



# Bioenergía

## Desarrollar y optimizar procesos de producción de energía a partir de biomasa

La gran mayoría de las poblaciones rurales de los países del Sur no tienen acceso a la energía. La biomasa, muchas veces abundante en estos países, sirve únicamente para abastecer de energía doméstica básica. Hoy para alcanzar un desarrollo económico se debe tener acceso a una energía de producción, imprescindible a las actividades de transformación de las materias primas y de conservación de los productos alimenticios, y al desarrollo de actividades económicas generadoras de empleos e ingresos.

### Equipos principales

**Polo de competitividad Trimatec**  
sobre las ecotecnologías

**Polo de competitividad DERBI -**  
**Desarrollo de Energías Renovables-**  
**Construcción-Industria**

**Red BIOENERGIESUD**

**UR Biomasa Energía**  
(CIRAD)  
12 científicos

### Otros equipos relacionados con este tema

**UMR IATE**  
**Ingeniería de los Agropolímeros**  
**y Tecnologías Emergentes**  
(CIRAD/INRA/Montpellier SupAgro/UM2)  
49 científicos

**UR LBE**  
**Laboratorio de Biotecnología**  
**del Medio Ambiente**  
(INRA)  
16 científicos

El objetivo de las investigaciones de la UER « *Biomasa energía* » (CIRAD) es desarrollar y optimizar los procesos de producción de energía a partir de biomasa y analizar las condiciones de desarrollo de los sectores en los países del Sur. Las aplicaciones identificadas son la producción de calor, de electricidad y de fuerza motriz. La unidad trabaja más específicamente sobre los procesos de conversión termoquímica de la biomasa por pirólisis, gasificación y combustión. Los conocimientos adquiridos contribuyen también al desarrollo a largo plazo de biocarburantes de segunda generación producidos por vía termoquímica. Los trabajos de investigación se organizan alrededor de dos ejes:

① Comprensión de las reacciones de pirólisis, gasificación y combustión de combustibles provenientes de la biomasa, y concepción de procesos innovadores de conversión : la investigación considera la influencia de la naturaleza de la biomasa sobre las reacciones, los factores que controlan la conversión, la calidad de los productos obtenidos y su valorización, y de forma general, sobre la optimización de los procesos de valorización. La unidad se apoya sobre dispositivos experimentales a escala de laboratorio y piloto semi-industrial. Se desarrollan también modelos de comportamiento de la biomasa en el curso de las diferentes fases de transformación.

② Condiciones de puesta en práctica de los sectores biomasa energía : los temas de investigación están enfocados a la evaluación de los impactos medioambientales de los sectores, de esquemas de desarrollo a escala local, nacional o regional, de la definición de metodologías de evaluación (*ex ante* y *ex post*) y de la viabilidad de los sistemas de producción de energía a partir de biomasa, con un enfoque integrado de los factores técnicos, económicos y medioambientales.

La unidad trabaja en colaboración con el Instituto de Ingeniería del Agua y del Medio Ambiente (Burkina Faso), con el cual se ha implementado una plataforma común de investigación en biomasa y energía, con el Laboratorio de productos forestales (Brasil), con el cual se llevan a cabo investigaciones sobre la valorización energética de los residuos forestales y de maderas de plantación, con el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (Costa Rica) con el cual trabaja sobre esquemas de desarrollo de sectores « biomasa energía » y sus impactos.

Los principales equipamientos científicos de la unidad abarcan una plataforma a escala piloto /semi-industriale de 200 m<sup>2</sup>, un banco de prueba motor y quemador para los combustibles provenientes de la biomasa, laboratorios de análisis de los productos y coproductos de reacción de conversión. ■



▲ Reactor piloto del CIRAD de pirolisis y gasificación de biomasa en lecho fijo continuo.

© Laurent Van de steene

## La biomasa del viñedo de Champaña, recurso de energía renovable para la producción de botellas

El proyecto BioViVe (biomasa vitícola por fusión del vidrio) apunta a la utilización directa, en un horno vidriero, de un gas de síntesis obtenido a partir de sub-productos leñosos provenientes de la tala y del arrancamiento de la viña, en reemplazo de las energías fósiles. Este gas estará adaptado específicamente a las necesidades de fusión del vidrio y estará probado en el horno de Verallia, ubicado en Oiry (Marne, Champaña).

En esta perspectiva, los socios del proyecto, Saint-Gobain Embalaje, GDF SUEZ, XYLOWATT, el CIRAD y el Comité Interprofesional del Vino de Champaña, llevan investigaciones a nivel de laboratorio, pruebas en celdas de combustión semi-industrial y pruebas de larga duración en el horno industrial de Oiry, en condiciones de producción habituales. Este proyecto integra también la creación de un sector de colecta continua de la biomasa en el viñedo de Champaña. El objetivo final del proyecto es lograr un valor de sustitución de aproximadamente un 7% de energía fósil por biomasa. Además los conocimientos y

la experiencia adquirida mediante este proyecto permitirán a los socios predecir un desarrollo más significativo del sector y pasar a valores de sustitución del 50%.

La UR « Biomasa energía » está involucrada particularmente en dos tareas del proyecto cuya coordinación le corresponde. La primera apunta a la caracterización y la movilización del recurso « residuos maderas de viñas ». La segunda atañe a las actividades de investigación del proyecto sobre la comprensión y la optimización del proceso de gasificación escalonado, buscando un crecimiento del poder calorífico del gas de síntesis. En el CIRAD, las investigaciones llevadas a cabo en gasificación constituyen el corazón de las actividades de la unidad. El objetivo a mediano plazo es proponer una solución eficiente de valorización de la biomasa para facilitar a las poblaciones del Sur, el acceso a la energía.

Contacto : Laurent Van De Steene,  
[laurent.van\\_de\\_steene@cirad.fr](mailto:laurent.van_de_steene@cirad.fr)



## Mejoramiento de la combustión de los agrocarburos para las poblaciones rurales del Sur

Un vaso (20 cl): es la cantidad promedio diaria de gasóleo o de biocarburo que necesita una familia rural del Sur (África, Pacífico, Amazonia...) para tener electrificación durante 4 u 8 horas al día. Pero la demanda prioritaria sigue siendo la obtención de potencia, puntual o por intermitencia, para satisfacer servicios energéticos. En África, es necesario para moler los cereales, extraer el agua y los trabajos artesanales que utilizan las herramientas eléctricas manuales. En todo el mundo rural en desarrollo, esta potencia se logra gracias a motores pequeños de gasolina o, más frecuentemente, motores Diesel. Desde hace varias décadas los motores Diesel de tipo Lister están presentes en todos los continentes.

En África, el desarrollo de plataformas multifuncionales (TPF/ Programa de Las Naciones Unidas para el Desarrollo) ha favorecido su diseminación comercial. Estos motores, de 5 a 15 caballos de fuerza, se pueden encontrar con varias denominaciones, según los países y las regiones (Peter Lister, Rhino, Fieldmarshal, Imex, Elephant, Jumbo, Goldstar...). Se fabrican en la India a partir de un modelo inglés en desuso. Son motores rústicos y poco exigentes, y sobre todo de bajo costo, comparado con los motores Diesel más recientes de potencia equivalente. Son muy utilizados por los molineros o para la extracción de agua. Desde el principio de los años 80, han sido objeto de tentativas para la utilización de biocarburos locales. Pero se han observado problemas de suciedad de las cámaras de combustión desde las primeras pruebas, frenando las tomas de decisión en cuanto a la



© G. Vaitilingom

utilización de aceites vegetales locales puros en contextos rurales. El objetivo del CIRAD es encontrar una solución tecnológica adaptada, a fin de permitir el uso de carburantes de sustitución sacados de oleaginosos locales. El estudio y la fabricación reciente de una pieza poco costosa (50€), fácil de fabricar y de instalar localmente permitirá a centenas de miles de estos motores aprovechar la alternativa gasóleo/ agrocarburo. Hoy se trata de los aceites de palma, de algodón o de jatropa.

**Contacto :** Gilles Vaitilingom, [gilles.vaitilingom@cirad.fr](mailto:gilles.vaitilingom@cirad.fr)

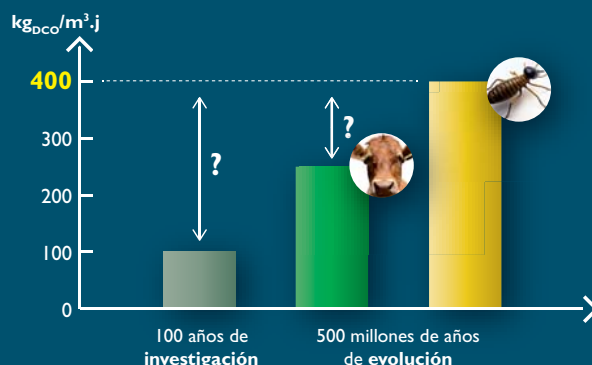
▲ Un ejemplo de motor Diesel LISTER-RHINO de 8 caballos instalado en plataforma multifuncional, acoplado aquí con un generador de corriente y una descorchadora. 2IE, Burkina Faso, 2011.

## Proyecto DANAC digestión anaerobia activada – biomimetismo para la digestión anaerobia

Hoy día las tecnologías industriales consisten en poner en práctica en el seno de un mismo reactor los diferentes procesos bioquímicos de la digestión anaerobia. Durante los últimos diez años han aparecido pre- tratamientos, incluso co-tratamientos de la digestión anaerobia, cuyo objeto era favorecer la accesibilidad de la materia para su digestión. Sin embargo, hasta el día de hoy ninguna de estas tecnologías es capaz de cruzar el umbral de 60% de degradación de la materia orgánica, limitando así la producción de biogas-metano asociado. Por otra parte, la digestión anaerobia es un proceso muy generalizado, particularmente en el tubo digestivo de los seres vivos. En estos ecosistemas, los buenos resultados de digestión pueden alcanzar desde 61 hasta 76% de la materia orgánica. Estos resultados muestran que el mundo vivo ha seleccionado sistemas capaces de quitar el cerrojo de la accesibilidad de la materia orgánica, con el fin de optimizar su transformación en compuestos energéticos. El objetivo del proyecto DANAC es analizar el conjunto de los procesos de digestión de los seres vivos, y, por mimetismo, desarrollar nuevos procesos de producción de biogas a partir de desechos permitiendo una degradación de la materia orgánica superior a 70%. El LBE coordina este proyecto en colaboración con el UR « Hidrosistemas y bioprocesos » (IRSTEA), la plataforma

de análisis proteómicos de Paris Sud-Ouest (INRA), La UMR « Biogeoquímica y ecología de medios continentales » (AgroParisTech, CNRS, ENS, IRD, Universidades Paris 6 y Paris 12) y Suez Environnement.

**Contacto :** Jean-Jacques Godon, [jean-jacques.godon@supagro.inra.fr](mailto:jean-jacques.godon@supagro.inra.fr)



▲ Los objetivos del proyecto DANAC : hacia un biomimetismo que permita encontrar soluciones tecnológicas de ruptura para optimizar el tratamiento de los residuos sólidos.

## Proyecto SYMBIOSE

estudio y optimización del acople microalgas-bacterias anaerobias para la producción de bioenergías



© LBE-INRA

Numerosos programas de investigación y de desarrollo se interesan por la utilización de microalgas para la producción de energía o la captación del CO<sub>2</sub> de origen industrial. El proyecto SYMBIOSE, coordinado por Naskeo (colaboración LBE [INRA] / UMR « Ecología de los sistemas marinos costeros » [UM2-CNRS-IRD-UMI-IFREMER] / Equipo « *Biological control of artificial ecosystems* » [Instituto nacional de investigación en informática y en automática] / Laboratorio de fisiología y Biotecnología de las Algas [Instituto Francés de Investigación para la Explotación del Mar]), desea explorar una vía paralela, y muchas veces complementaria, a los sectores de valorizaciones energéticas usuales de estos microorganismos : acoplar cultivos de microalgas,

captando CO<sub>2</sub> industrial mediante un proceso de digestión anaerobia, a fin de reciclar los elementos nutritivos en los cultivos y producir metano. El proyecto se apoya sobre los avances recientes en términos de control de los cultivos de microalgas y de procesos de digestión anaerobia, integrando la ecología de los ecosistemas de regiones laguneras y una iniciativa de eco-concepción. Propone explorar nuevas pistas de investigaciones :

- identificación y caracterización de los ecosistemas fotosintéticos capaces de soportar condiciones de culturas extremas ;
- utilización de la co-digestión en un proceso anaerobio de dos etapas, a fin de controlar los flujos de elementos nutritivos ;
- modelización y control de dos sistemas biológicos ;
- integración en un proceso único dentro de un enfoque de ecoconcepción.

Este proyecto tiene como propósito explotar los mecanismos que se producen en los entornos acuáticos naturales, pero controlándolos a fin de optimizar la eficiencia del captado de la luz y del CO<sub>2</sub>, y la persistencia de los cultivos. La mayoría de los proyectos que están interesados en la producción en masa de microalgas sacará provecho de estos avances. Los resultados esperados permitirán :

- limitar el recurso al nitrógeno y al fósforo externo en las cultivos de biomasa fotosintéticas ;
- depurar simultáneamente efluentes gaseosos y desechos orgánicos ;
- reducir los costos y aumentar el rendimiento energético ;
- mejorar la resiliencia del sistema ;
- anticipar un nuevo modelo de producción energética duradero.

Contacto : Jean-Philippe Steyer, [jean-philippe.steyer@supagro.inra.fr](mailto:jean-philippe.steyer@supagro.inra.fr)

▲ El algotrón, proceso piloto totalmente instrumentalizado del proyecto SYMBIOSE, acoplado cultivo de microalgas y digestión anaerobia sobre el sitio del LBE (INRA).

## Proyecto PEACE

producción de energía a partir de agro-recursos mediante conversiones económicas en energía

La biomasa lignocelulósica tiene que tratarse previamente para obtener una buena eficiencia de hidrólisis enzimática de los polímeros parietales, etapa clave para la producción de etanol y de metano. Cuatro unidades de investigación (UMR IATE, UR LBE, UR Biomasa energía, UMR Instituto Jean-Pierre Bourgin) se han asociado en el marco del Instituto Carnot 3BCAR\* con el propósito de estudiar y de desarrollar un proceso original de pre-tratamiento de la paja, que tenga eficiencia al nivel energético y de su balance materia/energía después de una fermentación etanólica y metanógena.

La primera etapa consiste en someter la biomasa a un tratamiento térmico moderado que degrada sus propiedades mecánicas. Para optimizar esta primera etapa, se propone una combinación con impregnación química, para permitir el debilitamiento y una modificación estructural de la arquitectura parietal a fin de desorganizar la estructura de la materia y de aumentar su reactividad. En una segunda etapa, la materia

torrefacta es triturada intensamente con desmenuzadoras de alta velocidad diseñadas para producir polvos con un tamaño de partículas inferior a 50 µm. Los polvos obtenidos son sometidos a un post-tratamiento enzimático que permita abrir la estructura parietal inabordable después de las primeras etapas de pre-tratamiento, y se utilicen luego como sustratos para las pruebas de fermentación etanólica y de metanización. Las muestras serán analizadas en cada etapa para dar indicadores sobre la relación composición/propiedades/comportamiento frente a los tratamientos impuestos. Se estudiarán minuciosamente los procesos para establecer balances energéticos. El balance global se comparará con los procesos existentes.

Contactos : Xavier Rouau, [Xavier.Rouau@supagro.inra.fr](mailto:Xavier.Rouau@supagro.inra.fr) & Claire Dumas, [Claire.Dumas@supagro.inra.fr](mailto:Claire.Dumas@supagro.inra.fr)

\* Bioenergías, Biomoléculas y Biomateriales del carbono renovable : [www.3bcar.fr](http://www.3bcar.fr)