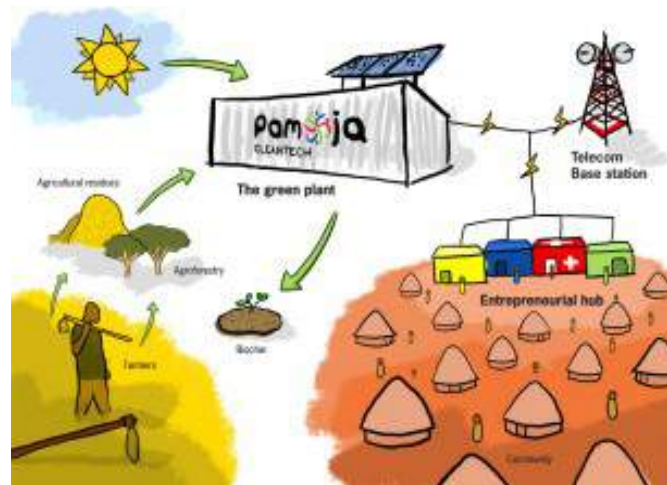
Une société US propose un module de 20 kWe à moins de 40 000 USD. L'entreprise a plusieurs partenaires en Afrique.

PAMOJA est une start up suédoise qui a installé en 2012, deux sites de gazéification en Ouganda dont un de 10 kWe (All Power Labs) et un gazéificateur à balle de riz de Ankur.

« Pamoja Cleantech specializes in innovative biomass technologies for off-grid electricity applications. We are a service outreach partner, that build local capacity and empower local energy service companies in maintenance and operation for power generation and related feedstock supply. Through the integration of the local community we build short-cycle operations supplying the energy system with agricultural residues or biomass from agroforestry for feedstock. »



Module 20 kWe



Concept Pamoja

Une étude a été réalisée sur deux sites utilisant un gazéificateur (250 et 10 kWe) en Ouganda entre 2007 et 2011 et indique que : « *Wood gasification systems have the potential to contribute to the rural electrification in Sub-Saharan Africa. Both systems proved their potential to compete economically with diesel generated electricity when operating close to the rated capacity. At an output of 150 kW running for 12 h/day and 8 kW running for 8h/day, the systems produced electricity at US\$ 0.18 and 0.34/kWh, respectively. A stable electricity demand close to the rated capacity proved to be a challenge for both systems. Fuelwood costs accounted for 0.03 US\$/kWh for both systems. Recovery of even a small fraction of the excess heat (22%) already resulted in substantial profitability gains for the 250 kW system. Results indicate that replicating successful wood gasification systems stipulates integration of sustainable fuelwood supply and viable business models.*

Puissance > 10 kWe
Investissement : 1500 à 2000 EUR/kWe



La filtration du gaz produit par la gazéification nécessite un entretien strict des filtres particulièrement avec les sous produits agricoles.

2 X WBG-1500 gasifiers for Drying Application, India

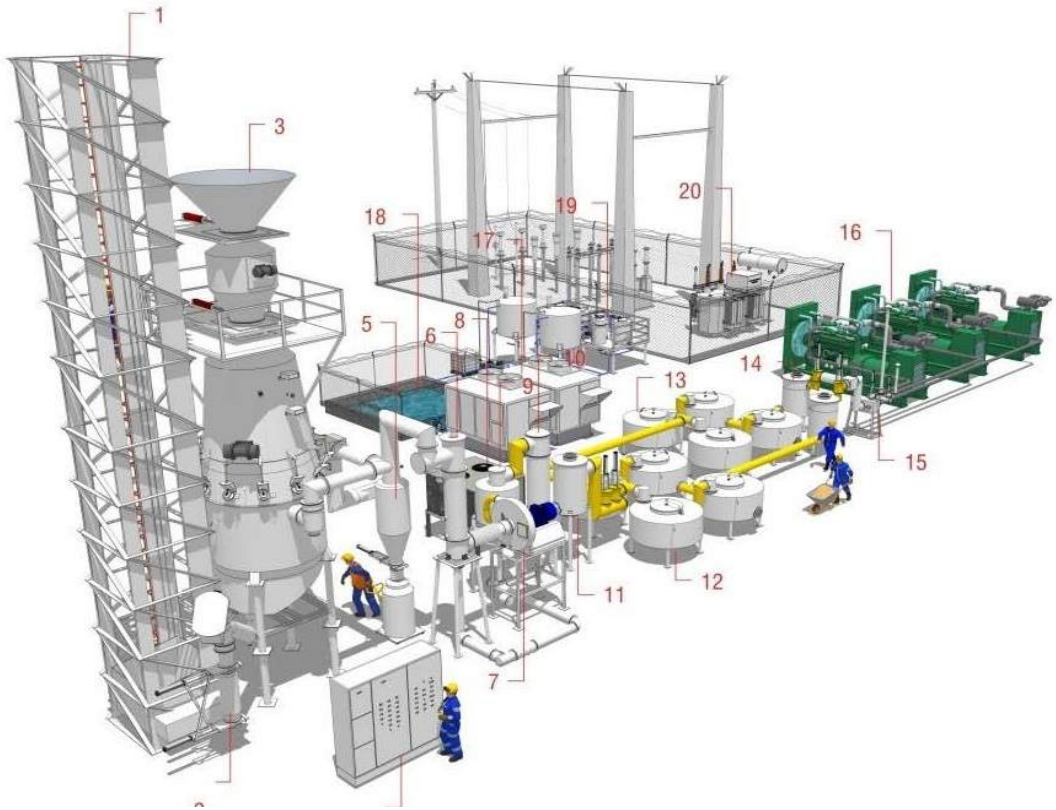


Rice Husk based 250 kWe Power Plant,
India



40 kWe Power Plant,
Colombia

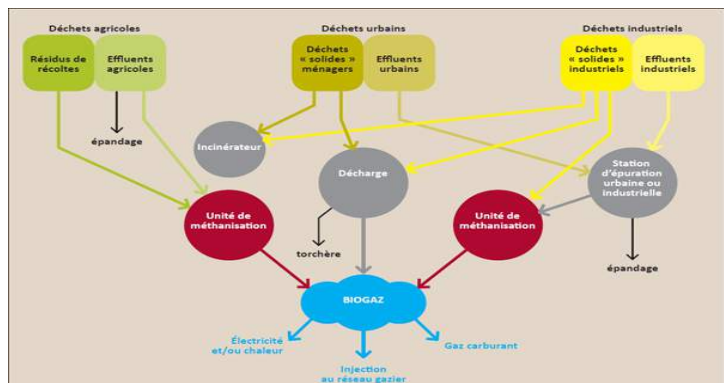




Pour les sous produits et déchets humides et liquides

La **méthanisation** produit par décomposition sans oxygène de la matière organique, un gaz composé à 60% de méthane (gaz naturel) et 40% de gaz carbonique et des éléments traces (eau, soufre, hydrogène...). Le gaz est utilisé dans un groupe électrogène à partir de 1 kWe et jusqu'à plusieurs Mwe.

Le rendement électrique est de 25 à 30% (jusqu'à 40% avec moteurs de haute technologie) en production électrique et > 75% en cogénération.



Filières de production de biogaz (source SER)

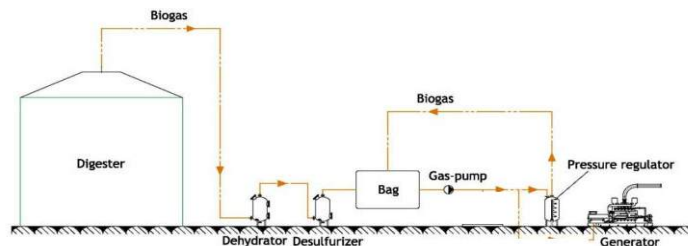
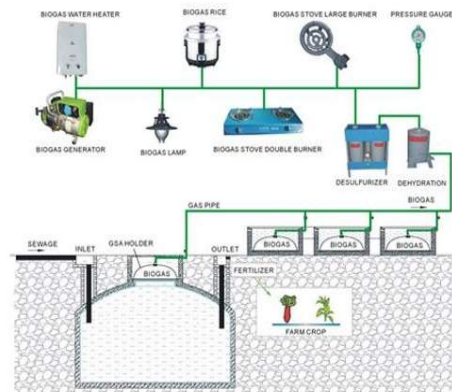
La technologie est la plus simple et la plus robuste. Le réacteur de méthanisation est une cuve en béton ou en briques sans pièces mécaniques dans les versions de base. Les matières sont introduites puis fermentent durant 10 à 40 jours selon le type et produisent du gaz.

En sortie l'effluent, le digestat est utilisé comme engrais organique.

Installation complète

La technologie biogaz présente plusieurs atouts :

- Construction avec des matériaux locaux (ciment, sable...) par une main d'œuvre peu qualifiée.
- Entretien réduit (les filtres se changent une fois/an) – entretien limité à la gestion du groupe électrogène.
- Traitement des pollutions organiques (eaux usées, eaux d'huileries, abattoirs...).
- Permet une valorisation énergétique et agricole des biomasses agricoles comme les déjections animales.
- La valorisation des eaux usées ou des boues de fosses septiques permet de produire du biogaz et de valoriser le liquide en agriculture.
- La puissance minimum est de 1 kWe (en discontinue) ou 5 kWe en continue.
- Le biogaz permet de fournir l'énergie électrique, le gaz cuisson, de produire de l'eau chaude...



Composants d'une installation

Si la technologie de production d'électricité à partir de biogaz est très développée en Europe, il existe encore peu d'exemple en Afrique. Les programmes biogaz se sont concentrés sur la seule production d'énergie de cuisson.

Pourtant le demande des ménages pour l'énergie électrique est plus forte et il semble indispensable d'intégrer aux projets biogaz la production électrique.

Une installation de méthanisation pour un ménage rural n'est pas rentable si l'on ne produit que du gaz cuisson. Par contre en usage cuisson et électricité l'investissement est compétitif par rapport aux autres solutions renouvelables.

Puissance > 1 kWe
Investissement : 3000 EUR/kWe

Cogénération (principe)

Tous les procédés de production d'électricité ne dépassent pas 30 à 35%. La cogénération permet de récupérer de la chaleur « perdue » sous forme d'eau chaude à basse température (70°C). Tous les moteurs peuvent être équipés d'une cogénération quelque soit l'énergie utilisée. La valorisation de l'eau chaude peut servir au séchage du combustible biomasse.

