



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'AGRONOMIE ET DES INDUSTRIES ALIMENTAIRES
UNIVERSITE DE LORRAINE
NANCY

PLATEFORME DE METHANISATION

DOMAINE EXPERIMENTAL
DE « LA BOUZULE »



SOMMAIRE

- Bouzule 2010 : la ferme de demain p.3
- La méthanisation agricole p. 4-5
 - Au carrefour des enjeux économiques et environnementaux
 - Un processus naturel de transformation de la matière
- Une double valorisation p. 6
 - Fertilisation et autonomie azotée
 - Dépolluant et autonomie énergétique
- Avantages acquis et perspectives p. 7-13
 - Fédérer les compétences : la chaire ENSAIA Energies & Territoire
 - Un pilote pour la recherche
 - Le large spectre des programmes de recherche
 - De nouvelles formations
 - L'accompagnement des territoires
- Méthanisation : de nouveaux métiers p.14
- Repères p.15

BOUZULE 2010

Propriété de l'ENSAIA depuis le milieu des années 60, la ferme de La Bouzule est située à proximité de Champenoux, à une dizaine de kms de Nancy sur 155 hectares de cultures et de prairies. C'est une exploitation de polyculture-élevage laitière bovine et caprine, vivant de ses productions laitières et fromagères. Les élevages sont composés de 300 bovins et 100 chèvres alpines. 670 000 litres de lait de vache livrés à une coopérative et également 90 000 litres de lait de chèvre destinés à la fabrication de fromages de chèvre et tomme de La Bouzule sont produits par an.

Rare école d'ingénieurs d'agronomie en France à posséder encore une ferme expérimentale, le domaine de La Bouzule sert pour les activités de formation et de recherche de l'école. Outil pédagogique pour la formation des élèves-ingénieurs des filières Agronomie et Industries alimentaires, le domaine est un laboratoire pour les projets scientifiques à finalité fondamentale et industrielle des unités de recherche dans les domaines du sol, de l'agronomie, de la production animale, des biomolécules, des procédés, et de l'environnement. Il est aussi le support pour le projet Bouzule 2010.

Ce projet phare de l'école entend « Inventer une entreprise agricole durable, soucieuse de l'environnement, socialement responsable et en phase avec une recherche technologique de pointe ».

La plateforme de méthanisation agricole du domaine incarne le volet énergétique du projet Bouzule 2010 et fait de l'ENSAIA la seule école d'ingénieurs à posséder une station complète de méthanisation sur le territoire national.

PROGRAMME BOUZULE 2010 : La ferme durable de demain

Une application concrète du concept de développement durable liée à la production et à la transformation de ressources agricoles visant à :

- Proposer un modèle de ferme d'élevage productive, pour l'amélioration de son indépendance énergétique et active dans la réduction de son impact sur l'environnement.
- Participer au développement économique du territoire en donnant aux PME-PMI agroalimentaires lorraines les moyens conceptuels et technologiques d'innover.
- Jouer un rôle dans la formation et l'information des secteurs agricoles et alimentaires.



LA METHANISATION AGRICOLE

AU CARREFOUR DES ENJEUX ÉCONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Dans le contexte énergétique actuel de raréfaction des ressources naturelles et de la préservation de l'environnement, la méthanisation revient sous les feux des projecteurs. Procédé naturel de dépollution et de production d'énergie, la méthanisation permet en milieu agricole une double valorisation des effluents d'élevage et des déchets, en biogaz d'une part, et en fertilisant d'autre part, tout en contribuant à maîtriser les pollutions induites par les activités agricoles.

Les procédés de méthanisation, s'ils sont connus depuis plus d'un siècle, relèvent aujourd'hui d'enjeux politiques, économiques et environnementaux en Europe et en France.

- Le Grenelle de l'Environnement a fixé pour 2020 l'objectif de 23% d'énergies renouvelables dans la consommation totale d'énergie, de multiplier par 5 la production d'électricité issue du biogaz et par 7 la production de chaleur.
- En Lorraine, le Schéma Régional Climat Air Energie fixe d'ici 2020 une baisse de 13% de la consommation d'énergie finale, une augmentation de 14% d'énergie renouvelable dans la consommation finale et une baisse de 23% des émissions de gaz à effet de serre.

La méthanisation à la ferme offre ainsi d'importantes opportunités en termes de production d'énergie renouvelable, mais aussi de réduction du coût des intrants et de dynamique de territoires.

Le Plan «Energie Méthanisation Autonomie » annoncé en 2013 prévoit ainsi le développement de 1000 méthaniseurs dans les fermes d'ici à 2020, confirmé en septembre 2014 par la volonté de soutenir et d'accélérer le développement de la méthanisation en lançant 1500 projets de méthanisation en trois ans dans le cadre de la loi sur la transition énergétique.



LA METHANISATION AGRICOLE

UN PROCESSUS NATUREL DE TRANSFORMATION DE LA MATIÈRE

La méthanisation est un processus naturel biologique de dégradation de la matière organique en absence d'oxygène. Ce processus conduit à la production d'un biogaz, source d'énergie renouvelable composée d'un mélange de méthane et de CO₂. A l'instar par exemple des marais où les bulles que l'on peut apercevoir à la surface de l'eau résultent de la décomposition de matières végétales et animales.

Ce processus peut être mis en œuvre intentionnellement au sein d'un digesteur, une cuve cylindrique étanche et isolée thermiquement où se déroule la fermentation des déchets.

Les bovins et chèvres de la Bouzule génèrent chaque année 1740 m³ de lisiers, 1590 tonnes de fumier et la fromagerie 60 tonnes de lactosérum. Ces matières organiques viennent aujourd'hui alimenter le digesteur du méthaniseur. Cette structure en béton armé, semi enterrée, équipée d'un agitateur et couverte par une membrane souple est d'une capacité de 452 m³. Une suite de réactions biologiques générées par les micro-organismes qui se trouvent à l'état naturel dans ces écosystèmes en anaérobiose y transforme la matière.

Ce processus de dégradation/fermentation conduit à la formation :

- d'un résidu appelé digestat qui est un produit riche en éléments fertilisants
- d'un biogaz, mélange gazeux composé de méthane et de gaz carbonique

Déversés et stockés dans un post-digesteur d'une capacité de 1570 m³, ces deux sous-produits vont être valorisés comme engrais et comme source d'énergie.



UNE DOUBLE VALORISATION

FERTILISATION DES CULTURES ET AUTONOMIE AZOTÉE

Le digestat, résidu résultant du processus de méthanisation, est riche en phosphore, potassium et azote. C'est un engrais naturel pour les cultures présentant des propriétés agronomiques supérieures au simple lisier/fumier et une meilleure valeur fertilisante :

- plus fluide que le lisier, il pénètre plus rapidement dans le sol
- contenant de l'azote sous forme ammoniacale, il est directement assimilable par les plantes

L'azote présent dans le digestat est sous forme minérale à l'inverse de l'azote organique qui nécessite une phase de minéralisation afin d'être assimilée par la plante. Bien valorisé dans le cycle végétal mais nécessitant encore des recherches pour optimiser son efficacité et limiter d'éventuelles pollutions, le digestat pourrait contribuer à limiter les risques de pollution azotée des sols et des nappes phréatiques.

DÉPOLLUANT ET AUTONOMIE ÉNERGÉTIQUE

Le biogaz généré par la dégradation et fermentation des matières organiques est composé à 55% de méthane. Le méthane est un gaz à effet de serre ayant un impact 21 fois supérieur au CO₂. Sa combustion produit ainsi de l'énergie et du CO₂. Avant la mise en fonction de la station de méthanisation, le méthane émanant des fosses à lisiers et des fumières était rejeté directement dans l'atmosphère. Confiné dans le digesteur, il est une source d'énergie renouvelable pouvant être transformée directement en électricité, en chaleur, en biocarburant ou encore être injectée dans le réseau de gaz naturel.

Le biogaz produit à la Bouzule, en alimentant un cogénérateur d'une puissance de 36 KW électricité, va produire conjointement de la chaleur et de l'électricité. L'intégralité de l'électricité est reversée sur le réseau ERDF tandis que la chaleur récupérée sous forme d'eau chaude servira à alimenter les habitations et les ballons d'eau chaude de la ferme. Une étude est en cours pour permettre une valorisation totale de cette chaleur.

Le méthaniseur de la Bouzule permettra de produire 300 000 kwh électrique et autant en chaleur. Il permettra aussi de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 350 tonnes équivalent CO₂ par an.



AVANTAGES ACQUIS & PERSPECTIVES

Tant sur un plan économique, agronomique ou environnemental, les avantages de la méthanisation sont multiples et démontrent que les préoccupations environnementales ne sont pas incompatibles avec rentabilité et productivité :

- Diversification des revenus agricoles par la valorisation du biogaz (vente d'électricité ou injection de méthane).
- Economie et autonomie énergétiques dans le contexte actuel de raréfaction et de coût des énergies fossiles.
- Réduction des pollutions liées à l'azote et aux émissions de gaz à effet de serre.
- Réduction des engrais chimiques et amélioration de la fertilisation.
- Limitation de l'utilisation des cultures énergétiques au profit des déchets ou sous-produits agricoles.

Pour l'ENSAIA, c'est un catalyseur de développement et une expertise mise au service de la formation, de la recherche et des territoires.

La construction et la mise en œuvre de la plateforme de méthanisation du domaine de La Bouzule positionne l'école comme l'un des principaux acteurs du développement de la filière méthanisation en Lorraine et comme un interlocuteur des problématiques liées aux énergies renouvelables au sein d'un territoire et à la réflexion actuelle sur la transition énergétique.



FEDERER LES COMPETENCES

LA CHAIRE ENERGIES & TERRITOIRE



Opérationnelle depuis septembre 2013, la Chaire Energies & Territoire vise à favoriser l'accueil d'enseignants-chercheurs, français ou étrangers, et à renforcer les compétences sur la mise en évidence et l'exploitation des flux énergétiques au sein d'un territoire.

En partenariat avec EIFER-EDF, GrDF, Norémat et la Chambre Régionale d'Agriculture de Lorraine, la chaire s'inscrit dans la réflexion actuelle sur la transition énergétique qui vise à faire émerger un nouveau modèle de production et de consommation énergétique décliné en Région dans les Schémas régionaux Climat-Air-Energie et instauré par la loi Grenelle 2.

Il s'agit à l'échelle locale de répondre à 3 enjeux majeurs :

- La sobriété énergétique : comment réduire notre consommation d'énergie en modifiant nos habitudes et pratiques.
- L'efficacité énergétique : comment utiliser moins d'énergie pour un même usage en améliorant la performance des infrastructures grâce à l'évolution des technologies.
- La production d'énergies renouvelables : quand la sobriété et l'efficacité énergétiques seront intégrées dans nos pratiques en induisant ainsi une forte diminution de notre consommation d'énergie, les énergies renouvelables pourront devenir le socle de nos productions.

Avec la plateforme de méthanisation, l'ENSAIA a replacé l'agriculture au centre de la question du mix-énergétique renouvelable, c'est-à-dire la répartition de la production des différentes formes d'énergie renouvelable au sein d'un territoire. La création de la Chaire légitime l'école pour réaliser des recherches à caractère fondamental, appliqué et industriel, pour diffuser les connaissances produites et accompagner les collectivités territoriales dans leur stratégie énergétique.

- YVES LE ROUX
Professeur ENSAIA
Responsable de la Chaire Energies & Territoire
Tel : 03 83 59 58 62
Yves.Leroux@univ-lorraine.fr



UN PILOTE POUR LA RECHERCHE

Dès 2008, l'ENSAIA s'est investie dans des programmes de recherche liés à la méthanisation ; Des programmes destinés à parfaire l'état des connaissances sur les processus de méthanisation, à élargir les champs d'investigation ou à finalité industrielle.

Dans ce cadre et pour positionner l'unité de méthanisation de la Bouzule comme plateforme technologique de pointe pour le développement des connaissances liées au processus de méthanisation, un pilote a été installé sur le site.

D'une capacité de 1,5m³, ce pilote permet d'expérimenter en petits volumes, des composants nouveaux ou des mélanges dont on veut tester le pouvoir méthanogène. Il ouvre la voie à la mise en œuvre de programmes de recherche expérimentaux et appliqués initiés par les laboratoires de recherche de l'école et en lien avec le secteur industriel.

Un laboratoire d'analyse sur site complète le dispositif. Il propose des études spécifiques pour tester notamment le potentiel méthanogène de substrats et met à la disposition des agriculteurs, professionnels et instances territoriales un large panel de mesures et d'analyses.



LE LARGE SPECTRE DES PROGRAMMES DE RECHERCHE

OPTIBIOGAZ

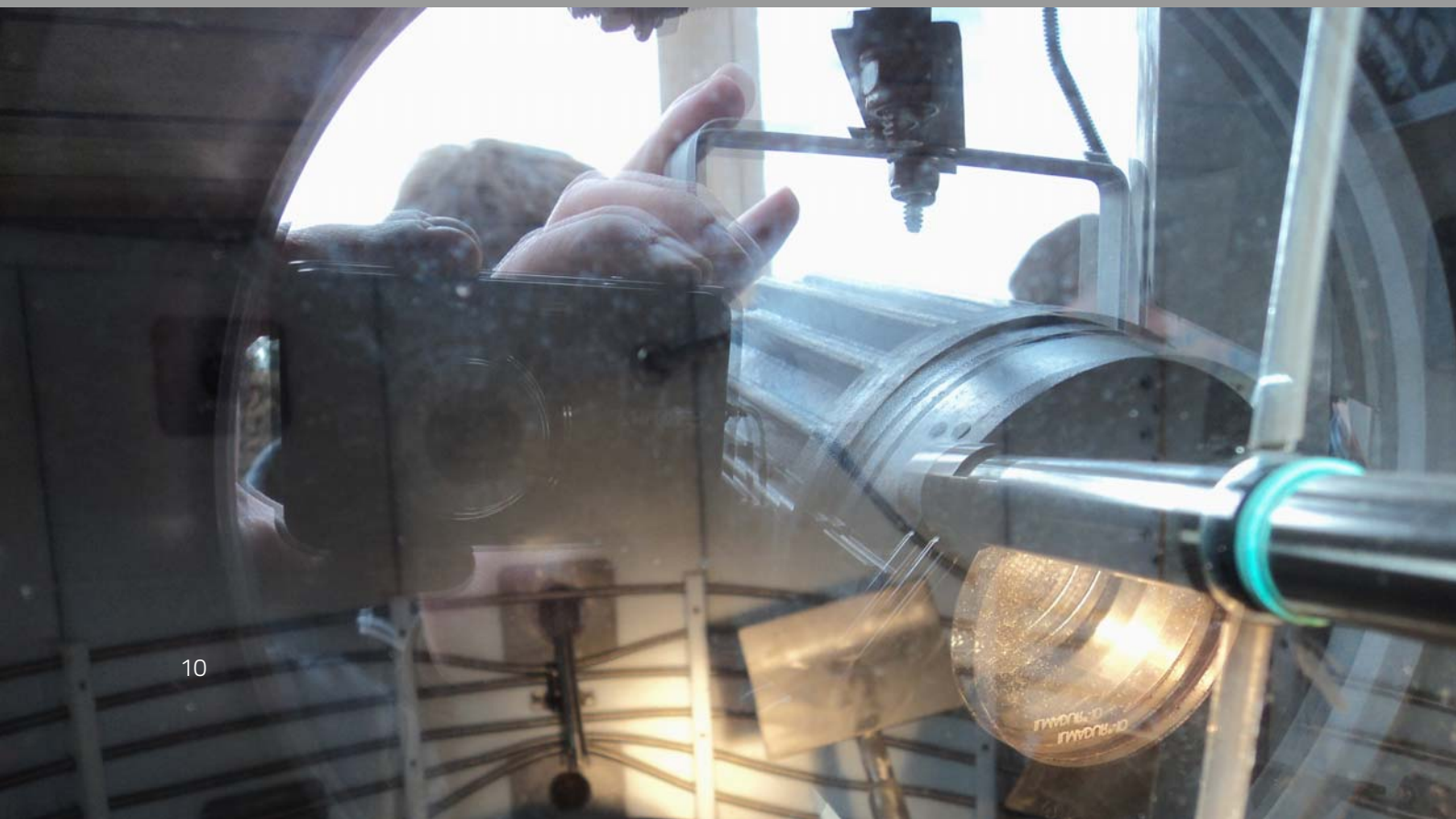
Ce programme opérationnel de coopération transfrontalière Interreg IVA «Grande Région» débuté en 2008 et finalisé en 2012 a associé 5 partenaires scientifiques de la grande Région, dont l'ENSAIA, autour d'une étude sur une gestion optimisée et intégrée de la production de biogaz à la ferme. L'objectif du programme était de développer des outils permettant de faciliter la gestion des installations de biométhanisation afin de créer une installation de référence en Grande Région. L'ENSAIA s'est intéressée dans ce cadre aux populations microbiennes au sein de méthaniseurs dont le rôle est central pour transformer la matière organique en biogaz au cours d'un processus complexe de suite de réactions biologiques.

PROGRAMME ANR DEFI-VIANDES

Ce programme débuté en 2010 et devant être finalisé en 2014 étudie l'impact environnemental et sanitaire de la filière viande. L'étude des impacts énergétiques de la filière sur l'environnement constitue la première partie de ce travail de recherche. La seconde porte quant-à-elle sur l'antibiorésistance générée par les effluents d'élevages et d'abattoirs ; Le secteur industriel de la viande étant en effet un grand consommateur d'antibiotiques. Le pilote et l'unité de méthanisation ont ainsi fourni les échantillons permettant de mesurer l'impact sanitaire d'un digesteur sur le développement d'organismes résistants aux antibiotiques.

ECOBIOGAZ 2012-2015

Le projet Ecobiogaz, programme opérationnel de coopération transfrontalière Interreg IVA « Grande Région », a pour objectif d'améliorer la rentabilité de la biométhanisation par une meilleure valorisation des sous-produits tout en visant également un meilleur bilan Carbone énergétique et écologique. Sur deux ans, ce projet, doté d'un financement de 2 210 647€, associe 10 partenaires belges, luxembourgeois, allemands et français dont 5 stations de biométhanisation, 2 communautés de communes et 3 universités et établissements d'enseignement supérieur et de recherche, dont l'ENSAIA.



LE LARGE SPECTRE DES PROGRAMMES DE RECHERCHE

AUTOferm - Programme de l'Agence Nationale de La Recherche

Ce projet « Maîtrise de la Méthanisation en voie humide à la ferme » entériné par l'ANR est un projet de recherche industrielle mobilisant l'ENSAIA et le Laboratoire Réactions et Génie des Procédés ainsi que l'Institut Polytechnique Lasalle Beauvais, l'Université Technologique de Troyes, Moletta Méthanisation, une entreprise référente pour la méthanisation et BioEnTech, start-up issue de l'INRA Narbonne. Coordonné par l'ENSAIA, et s'insérant dans le cadre de la Chaire Energies & Territoire, le projet vise sur 4 années, 2014-2017, à concevoir et développer un outil de pilotage interactif d'une unité de méthanisation permettant notamment de détecter précocement de potentiels problèmes biologiques et techniques. L'unité de méthanisation de la Bouzule ainsi que le pilote seront utilisés pour tester le dispositif de pilotage. Ce projet s'inscrit pleinement dans une recherche à finalité industrielle qui permettra aux exploitants d'optimiser la production de biogaz, de mieux maîtriser les process et, par voie de conséquence, les investissements de construction d'unités de méthanisation. Améliorant la fiabilité et la garantie des unités de production, le programme permettra d'en accroître la rentabilité et de lever ainsi un frein au déploiement de la filière méthanisation agricole en France.

VALORISER LES HERBES DE BORD DE ROUTE ET LES PLANTES INVASIVES AVEC NOREMAT

Spécialisée dans la conception de matériels d'entretien des accotements routiers, la société NOREMAT a développé un nouvel outil de taille et de ramassage de l'herbe des bords de route qui présente le double avantage d'envisager une revalorisation énergétique des déchets organiques par les méthaniseurs et d'entretenir la biodiversité des bordures. Ce concept innovant a été testé aux abords de la ferme de la Bouzule. Le Laboratoire Réactions et Génie des Procédés s'est attaché à analyser la qualité de cette herbe, notamment sa teneur en métaux lourds, et à évaluer son pouvoir méthanogène. Le pilote va permettre de dresser le bilan énergétique du processus, c'est-à-dire l'évaluation des écarts potentiels entre l'énergie récupérée par la méthanisation de l'herbe et des plantes invasives et la consommation énergétique induite par l'entretien des accotements.



DE NOUVELLES FORMATIONS

DIPLÔME UNIVERSITAIRE « MISE EN ŒUVRE D'UNE UNITÉ DE MÉTHANISATION »

L'ENSAIA associée au Lycée agricole de Bar-le-Duc (Meuse) a ouvert à la rentrée 2013 un nouveau diplôme universitaire afin de répondre aux besoins de mise à jour et d'acquisition de nouvelles compétences exprimés par l'ensemble des acteurs de la filière méthanisation (exploitants agricoles, référents énergies des chambres d'agriculture, salariés et agents des collectivités territoriales, équipementiers, prestataires de services, porteurs de projets...).

Cette formation nouvelle s'inscrit dans une dynamique régionale qui se traduit en Lorraine par 20 méthaniseurs en fonctionnement fin 2014 et une centaine prévue dans les 3 ans. A terme, ce diplôme a pour vocation d'être transformé en Licence Professionnelle, contribuant ainsi à la mise en place au sein de l'Université de Lorraine d'une démarche globale de formation et de recherche autour de la méthanisation.

MODULE DÉDIÉ POUR LES ÉLÈVES-INGÉNIEURS

L'autonomie énergétique intégrée à l'échelle d'un territoire est abordée dès la 1^{ère} année par les étudiants de la filière agronomie qui étudient une application de méthanisation élargie à toutes les énergies renouvelables.

En 3^{ème} année, un module entièrement dédié aux contextes et enjeux de l'énergie tant sur la scène internationale qu'à l'échelle d'un territoire est proposé aux futurs ingénieurs agronomes spécialisés en «Agriculture et Développement des Territoires» ainsi qu'en «Développement Durable des Filières Agricoles», 2 des 12 spécialisations proposées à l'école.

Ce module fait également l'objet de sorties sur le terrain pour découvrir des expériences concrètes initiées par des territoires en transition, qu'elle soit d'ordre énergétique, sociale ou socioéconomique.



L'ACCOMPAGNEMENT DES TERRITOIRES

Nombre de territoires se sont actuellement engagés dans une démarche visant à acquérir une autonomie énergétique.

Fort de ses savoirs et savoir-faire en matière de méthanisation et de ses compétences liées plus généralement aux énergies renouvelables, l'ENSAIA accompagne des communes, des communautés de communes dans la conception et la mise en œuvre d'une stratégie d'autonomie énergétique. Formation, sensibilisation, aide à l'élaboration de scénarii, l'école est en lien direct avec nombre d'élus et de collectivités en Lorraine.

On peut par exemple citer Pays Terres de Lorraine, 136 communes et 92 000 habitants, accompagné depuis deux ans par l'ENSAIA et engagé depuis peu dans une démarche TEPos (Territoire à Energie Positive).

C'est le cas également avec la communauté de communes de Rohrbach-les-Bitche qui a sollicité l'expertise de l'ENSAIA pour élaborer son étude de faisabilité d'une unité de méthanisation.

■ **STÉPHANE PACAUD**

Chargé de mission Méthanisation

Tel : 03 83 59 58 08

Stephane.Pacaud@univ-lorraine.fr



METHANISATION : DE NOUVEAUX METIERS

L'essor de l'économie verte a fait apparaître de nombreux métiers. On estime que des dizaines de milliers de postes seront à pourvoir dans les prochaines années.

Dans les énergies vertes, la seule filière de la méthanisation/biogaz représentait en 2010 plus de 1000 emplois directs, hors industries, et 17 000 pourraient être créés d'ici 2020¹.

L'ingénieur en méthanisation, apte à mettre en œuvre des projets complexes auprès notamment des agriculteurs mais aussi des industriels et des collectivités territoriales, est clairement identifié comme un métier nouveau et d'avenir avec un fort potentiel de recrutement annoncé par Terra Eco² d'ici à 10 ans.

1 | Étude Emploi Club Biogaz, 2011 « Emploi dans la filière biogaz »

2 | Terra Eco - Janvier 2012 « 100 métiers d'avenir »

A l'ENSAIA, les demandes d'élèves-ingénieurs stagiaires et les enquêtes d'insertion professionnelle des diplômés confirment ces projections.

Depuis 2010, une quarantaine de stages de fin d'études a été effectuée par les élèves-ingénieurs dans la filière méthanisation et énergies renouvelables au sein d'entreprises, de bureaux d'études, de chambres d'agriculture ou de collectivités territoriales. Le nombre de stages réalisés dans cette filière a doublé en 4 années.



REPERES

LA PLATEFORME DE METHANISATION

- 1 unité de production adossée à 1 pilote et à 1 laboratoire d'analyse
- 300 000 kwh électrique et chaleur produits
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre de l'ordre de 350 tonnes équivalent CO₂ par an
- Digesteur de 452m³
- Post-digesteur de 1570m³
- Pilote de 1,5m³
- Cogénérateur de 36 kw électricité

LA FERME DE LA BOUZULE

- 300 bovins
 - dont 80 vaches laitières
- 670 000 litres de lait par an
- 100 chèvres
- 90 000 litres de lait par an transformés en fromages de chèvre frais et tomme
- 155 hectares de terre set des cultures de blé, orge, foin, maïs
- Atelier de pisciculture composé d'un étang de 6 hectares et de bassins
- 1740 m³ de lisier, 1590 tonnes de fumier et 60 tonnes de lactosérum générés par an

L'ENSAIA

- 570 élèves-ingénieurs
- 156 diplômés en 2014
- 70 enseignants-chercheurs
- 4500 diplômés en activité
- 3 filières de formation
 - Ingénieur Agronome
 - Ingénieur des Industries Alimentaires
 - Ingénieur de Production Agroalimentaire [apprentissage]
- 12 spécialisations de 3^{ème} année
- 4 spécialités de Master
- 5 laboratoires de recherche labélisés (CNRS, INRA):
 - Laboratoire Sol et Environnement
 - Laboratoire Agronomie et Environnement
 - Unité de Recherche Animal et Fonctionnalités des Produits Animaux
 - Laboratoire d'Ingénierie des Biomolécules
 - Laboratoire Réactions et Génie des Procédés
- 8 start-up créées
- 10 brevets déposés depuis 2008
- 1 chaire Energies et Territoire
- 3 labellisations Investissements d'Avenir
- 40 universités partenaires dans le monde



ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'AGRONOMIE ET DES INDUSTRIES ALIMENTAIRES
2 avenue de la Forêt de Haye
TSA 40602
54518 Vandoeuvre-lès-Nancy
France
Tel : 33 (0)3 83 59 58 51
ensaia-contact@univ-lorraine.fr - www.ensaia.univ-lorraine.fr



La plateforme de méthanisation de La Bouzule a bénéficié du soutien du fonds européen de développement régional via la Région Lorraine, du Plan Performance Energétique (Plan de relance de l'économie française), de la Communauté urbaine du Grand Nancy, de l'Université de Lorraine et de nombreux partenaires, notamment industriels.

