COMBINE

Convertir la matière organique des espaces naturels et urbains en bio-énergie stockable

Investing in Opportunities

This project has received European Regional Development Funding through INTERREG IV B.

INTERREG IVB

Programme Interreg de l'Europe du Nord-Ouest

Production intégrée de combustible solide et de biogaz à partir de biomasse

Description du procédé IFBB :

IFBB-Integrated Generation of Solid Fuel and Biogas from Biomass

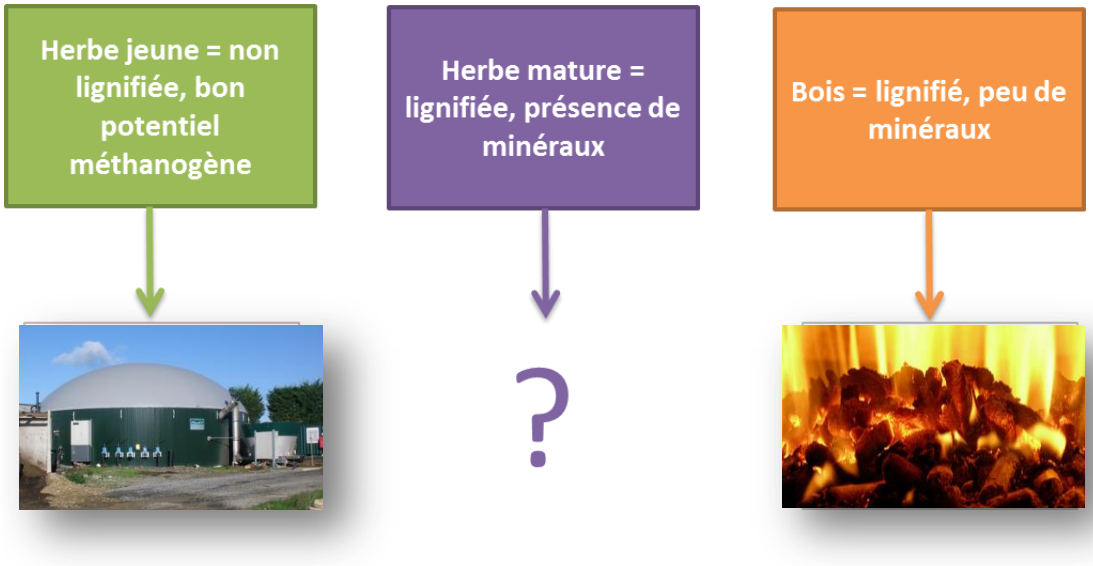
Conseil Général Côtes d'Armor

Aile Association d'Initiatives Locales pour l'Énergie et l'Environnement

Approche technique

L'utilisation des prairies matures pour l'énergie – un défi

La biomasse des espaces semi-naturels contient une grande proportion de lignine, de cellulose et de minéraux. Cela la rend difficile à valoriser directement dans une installation de biogaz ou de combustion.



IFBB-Integrated Generation of Solid Fuel and Biogas from Biomass / Production intégrée de combustible solide et de biogaz à partir de biomasse

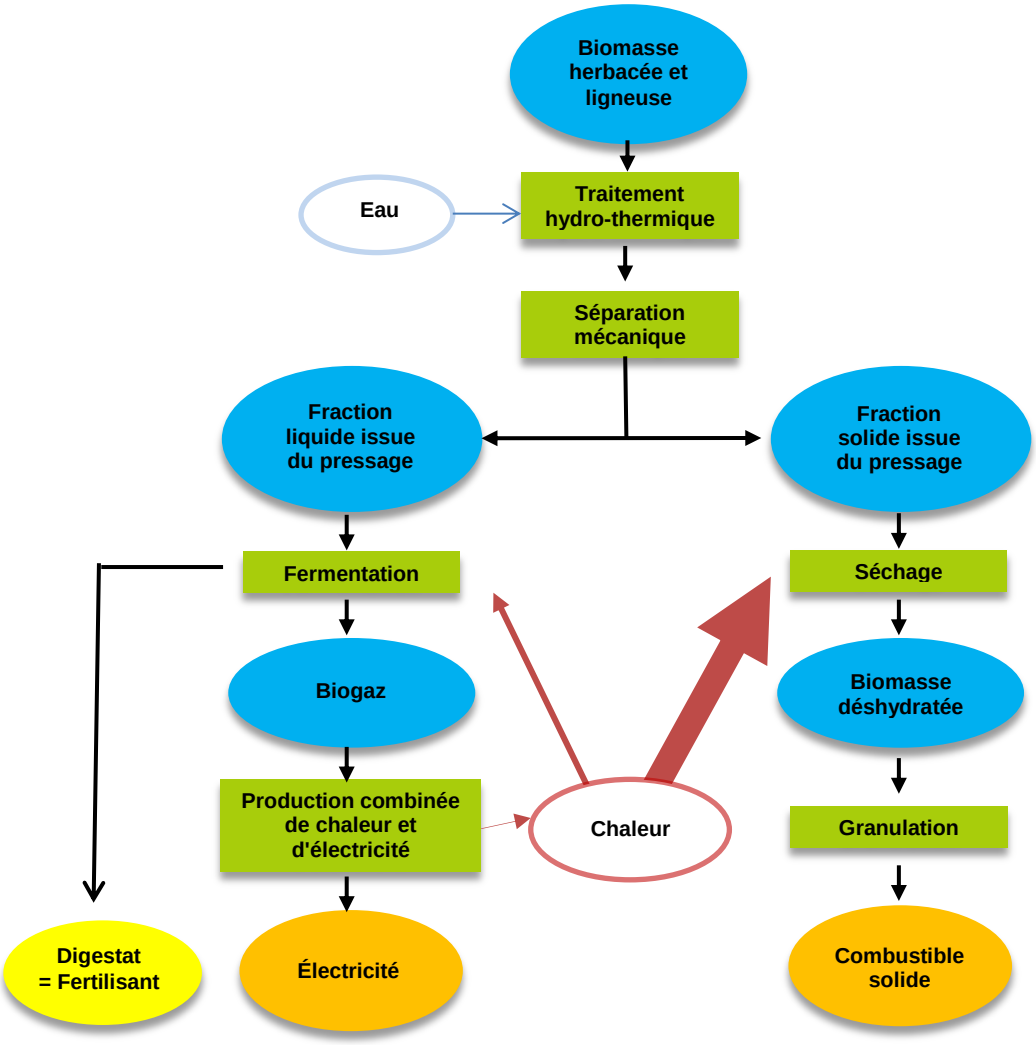
Le procédé IFBB, mis au point par l'Université de Kassel, permet de séparer la biomasse en deux fractions distinctes :

- Une partie solide, épurée de minéraux indésirables pour la combustion et utilisable comme combustible
- Une partie liquide, contenant les composés facilement digestibles et utilisables dans n'importe quelle installation de biogaz.

Ce procédé convient pour :

- Les déchets verts
- Les fauches de bords de route
- Les résidus d'entretien des espaces naturels

Étapes du procédé

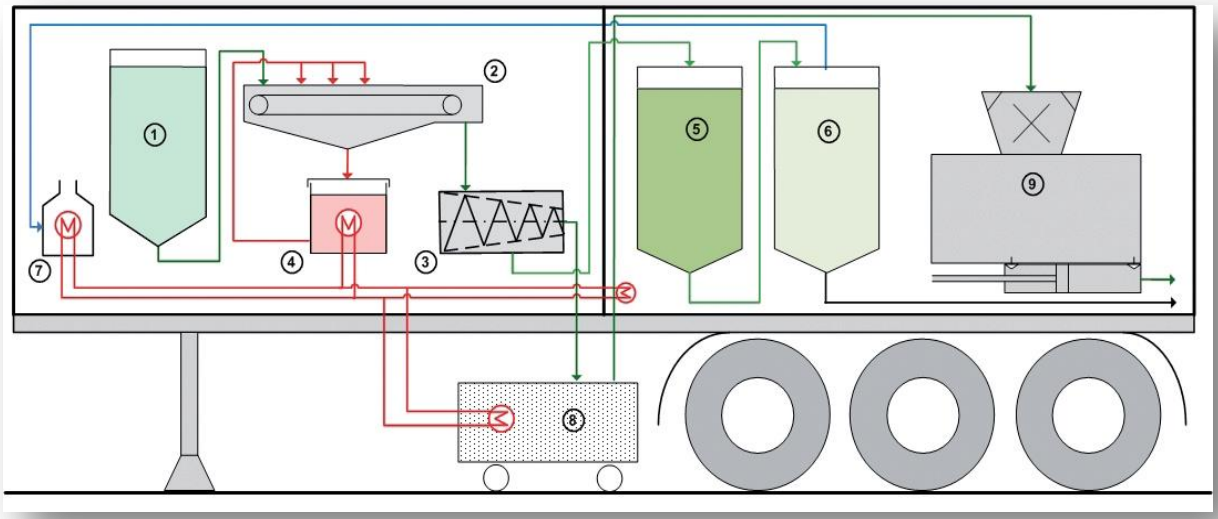


- La biomasse est broyée et ensilée
- L'ensilage est prétraité par trempage dans l'eau à 40°
- Séparation de phases par presse à vis.
- Le liquide résultant de la presse peut être converti en biogaz par digestion anaérobie. Le digestat peut être utilisé comme fertilisant.
- La phase solide est séchée puis mise en briquettes à l'aide d'une presse hydraulique, puis est utilisé en chaudière

Le Blue Conrad : un prototype de démonstration

Le prototype a été mis au point dans le cadre du programme LIFE+ Prograss et a réalisé une tournée de mise au point en Allemagne, Pays de Galles et Estonie en 2010 et 2011. Cette tournée a permis de surveiller constamment la qualité de l'ensilage, du combustible solide et le rendement en biogaz dans une démarche d'amélioration continue.

Il est maintenant disponible pour une tournée de démonstration dans les pays partenaires du programme Interreg IV Combine.



1 - Cuve de stockage de la biomasse **2 - Conditionnement hydro-thermique** **3 -Presse à vis pour la séparation mécanique**
4 - Cuve de pulpe humide **5 - Cuve de stockage du fluide pressé** **6- Digesteur**
7 - Brûleur biogaz **8 - Séchoir de pulpe séchée** **9 – Presse à briquettes**

Données techniques

- Capacité : 400 kg d'ensilage par jour
- Combustible produit : 90 kg de matière sèche par jour
- Puissance biogaz : 7 kW

Description du prototype

Convoyeur pour l'ensilage

Traitement hydro-thermique

Presse à vis

Digesteurs à lit fixé

Chaudière biogaz

Caissons de séchage

L'équipement mobile de démonstration se compose de deux containers sur remorque.

Le prototype reprend tous les éléments constitutifs du procédé IFBB. Le pré-traitement de l'ensilage est réalisé dans un système de percolation à la température de 40 °C.

La séparation de phase se fait grâce à une presse à vis. La fraction liquide est transférée dans le second container où elle est transformée en biogaz dans un digesteur anaérobie d'un volume de 1.3m3 à une température de 37°C.

Le biogaz est brûlé dans une chaudière pour chauffer l'eau du pré-traitement, pour maintenir le digesteur en température et pour sécher en partie la fraction solide.

La mise en briquettes s'effectue avec une presse hydraulique d'une capacité de 40 à 110 kg/h.

Presse à briquette

Les étapes

- Introduction de l'ensilage grâce à un convoyeur à bande
- Traitement hydro-thermique
- Séparation de phases par presse à vis
- Digesteurs à lit fixé pour la transformation du liquide en biogaz
- Séchage de la fraction solide dans des caissons chauffés par la chaudière biogaz.
- Fabrication des briquettes avec une presse hydraulique.

L'unité à taille réelle de Baden-Baden

Le service Environnement de la ville de Baden-Baden en Allemagne exploite la première installation à taille réelle du process IFBB. La production a démarré 2013. A Baden Baden le procédé IFBB a été ajouté comme un module supplémentaire sur le site de la station d'épuration et de traitement de biodéchets existante (photo de gauche). La présence d'une unité de biogaz d'une puissance de 1.3MW électrique, couplée à la station d'épuration, permet d'avoir une chaleur disponible pour le séchage.

L'unité a une capacité de production de 2 100 tonnes de briquettes d'ensilage par an.

Schéma simplifié du site de gestion intégrée des déchets

Le module IFBB traite de nombreux substrats : branches, buissons, herbe, déchets verts des particuliers et des espaces verts, etc. Les premières étapes du procédé sont de séparer, broyer et cribler les matières entrantes. Le bois entre 20 et 60 mm est directement utilisé en chaudière après séchage. Les particules fines de bois, l'herbe et les feuilles sont ensilées

et enrubannées en balles de 500 kg (photo de gauche). Cela facilite le stockage et le transport vers l'unité de traitement, située à 2 km de la plateforme de réception des matières. C'est alors le démarrage du procédé IFBB en lui-même : l'ensilage est broyé à nouveau et mélangé à de l'eau à 40°C, puis l'ensemble est brassé dans une cuve mélangeuse (photo du centre).
Pour que le mélange reste pompable, 4 volumes d'eau sont nécessaires pour 1 volume d'ensilage. L'ensemble est ensuite transféré dans deux réservoirs tampons où le mélange est ré-homogénéisé. Les particules restantes de sable ou de terre se déposent au fond. Ensuite le mélange passe dans la presse à vis pour être séparé en une fraction liquide et une fraction solide.
La phase liquide est envoyée directement dans la cuve d'hydrolyse de l'unité de méthanisation. La phase solide passe dans un sécheur à tapis pour atteindre un taux d'humidité de 15 à 17% Le sécheur à bande (container bleu sur la photo ci-dessus) utilise la chaleur de l'unité de méthanisation.

Presse à briquette

Briquettes

Chaudière biomasse

Moteurs de cogénération

La fraction solide séchée peut être utilisée directement dans les chaudières de l'installation (2x 420kW) qui complètent l'approvisionnement en chaleur du site.
L'association du traitement des eaux usées, de la méthanisation et du procédé IFBB sur le même site permet d'apporter une solution locale de traitement des déchets à la fois économe et favorable pour l'environnement.

Résultats scientifiques de PROGRASS

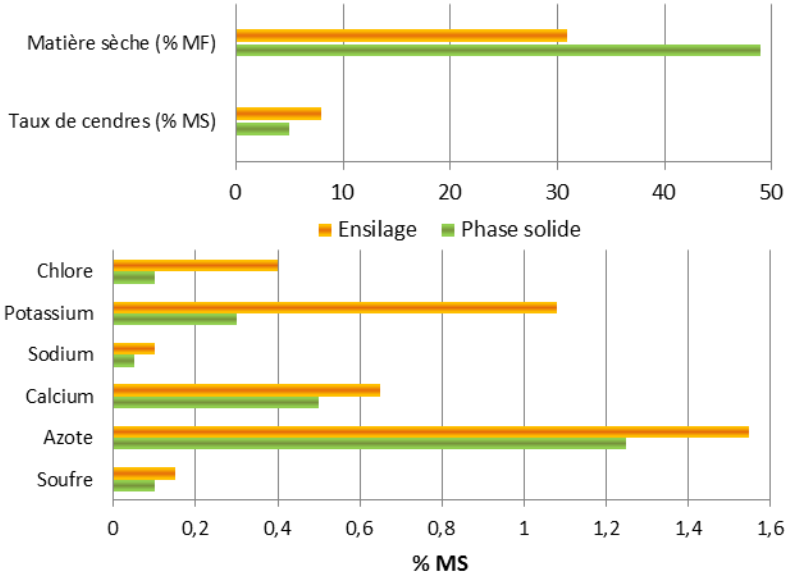
Ici sont présentés les résultats des quatre ans d'expérimentations scientifiques conduites dans le cadre du projet PROGRASS.

Propriétés du combustible

Contenu en minéraux

Le procédé IFBB permet une amélioration significative des propriétés de combustible.

Ce résultat a pu être vérifié avec les matières végétales provenant des trois régions impliquées dans le programme PROGRASS (Allemagne, Pays de Galles, Estonie)

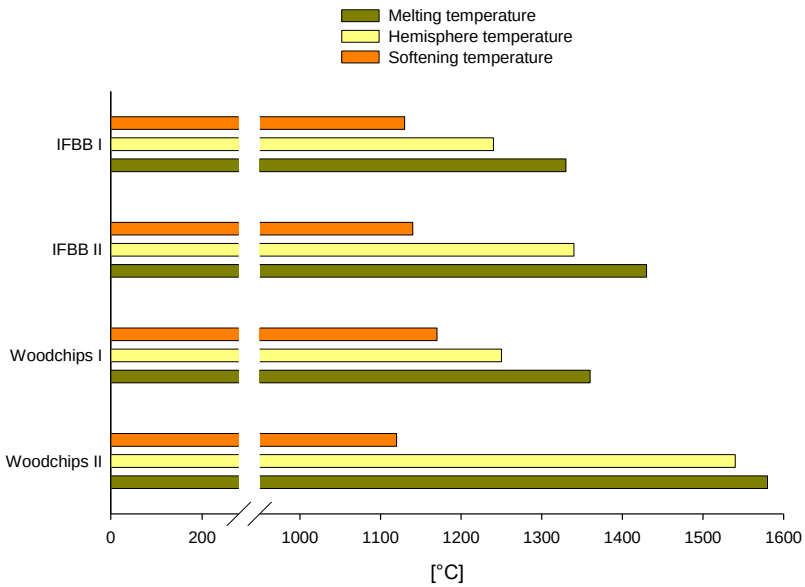


Comparé à l'ensilage, le combustible final présente des taux réduits pour les minéraux défavorables à la combustion suivants : soufre, chlore, potassium et magnésium, pour atteindre des niveaux non préoccupants pour la combustion (voir graphique ci-dessus). Le taux d'azote de la fraction solide était plus bas que celui de l'ensilage, sans atteindre les valeurs recommandées pour la combustion en chaudière de petite puissance.

Le contenu en minéraux est plus faible si l'herbe est récoltée aussi tard que possible et si elle est riche en graminées. L'ensilage à base de trèfle est moins adapté pour le process IFBB. L'ajout d'une part de bois dans le mélange ensilé permet également d'améliorer les caractéristiques de combustion.

Comportement des cendres

La baisse du taux de potassium dans la fraction solide est particulièrement importante pour améliorer la température de déformation des cendres et ainsi éviter la formation de mâchefers dans le foyer. La température de déformation du combustible IFBB est supérieure à 1100°C et est donc comparable à celle du bois. Il est essentiel d'obtenir de telles températures de déformation pour limiter les coûts d'entretien et les risques de panne.



Graphique ci-dessus : en vert, température de fusion, en jaune, température d'hémisphère, en orange, température de déformation.

Des essais de combustion sont en cours de réalisation dans le cadre du programme Combine, leurs résultats seront bientôt disponibles.

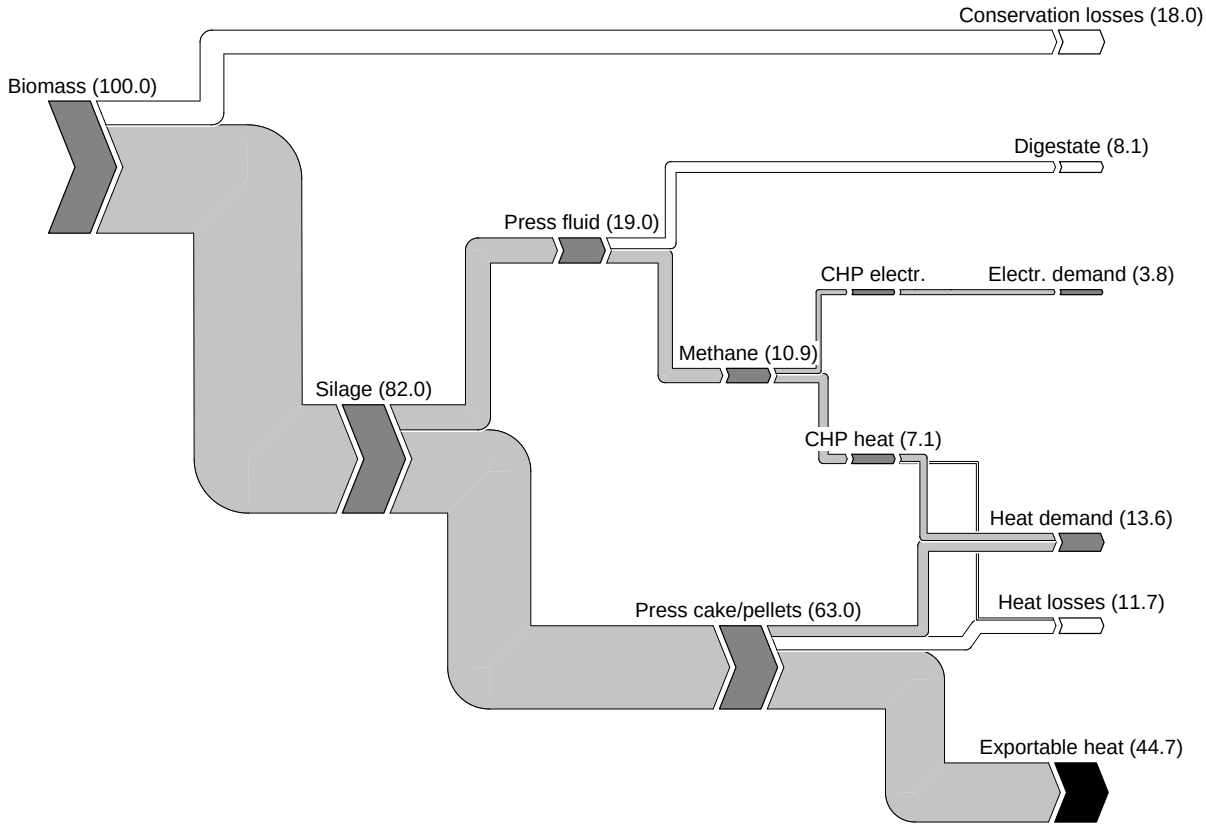
Propriétés du liquide méthanisable

Le liquide méthanisable est très dilué (1 à 2 % de matière sèche seulement) mais contient des matières organiques hautement digestibles (400 à 500 Nm3 CH4/ kg MO), alors que l'herbe au départ était faiblement digestible.

Avantages techniques du process IFBB:

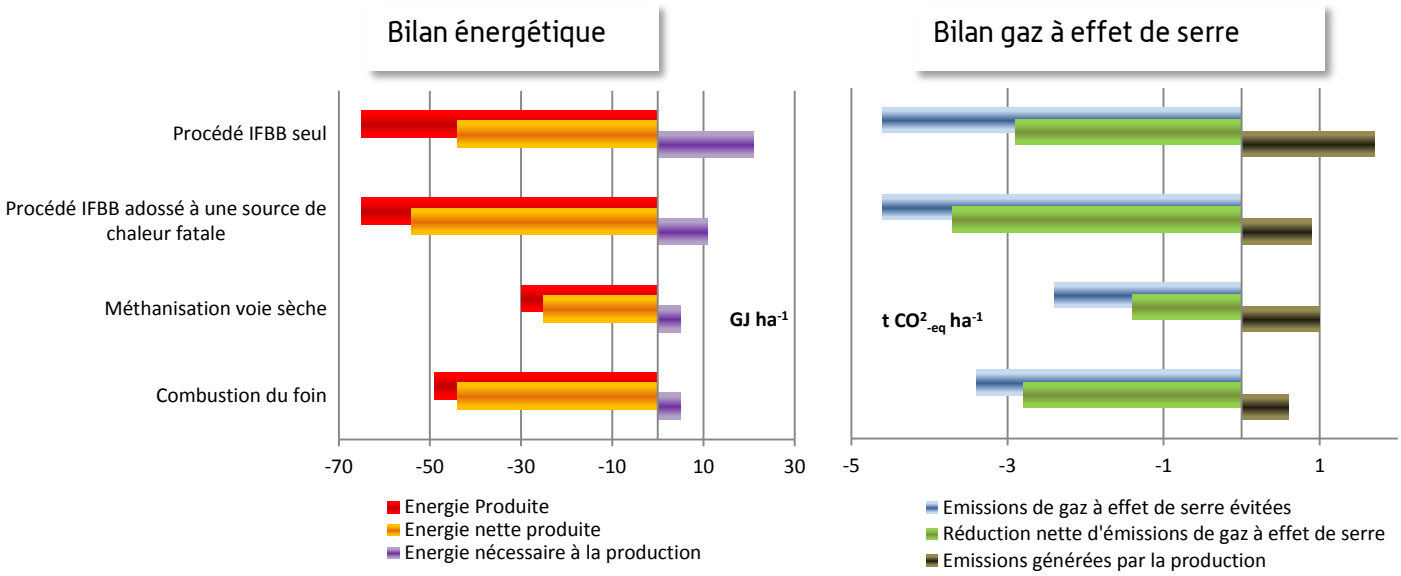
- Meilleure digestibilité anaérobie grâce au pré-traitement de la biomasse (ensilage, traitement hydro-thermique, séparation de phases)
- Meilleure qualité de combustion de la fraction solide par une diminution du taux de minéraux.
- Réduction des coûts de transport grâce au séchage et à la compression de la fraction solide.
- Recyclage des nutriments via le digestat

Bilans énergie et gaz à effet de serre



La conversion d'herbe en combustible via le process IFBB permet de valoriser 45% de l'énergie initialement contenue dans la biomasse sous forme de chaleur. L'électricité produite est utilisée pour les besoins du process. 15% de l'énergie initiale est également nécessaire pour couvrir les besoins du procédé, notamment du séchage. Si l'on adosse le procédé IFBB à une installation de méthanisation où la chaleur est perdue, le taux de valorisation monte à 53%.

La comparaison des systèmes IFBB avec d'autres filières du point de vue du bilan énergie et gaz à effet de serre est présentée ci-dessous. Les procédés IFBB ont le plus fort potentiel de substitution d'énergies fossiles et de réductions des émissions de gaz à effet de serre lorsqu'ils sont intégrés sur un site de méthanisation ayant de la chaleur fatale. La combustion directe du foin présente le même bilan énergie et gaz à effet de serre qu'un procédé IFBB exploité seul. La méthanisation de l'herbe en voie sèche offre le plus faible potentiel en terme d'énergie et de gaz à effet de serre à cause de la mauvaise digestibilité de l'herbe des habitats semi-naturels.

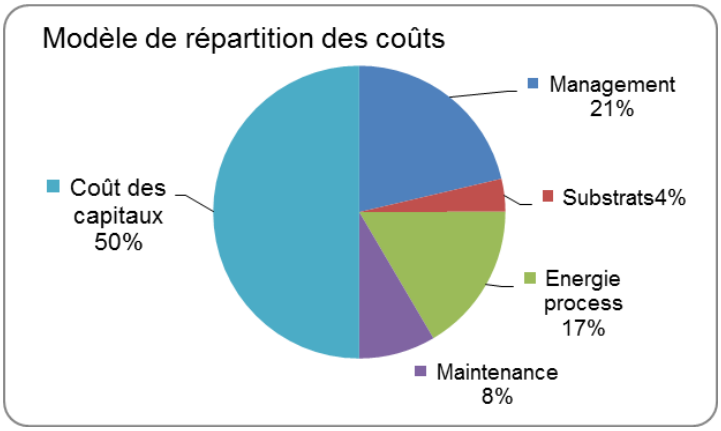


Application dans les conditions françaises

La rentabilité du procédé est influencée principalement par les facteurs suivants :

- Prix de vente des granulés
- Coûts d'investissement
- Inflation sur les combustibles solides
- Coût de mobilisation des substrats

Les filières d'approvisionnement en combustibles solides dans l'Ouest de la France sont à une phase charnière. En effet, malgré le développement de gros projets de combustion bois le marché des combustibles solides reste autour de 21-22€/MWh pour les projets industriels. Le bois provient majoritairement de sous-produits (anciennes palettes broyées, sous-produits d'industrie du bois et d'élagage), et les bois forestiers ont encore du mal à être mobilisés. Cette situation devrait évoluer dans les prochaines années, et l'opportunité de produire des combustibles de qualité contrôlée à partir de nouvelles sources de biomasse pourrait être une bonne opportunité pour les collectivités et les investisseurs privés.



Profil type d'une unité IFBB-Plant (Version basique)

Durée d'amortissement	20 ans
Puissance thermique:	0,8 MW_{therm}
Puissance électrique:	50 kW_{el}
Ressources nécessaires	approx. 500 ha (rendement 3,8 t MF/ha)
Production de granulés:	1.500 t/an
Coût d'investissement:	approx 1,5 Mio. € (si adossé à l'existant: 0,86 Mio. €)

Les matières premières adaptées au procédé IFBB

Le procédé IFBB peut valoriser des substrats récoltés sur une grande variété de sites herbacés. Cela doit permettre de valoriser de l'herbe considérée jusque-là comme un déchet.

Aires protégées Natura 2000
Prairies de vallées

Prairie en jachère

Aires protégées Natura2000
Zones humides à tourradons

Zones urbaines,
Plates bandes

Zones rivulaires
Bords de rivière et de lacs

Zones urbaines,
Parcs municipaux

Bords de route

Bords de voie ferrée

Bords de route

Contacts

COMBINE and PROGRASS Project Team

c/o University of Kassel,
University of Kassel - Organic Agricultural Sciences
Department of Grassland Science and Renewable Plant Resources
Steinstr. 19 D-37213 Witzenhausen - Phone: +49-561-804 1338
office@combine-nwe.eu ; www. combine-nwe.eu

AILE

73 rue de Saint Brieuc - CS 56520 - 35065 RENNES Cedex
Tél : 02 99 54 63 23 - info@aile.asso.fr - www.aile.asso.fr

Conseil Général des Côtes d'Armor

DAERN/SRENP - Espace Jerzual - 9 place du Général de Gaulle - CS 42371
22023 SAINT BRIEUC Cedex 1 - Tél : 02 96 62 27 26 – www.cotesdarmor.fr

Investing in Opportunities
This project has received European Regional Development Funding through INTERREG IV B.
INTERREG IVB