



HAL
open science

Fumiers de bovins, une ressource à fort potentiel pour la filière de méthanisation en France ?

A. Degueurce, J. Capdeville, C. Perrot, T. Bioteau, José Martinez, P. Peu

► To cite this version:

A. Degueurce, J. Capdeville, C. Perrot, T. Bioteau, José Martinez, et al.. Fumiers de bovins, une ressource à fort potentiel pour la filière de méthanisation en France?. Sciences Eaux & Territoires, 2016, Hors série 24, 9 p. 10.14758/SET-REVUE.2016.HS.02 . hal-01308310

HAL Id: hal-01308310

<https://hal.science/hal-01308310>

Submitted on 27 Apr 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Sciences Eaux & Territoires

La revue d'Irstea

Article hors-série numéro 24

Fumiers de bovins, une ressource à fort potentiel pour la filière de méthanisation en France ?



Axelle DEGUEURCE, Jacques CAPDEVILLE, Christophe PERROT, Thierry BIOTEAU, José MARTINEZ et Pascal PEU

www.set-revue.fr

Sciences Eaux & Territoires La revue d'Irstea

Recherche avancée Dans tout le site

Accueil

Derniers numéros

- Recherche et ingénierie au service des acteurs de l'assainissement
- Géospatiales, un monde durable
- Agriculture durable et énergie

Articles Hors Série

Interprétation des données de surveillance de la contamination des basses de surface par les pesticides par hydro-écologie

Les enjeux de l'équivalence écologique entre les mesures compensatoires d'impacts sur la biodiversité

Évaluation spatiale et prospective sur le risque de pollution diffuse

Calliers spécifiques

- Callier spatial 30 ans de l'Orgral
- Callier spatial Forêt
- Callier spatial OPTIBAN

Toutes les parutions

À propos de la revue

Présentation

Instructions aux auteurs

Alertes mail

Contactez la rédaction

Recherche et ingénierie au service des acteurs de l'assainissement

Avancées et perspectives

En charge depuis maintenant cinq ans au niveau national de la mise en œuvre de la DSDU [1] et des discussions avec la Commission européenne sur les procédures contentieuses qui y sont liées, je ne peux que me féliciter de cette publication qui permet de diffuser à l'ensemble des acteurs de l'assainissement.

• Voir le sommaire

n°09

Autres numéros (SET) Archives Ingénieries EAT

Foires

Irstea hors série - 17 décembre 2012

Interprétation des données de surveillance de la contamination des basses de surface

Alertes mail

Pour se tenir informé des prochains articles envoyez-nous votre adresse e-mail.

OK

Salon

Salon 2013

Salon de l'Agriculture d'Irstea met l'agriculture au cœur de la transition énergétique

23 février de 3 mars 2013

Irstea présentera sur son stand aux visiteurs et à ses membres, un espace dédié aux énergies durables au cœur de son territoire. L'objectif est de mettre en avant les enjeux de production de bio-énergie et de la méthanisation.

salon agrifor

En savoir plus

Sciences Eaux & Territoires, la revue d'Irstea

Article hors-série numéro 24 – 2016

Directeur de la publication : Jean-Marc Bournigal

Directeur éditorial : Nicolas de Menthière

Comité éditorial : Daniel Arnault, Louis-Joseph Brossollet, Denis Cassard, Camille Cédra, Thomas Curt, Alain Dutartre, André Évette, Véronique Gouy, Alain Hénaut, Bruno Héroult, Ghislain Huyghe, Emmanuelle Jannès-Ober, Cédric Laize, Jean-Michel Laya, André Le Bozec, Alette Maillard, Thierry Mougey, Christel Prudhomme, Christian Romaneix pour le CINOV TEN et Michel Vallance.

Rédactrice en chef : Caroline Martin

Secrétariat de rédaction et mise en page : Valérie Pagneux

Infographie : Françoise Peyriguer

Conception de la maquette : Cbat

Contact édition et administration : Irstea-DP2VIST

1 rue Pierre-Gilles de Gennes – CS 10030

92761 Antony Cedex

Tél. : 01 40 96 61 21 – Fax : 01 40 96 61 64

E-mail : set-revue@irstea.fr

Numéro paritaire : 0511 B 07860 – Dépôt légal : à parution – N°ISSN : 2109-3016

Photo de couverture : AILE



Fumiers de bovins, une ressource à fort potentiel pour la filière de méthanisation en France ?

En France, la méthanisation agricole représente l'un des principaux leviers d'action pour atteindre les objectifs « biogaz » dans la production d'énergies renouvelables. L'agriculture génère en effet d'abondantes ressources exploitables pour la production de biogaz par méthanisation.

En croisant différentes bases de données de la statistique agricole et les pratiques d'élevage recensées sur le territoire français, les auteurs nous proposent ici d'évaluer le potentiel du gisement énergétique des effluents de bovins, et d'analyser les conditions pour mieux mobiliser cette ressource sur le territoire.



objectif de la France est de porter à 23 % la consommation d'énergie produite à partir d'énergies renouvelables d'ici 2020. Parmi le panel des énergies renouvelables à fort potentiel de développement, le méthane renouvelable constitue un des éléments clés

de la transition énergétique.

Le biogaz (mélange gazeux composé principalement de méthane) est produit par la dégradation anaérobie des matières organiques. Ainsi, les déchets des collectivités, de l'industrie et de l'agriculture peuvent trouver un débouché à travers la valorisation en biogaz, encouragée par une législation à la fois contraignante par des obligations de traitement de certains déchets, mais aussi incitative sous forme de subventions d'investissement et de tarifs d'achat d'énergie attractifs. En France, en 2014, l'Ademe (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) recensait trois cent soixante installations productrices de biogaz tous secteurs confondus (agricole, industriel et collectivités). Le biogaz agricole y est en forte progression : celui-ci était négligeable avant l'an 2000, alors qu'en 2014, plus de deux cent dix méthaniseurs agricoles sont en fonctionnement. L'ambition française, dernièrement renouvelée par le plan EMAA (Énergie, méthanisation, autonomie, azote) est de développer de façon très accrue le biogaz agricole et

d'atteindre, à l'horizon 2020, le nombre de mille installations en fonctionnement. Pour atteindre cet objectif, différents défis doivent être relevés, notamment celui de l'approvisionnement en matières premières. Actuellement, les méthaniseurs agricoles fonctionnent principalement avec des substrats agricoles liquides tels que les lisiers de porcs ou de bovins auxquels sont adjoints des co-substrats à forts potentiels méthanogènes tels que des déchets agro-alimentaires (graisses, huiles, issues de céréales, etc.). Ce modèle de développement, quoique non épuisé, paraît insuffisant pour répondre aux objectifs fixés. Afin d'assurer le développement des unités de méthanisation agricoles, d'autres substrats doivent être mobilisés tels que les résidus de culture et les fumiers. Or, ces ressources ont la particularité de posséder de fortes teneurs en matières sèches. Les enjeux induits par la mobilisation de ces matières organiques se situent au niveau de l'évaluation fine des gisements sur le territoire national du fait des questions logistiques, du procédé et des analyses technico-économiques et environnementales. En premier lieu, il s'avère donc incontournable d'évaluer le potentiel des effluents bovins. Les données individuelles et exhaustives des enquêtes nationales agricoles, quoique difficilement accessibles, représentent l'information la plus pertinente pour mener à bien cet inventaire.

L'objet de cet article rend compte d'une quantification rigoureuse des effluents bovins produits à l'échelle de l'exploitation agricole puis agrégée à l'échelle locale (petite région agricole) ou nationale.

Une mise en perspective par rapport à des études antérieures a ensuite été réalisée.

Enfin, une projection du gisement énergétique des effluents bovins a été menée afin d'envisager des voies de développement de la filière de méthanisation agricole.

Méthodologie (figure 1)

Le calcul de la production nationale d'effluents bovins a été réalisé en croisant plusieurs bases de données publiques, notamment le recensement agricole 2010 (Agrreste, RA 2010) enrichi par un extrait de la base de données nationale de l'identification pour l'année 2010 (BDNI, 2010) des bovins et des données déjà publiées telle que la circulaire Ci 2011 DEPSE/SDEA/C2001-7047 sur les capacités de stockage des effluents d'élevage.

Le recensement agricole enrichi par la BDNI a été traité au niveau individuel (exploitation par exploitation) dans le cadre du centre d'accès sécurisé aux données (CASD). L'enrichissement du recensement agricole par la BDNI avec des données de flux d'animaux (animaux vendus) permet de dresser une typologie très précise des systèmes d'élevage bovin (Institut de l'élevage, 2013) et d'associer aux bovins présents sur chaque exploitation des conduites types (durée de présence sur l'exploitation dont en bâtiment) avec un minimum d'erreurs.

La catégorisation des bovins utilisée permet de dresser la représentation suivante du cheptel total (tableau 1).

Le RA 2010 et la BDNI 2010 permettent de recenser le cheptel bovin dans son ensemble et de le ventiler pour chaque exploitation agricole en fonction des différentes productions animales. Ensuite, dans un deuxième temps, chaque catégorie d'animaux a été réaffectée aux capacités de l'élevage et notamment leur mode de logement (stabulation entravée, logettes fumier, etc.).

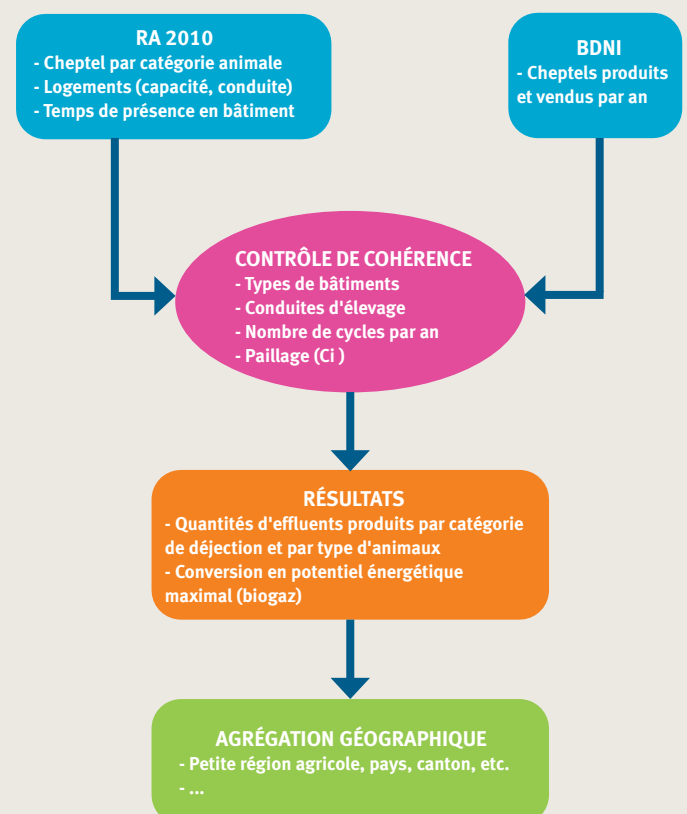
Ce travail a été réalisé sur l'ensemble des exploitations recensées dans le RA 2010 en accordant un degré de liberté entre le nombre de place mentionnée par chaque agriculteur et le nombre d'animaux effectivement présent en 2010, ce degré de liberté permettant de placer l'ensemble du cheptel dans des modes de logement. Chaque animal (femelles reproductrices présentes ou animaux vendus) générateur de déjection animale est ensuite affecté à son logement le plus probable, en exploitant au mieux les déclarations des éleveurs en termes de capacités de logement par grande catégorie animale et type de logement.

Ce travail de rapprochement entre le cheptel et les capacités de logement, réalisé ferme par ferme, permet d'être beaucoup plus précis qu'en travaillant sur des données agrégées. Car il existe des élevages avec plus de places que d'animaux et des élevages pour lesquels c'est l'inverse. De plus, les places vides, souvent obsolètes, ne sont pas du même type que dans les bâtiments saturés. C'est particulièrement net pour les exploitations ayant des vaches (laitières ou allaitantes). Cinquante-quatre mille exploitations ont plus de vaches que de places (il manque 750 000 places). Parmi lesquelles, on trouve

19 000 exploitations laitières (une sur quatre) dans lesquelles il manque 8 places de vaches laitières sur 58 présentes (150 000 places). Les vaches allaitantes peuvent ne pas avoir de bâtiments. A contrario, 118 000 exploitations ont plus de places que de vaches (excèdent 1 600 000 places, dont 900 000 en étable entravée fumier).

L'objectif de ce rapprochement a été de trouver le type de logement le plus plausible à chaque animal dans une exploitation considérée, en particulier pour les types d'animaux qui passent presque obligatoirement une partie de leur vie en bâtiment (vaches laitières, veaux de boucherie, jeunes bovins à l'engrais). Les bâtiments disponibles ne permettent pas de loger tous les animaux dans tous les élevages (certains sont d'ailleurs conduits en plein air). Les places déclarées et mobilisables ont donc été utilisées à l'aide d'un programme itératif qui a appliqué une hiérarchisation des catégories animales conformes aux pratiques d'élevage (priorité aux vaches laitières sur les vaches allaitantes, aux veaux de boucherie sur les animaux à l'engrais, et enfin mobilisation du solde pour les animaux d'élevage). Les frontières entre les capacités pour « l'engraissement », « l'élevage » et même les veaux de boucherie ont été rendues perméables car ces distinctions semblent avoir posé problème dans certains élevages (les frontières sont effectivement parfois floues).

1 Description générale de la méthodologie.



► Enfin, compte tenu de pratiques admises pour les vaches, et de cycles de production (ou phases de cycle) inférieurs à un an, des coefficients maximum ont été établis afin d'affecter plusieurs animaux présents ou vendus à une place. Une fois chaque animal affecté à une place de bâtiment, sa production de déjections est calculée par jour de présence à l'aide d'une conversion en UGB (unité gros bovins), puis de l'application de coefficients de production de quatre types d'effluents en kg/j par UGB et type de bâtiment sur la base des références officielles contenues dans la circulaire « Installations classées DEPSE/SDEA/C2001-7047 » du 20 décembre 2001.

Le nombre de jours de présence est déduit des déclarations sur les périodes de pâturage pour les femelles et normé pour les animaux vendus. Ce calcul permet donc de calculer la production d'effluents (sous quatre formes) pour chaque bovin présent ou vendu. Les agrégations sont ensuite réalisées par exploitation ou par zone, par type d'effluent et/ou par type d'animal.

Enfin, le croisement de ces données a permis d'établir une production nationale de différents types de déjections bovines qui ont été ventilées en quatre catégories par rapport à leurs caractéristiques physiques (teneur en matière sèche – MS, et teneur en matière organique – MO). De plus, en s'appuyant sur la caractérisation du potentiel biométhanogène moyen de chaque type d'effluent, cette production nationale d'effluents bovins a pu être convertie en un gisement maximal de production de biogaz, de biométhane sous forme d'énergie primaire ($1 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4 = 9,7 \text{ kWh}$).

Production totale d'effluents bovins

Le cheptel bovin en France

La première étape pour calculer la production totale d'effluents de bovins à l'échelle du territoire national doit se faire en catégorisant les cheptels pour chaque typologie d'élevage. Pour cela, l'utilisation des données collectées lors du dernier recensement agricole de 2010 (RA 2010) a été nécessaire. Les effectifs de bovins ont été ventilés en se basant sur les neuf catégories (génisses, mâles vendus maigres, jeunes bovins cycle court, jeunes bovins classiques, bœufs, vaches allaitantes, veaux de boucherie, veaux lourds, vaches laitières) identifiées dans le RA 2010. Les données individuelles du RA 2010 ont été complétées par les données obtenues à partir de la base de données nationale d'identification des animaux d'élevage (BDNI), notamment pour les animaux vendus dans l'année. L'agrégation des résultats à l'échelle nationale (tableau 1) montre que le cheptel bovin s'élevait en 2010 à 7,8 millions (M) de vaches (4,1 M de vaches allaitantes et 3,7 M de vaches laitières), 7,4 M de génisses de différentes classes d'âge élevées essentiellement pour le renouvellement et de 4,1 M de bovins vendus par an par les exploitations à l'issue de cycles de production de durées très variables (de moins de six mois révolus pour les veaux de boucherie à trois ans environ pour les bœufs). L'essentiel du cheptel bovin (80 % en UGB) est donc constitué par le cheptel de souche (vaches et génisses de renouvellement).

Des animaux aux déjections

Au-delà du dénombrement des effectifs, le recensement agricole permet d'accéder aux modalités de logement

1 Production totale d'effluents récupérés pour chacune des catégories d'animaux et potentiel de production d'énergie primaire pour chaque type de déjections bovine par catégorie d'animaux.

	Détenneurs	Effectifs (M têtes)	Production d'effluents récupérés (Mt/an)					Énergie primaire		
			Lisier	Fumier mou	Fumier compact	Fumier très compact	Total général	Fumier ($\text{M Nm}^3 \text{ CH}_4$) *	Fumiers *** (TWh)	Total déjections (TWh)
Génisses **	182 227	7,4	2,1	1,8	2,3	13,1	19,2	780,4	7,6	7,9
Mâles vendus maigres ***	94 275	1,4	0,1	0,0	0,1	0,7	1,0	41,1	0,4	0,4
Jeunes bovins cycle court ***	14 330	0,1	0,0	0,0	0,0	0,3	0,4	18,7	0,2	0,2
Jeunes bovins classiques ***	43 082	0,9	0,5	1,4	0,4	5,4	7,7	320,0	3,1	3,2
Bœufs/taureaux ***	60 337	0,3	0,2	0,2	0,1	1,5	2,0	85,4	0,8	0,9
Vaches allaitantes **	121 200	4,1	1,2	1,1	3,2	10,6	16,1	677,2	6,6	6,7
Veaux de boucherie ***	32 590	1,1	1,1	0,0	0,0	0,1	1,3	7,2	0,1	0,2
Veaux lourds ***	23 643	0,3	1,2	0,0	0,1	0,5	1,9	29,7	0,3	0,5
Vaches laitières **	82 427	3,7	11,9	17,3	2,0	6,1	37,3	952,9	9,2	10,9
Tous bovins	192 716		18,2	21,9	8,3	38,5	86,9	2 912,6	28,3	30,8

* $\text{M Nm}^3 \text{ CH}_4$: millions de normaux mètre cube de méthane mesurés dans les conditions normales de température et de pression ($\text{Nm}^3 \text{ CH}_4 = 9,7 \text{ kWh}$).

** Données issues du RA 2010 pour le calcul de la composition du cheptel.

*** Données issues de la BDNI pour le calcul de la composition du cheptel.

Source : Agreste – Recensement agricole 2010 – Traitement : Institut de l'élevage, Irstea.

des animaux. Pour chaque exploitation recensée, les capacités de l'élevage et le nombre de places y sont renseignés. Suivant les modes de conduite et de logement, huit modalités de systèmes d'élevage se distinguent : stabulation entravée sur fumier, stabulation entravée sur lisier, stabulation libre sur litière accumulée, avec une aire de couchage paillée ou non et raclée, stabulation libre avec des logettes en fumier ou lisier et des baby box. Ces différents modes de conduite d'élevage et de logements conduisent en effet à la production de déjections aux caractéristiques différentes. Les références de la circulaire 2001 (Ci 2001) ont été utilisées pour appliquer des taux de paillage à chaque mode de logement. Par exemple, pour une unité de production de vaches laitières, en stabulation libre avec aire de couchage paillée et aire d'exercice bétonnée produisant du fumier ou du lisier selon la disposition technique et le paillage éventuel de l'aire d'exercice, il est possible en fonction du mode de paillage (5 kg/animal/jour) de prévoir le type d'effluent produit, ici dans ce cas, des fumiers compacts à très compacts et/ou du lisier. La circulaire de 2001 distingue un grand nombre de cas, qui reflètent la diversité des élevages français, par combinaison de facteurs (animaux, logement et alimentation), et permet ainsi de prédire les types de déjections générées. Ces combinaisons conduisent, dans la circulaire, à une catégorisation en neuf types de déjections bovines : lisier, lisier dilué, lisier dilué paillé, lisier paillé, fumier très mou, fumier mou, fumier mou à compact, fumier compact, fumier très compact. Cette catégorisation proposée par la circulaire a pour objectif de proposer des ouvrages de stockage de déjections adaptés en fonctions des types de déjections produites. Néanmoins, cette catégorisation ne semble pas adaptée pour notre étude. Une discrétisation basée sur la matière sèche des déjections bovines produites semble plus pertinente avec les seuils respectifs :

- lisier ($MS < 6,5\%$) ;
- fumier mou ($6,5\% \leq MS < 18\%$) ;
- fumier compact ($18\% \leq MS < 25\%$) ;
- fumier très compact ($MS \geq 25\%$).

Après analyse de l'ensemble des données, les résultats ont été agrégés à l'échelle nationale et sont présentés dans le tableau 1. Ainsi, la production totale d'effluents bovins récupérée par les exploitations agricoles s'élèverait à 87 millions de tonnes par an (Mt/an) tous types confondus et à 68,7 Mt/an pour les fumiers. Le lisier de bovin produit chaque année représente 21 % du total et est essentiellement produit principalement par trois catégories d'animaux : les vaches laitières, les veaux de boucherie et les veaux lourds. Le fumier mou est généré principalement par les vaches laitières (80 %) et représente 25 % de la production nationale annuelle. L'ensemble des déjections à teneur en matières sèches élevées ($MS > 18\%$) constituent 53 % de la totalité des déjections. Les vaches laitières représentent une part importante de cette production avec près de 43 % de la production totale (37 Mt/an). Les génisses et les vaches allaitantes représentent 21 et 18 % du total respectivement. L'ensemble de ces trois catégories d'animaux regroupant près de 80 % des déjections produites au niveau national. Il est à noter que le cheptel de vaches allaitantes est proche de celui des vaches laitières (respectivement 4,1 et 3,7 millions

de têtes en 2010), la différence des quantités d'effluents produites s'expliquant par le temps de présence en bâtiment, information extraite de la rubrique concernant les périodes de pâturage déclarées par les éleveurs lors du RA2010.

Travaux antérieurs

D'autres études ont été menées par le passé et aboutissent à des différences marquées. L'étude réalisée par Biomasse Normandie en 2002 estimait la production nationale d'effluents de bovins à 243 Mt de matières brutes par an avec 135 Mt/an émises directement au champ et 108 Mt/an récupérées, dont 89 Mt/an sous forme de fumier et 19 Mt/an sous forme de lisier. Si l'évaluation est proche pour les lisiers, la différence observée avec notre étude sur les fumiers (68,7 Mt) peut en partie être expliquée par la méthodologie appliquée. Pour l'étude réalisée par Biomasse Normandie, l'évaluation des quantités produites a été menée en prenant en compte les effectifs totaux pour chaque catégorie de bovins convertis en équivalent vache laitière à partir des données publiques et agrégées du RA2000. Les temps de présence des animaux dans les bâtiments ont été estimés régionalement en appliquant les pratiques moyennes retrouvées sur ces territoires. Les types de déjections produites ont été déterminés pour chaque mode de logement à partir de l'étude « Bâtiments d'élevage bovins et environnement » réalisée par le Service central des enquêtes et études statistiques (SCEES) en 1994.

Une autre évaluation a été réalisée par le Centre interprofessionnel technique d'études de la pollution atmosphérique (CITEPA), l'organisme officiel en charge de l'inventaire national des émissions gazeuses, notamment celles liées à la gestion des effluents d'élevage. Avec une méthodologie basée sur l'analyse des statistiques annuelles des effectifs des différents cheptels et l'analyse des enquêtes de bâtiments, le CITEPA calcule et publie annuellement l'inventaire national des effluents bovins. Leur résultat montre une distribution inversée des productions de déjections par rapport à celles présentées dans notre étude. En effet, selon le CITEPA, les déjections produites par les vaches laitières seraient principalement sous forme de lisier (66 %) et seulement un tiers serait sous forme de fumier. Cet écart rencontré entre les deux études est lié à la définition même des catégories d'effluents, le fumier mou étant assimilé par l'étude réalisée par le CITEPA comme du lisier. Pour les autres bovins, la répartition présentée entre lisier et fumier serait quasi équivalente.

Au regard des résultats de ces études et de celle présentée dans cet article, il convient donc de réactualiser les données déjà publiées qui sont le plus souvent basées sur des données asynchrones, et pour certaines, approximatives du fait de l'utilisation de données agrégées faute d'accès aux bases de données individuelles.

Répartition des déjections sur le territoire national

La répartition des données quantitatives de déjections récupérées en fonction de leur type et agrégées par petite région agricole est présentée sur la carte de la figure 2. Cette visualisation met en évidence le zonage caractéristique des productions bovines françaises. Plusieurs grandes régions telles que la région Centre, la zone

► centrale du Bassin parisien (greniers à blé de la Beauce et de la Brie notamment), les zones forestières ou viticoles du Bassin aquitain, le pourtour méditerranéen, ne présentent que très peu d'élevage bovin donc peu de ressources disponibles sur ces territoires. Les régions du Grand Ouest disposent d'une production d'effluents bovins conséquente avec une représentation plus marquée des lisiers dans les zones où la disponibilité en paille est plus faible (en Bretagne, Mayenne, Manche) ou des fumiers très compacts dans les zones où les types de bâtiments nécessitent davantage de paille (reste des Pays de la Loire). Ces fumiers très compacts sont encore plus présents dans les zones de polyculture-élevage caractéristiques au nord, à l'est et au sud du Bassin parisien. Ils sont également bien représentés dans des zones plus herbagères orientées vers la production de viande au nord, à l'est (Limousin) et au sud-ouest du Massif central, où les logements construits récemment pour les vaches allaitantes ont fortement privilégié le type « stabulation libre aire paillée ». Les zones de montagne, principalement le Jura et le cœur du Massif central, montrent une production importante d'effluents sous forme de fumier compact plus marquée que dans les autres régions en raison de la présence persistante d'étables entravées dans ces zones où les petits troupeaux ont plus d'importance. Ces constats révèlent les spécificités des grandes régions agricoles, déjà bien connues des professionnels. Le déploiement de la méthode à l'échelle de territoires opé-

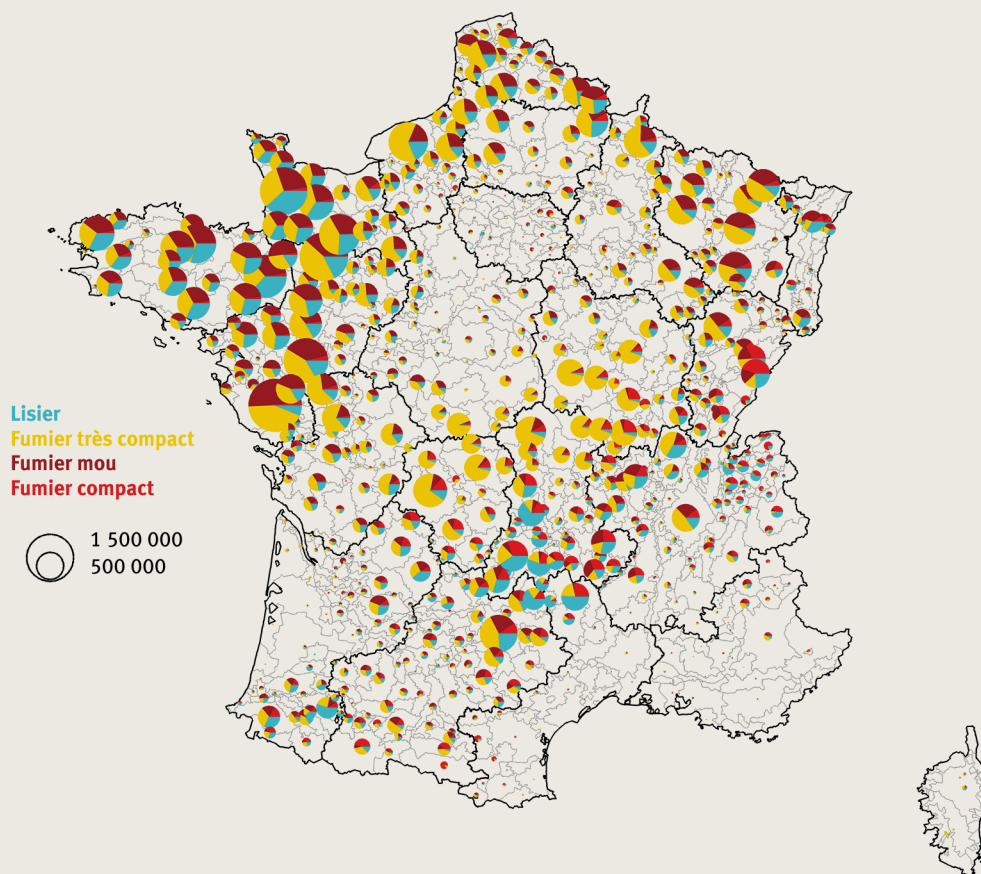
rationnels (communautés de communes) a d'autant plus d'intérêts à des fins d'aide à la décision pour identifier des procédés de valorisation adaptés aux caractéristiques des ressources présentes. Ainsi, dans certaines zones du territoire, l'analyse du gisement des déjections bovines et des autres produits organiques disponibles pourrait conduire à privilégier des procédés moins usuels tels que la méthanisation par voie sèche.

Les déjections bovines, une ressource pour la filière de méthanisation agricole

Calcul du potentiel maximal de production énergétique

La quasi-totalité de ces effluents agricoles est aujourd'hui épandue sur les terres agricoles. L'utilisation des lisiers et des fumiers de bovins dans la filière de méthanisation agricole est très marginale, ne mobilisant qu'une part très infime du gisement. Actuellement, dans la filière agricole, les lisiers sont rarement utilisés seuls, car ces derniers sont essentiellement constitués d'eau (tableau 2) et la matière organique (MO) les constituant est peu méthanogène puisque le rendement de bioconversion espéré d'une tonne de cette matière organique est compris entre 200 et 300 Nm³CH₄/t MO (tableau 2), soit entre 14,7 et 47,7 Nm³CH₄/t de matière brute. En effet, dans la plupart des installations agricoles en fonctionnement en 2014, des co-substrats sont souvent ajoutés aux recettes

2 Production d'effluents d'élevage bovin (tonnes/an) par type d'effluent et par petite région agricole.



Source : Agreste – Recensement agricole 2010 – Traitement : Institut de l'élevage.

② Caractéristiques moyennes des types de déjections (données internes Irstea).

	Matière sèche	Matière organique	Potentiel biométhanogène	Potentiel biométhanogène
	kg matière sèche/tonne de matière brute	kg matière organique/tonne de matière brute	Nm ³ CH ₄ */tonne de matière organique	Nm ³ CH ₄ /tonne de matière brute
Lisier	65	50	293	14,7
Fumier mou (MS ≤ 18 %)	168	144	232	33,3
Fumier compact (18 % < MS < 25 %)	222	173	240	41,6
Fumier très compact (MS ≥ 25 %)	293	236	203	47,7

* Nm³CH₄ : normaux mètre cube de méthane mesurés dans les conditions normales de température et de pression (Nm³CH₄ = 9,7 kWh).
Source : données internes Irstea.

d'alimentation des bioréacteurs tels que les déchets de l'industrie agro-alimentaire, par exemple les graisses d'abattoir qui ont un potentiel biométhanogène élevé de l'ordre de 800 Nm³CH₄/tMO. Par ailleurs, les technologies disponibles sur le marché pour valoriser les effluents liquides de bovins sont aujourd'hui bien maîtrisées et disponibles sur le marché. Pour les fumiers, la problématique est un peu différente. Bien que les potentiels biométhanogènes de la matière organique constituant ces fumiers soient du même ordre de grandeur que celle contenue dans les lisiers, leur teneur en matière sèche et en matière organique est plus élevée, les rendant plus intéressants pour la filière en tant que substrat unique (potentiel biométhanogène de la matière brute trois fois supérieur à celle des lisiers, tableau ②).

Par contre, la technologie agricole permettant de les valoriser (méthanisation par voie sèche par bâchées discontinues, le plus souvent) est encore au balbutiement de son déploiement. Des freins s'ajoutent à cette filière en démarrage, tels que la rentabilité financière et le temps nécessaire aux montages des projets. Malgré ces contraintes, l'utilisation pour la méthanisation de ces déjections animales à haute teneur en matière sèche est parfaitement envisageable. Seule la nécessité d'avoir les quantités nécessaires pour alimenter une unité de méthanisation rentable dans les conditions technico-économiques actuelles peut constituer le facteur limitant pour certaines exploitations agricoles.

Sur ces bases, en croisant les données obtenues par l'évaluation des gisements de déjections bovines et leurs potentiels méthanogènes respectifs, un calcul du potentiel maximal de production de bio-méthane peut être réalisé. En considérant l'ensemble « lisier et fumiers », l'estimation de la production de bio-méthane serait de 3,3 milliards Nm³ de méthane, soit 31 TéraWatt-Heure (TWh) d'énergie primaire (avec comme facteur de conversion 1 Nm³CH₄ = 9,7 kWh) soit approximativement 11 TWh d'énergie électrique si la cogénération électrique est utilisée (avec un rendement de conversion de 35 %). Au regard de la ventilation des différents types de déjections, le fumier très compact représenterait plus de la moitié de ce gisement avec 18 TWh d'énergie primaire, suivi du fumier mou avec 7 TWh et du fumier

compact avec un potentiel de production d'énergie primaire de 6 TWh. Toutefois, avec les technologies actuellement disponibles pour valoriser ces déjections bovines, il est possible d'utiliser soit des procédés dits « infiniment mélangés » pour ces effluents liquides, soit des procédés dits par voie « sèche ou solide » pour les fumiers sur la base des teneurs en matières sèches des intrants (*i.e.* MS ≤ 15 % et MS ≥ 18 %, respectivement). Ces seuils imposés par les technologies employées excluent de fait, les fumiers mous de la filière de méthanisation car ce type de substrat brut est à mi-chemin entre le liquide et le solide (état pâteux). En se focalisant uniquement sur les fumiers et au regard des exigences techniques actuelles, plus de 77 % du potentiel de production maximal de bio-méthane issu des déjections bovines est contenu dans les fumiers compacts et très compacts et serait exploitable. Le gisement brut de fumier réellement disponible s'élèverait donc à 46,8 Mt/an.

En écartant les lisiers, peu méthanogènes, et les fumiers mous, difficilement intégrables, il est possible de dresser une cartographie du potentiel de production de bio-méthane à partir du fumier à l'échelle du territoire français. Plusieurs régions agricoles présentent un potentiel très intéressant (figure ③) telles que les Pays de la Loire, la Basse-Normandie, la Picardie, le Nord-Pas-de-Calais, la Lorraine et les contreforts nord du Massif central (Limousin, Auvergne, Bourgogne).

La mobilisation des déjections

Cette étude du gisement brut met en évidence un réel potentiel des effluents bovins pour la filière de méthanisation agricole. Cependant, il convient d'évaluer à partir de ce gisement brut, la part qui est réellement mobilisable. Pour ce faire, dans cette étude, l'exploitation agricole a été prise en compte en tant qu'unité. En effet, l'observation des installations de méthanisation agricole actuellement en fonctionnement sur le territoire français montre que la plupart d'entre elles sont des unités fonctionnant chez un agriculteur et mobilisent seulement les déjections produites par l'exploitation. Très peu d'installations agricoles collectives sont actuellement en fonctionnement. Partant de ce constat, les données individuelles du recensement agricole permettent de classer chacune des exploitations, notamment vis-à-vis de la

► quantité d'effluents produits et du type de déjections. Par ailleurs, pour évaluer la part du gisement mobilisable, plusieurs hypothèses doivent être formulées. La première est de considérer que les lisiers seuls ne présentent pas d'intérêt de par leur faible potentiel biométhanogène. La seconde hypothèse retenue est d'exclure les fumiers mous, actuellement inexploités, ni dans les digesteurs en voie liquide, ni dans ceux en voie sèche. Ensuite, la part mobilisable de ce gisement a été déterminée à l'échelle de chaque exploitation bovine en le convertissant en puissance électrique (en prenant comme hypothèse que le méthane est converti en électricité par co-génération sur la base d'un fonctionnement 8 000 h/an avec un rendement de conversion de 35 % et que 80 % du potentiel biométhanogène est recouvré).

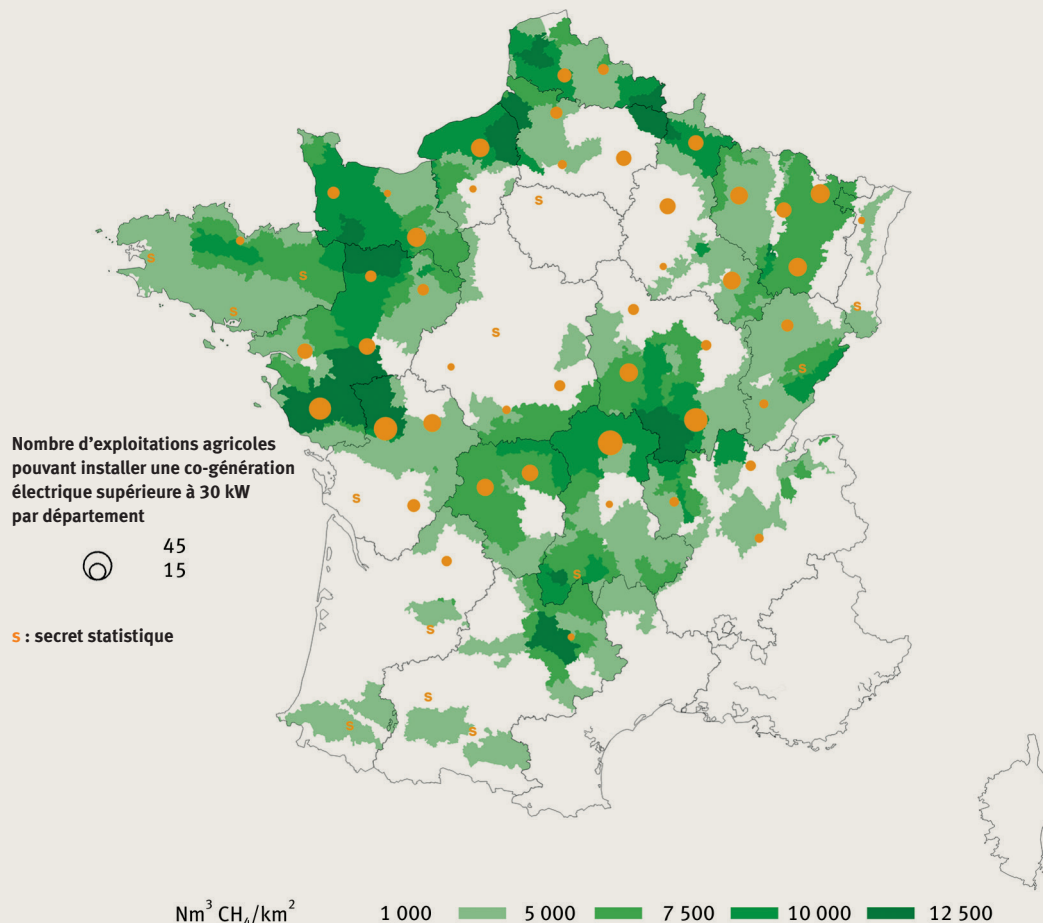
Les résultats de cette analyse sont présentés dans le tableau 3. Cette analyse met clairement en évidence que plus de 70 % des 176 000 exploitations ne peuvent prétendre qu'à une puissance électrique de co-génération ne dépassant pas les 5 kW. En effet, ces exploitations agricoles produisent en moyenne 121 tonnes de fumiers chaque année. En fixant un seuil à 20 kW, seulement

9 % du potentiel serait récupérable dans les conditions actuelles de valorisation du biogaz. Seules 551 exploitations agricoles produisent suffisamment de fumiers (> 2 000 t/an) pour envisager une installation de méthanisation avec co-génération électrique d'une puissance électrique supérieure à 30 kW (figure 3), à la limite des seuils de rentabilité technico-économiques actuels (4, 5).

Conclusion

Cette étude propose une méthode, applicable à différentes échelles, pour la réalisation d'inventaires d'effluents bovins, en utilisant les données individuelles du recensement agricole, complétées par d'autres bases de données telles que la BDNI. Il est alors possible de calculer précisément la production annuelle nationale d'effluents de bovins à partir d'un calcul réalisé exploitation par exploitation, affectant chaque animal présent (femelles reproductrices) ou produit à un type de bâtiment. La production totale d'effluents calculée s'élève, d'après cette étude à 87 Mt/an. La part des fumiers y est importante car elle représente 80 % des déjections pro-

3 Densité de fumiers compacts et très compacts en équivalents $\text{Nm}^3\text{CH}_4/\text{km}^2$ et localisation des exploitations agricoles pouvant installer une co-génération électrique supérieure à 30 kW.



Source : Agreste – Recensement agricole 2010 – Traitement : Institut de l'élevage

⑤ **Distribution des puissances électriques de co-générateurs potentiellement installables dans les exploitations bovines en ne prenant en compte que le gisement de fumier disponible sur ces exploitations individuellement (seuls les fumiers compacts et les fumiers très compacts ont été retenus).**

Puissance électrique potentielle (kW)	Nombre d'exploitations	Fumier (moyenne par classe en tonne de matière brute)	Proportion d'exploitations concernées (%)	Part de la puissance électrique potentielle (%)
< 5	123 094	121	70	32
5-10	36 499	441	21	34
10-20	13 993	829	8	25
20-30	1 859	1 471	1	6
30-50	465	2 267	0	2
50-100	77	3 822	0	1
≥ 100	9	7 689	0	0
Total	175 996	266	100	100

Source : Agreste – Recensement agricole 2010 – Traitement : Institut de l'élevage, Irstea.

duites (68,7 Mt/an), ce qui constitue une spécificité du système d'élevage bovin français par rapport à d'autres pays européens. Les fumiers de bovins pourraient être plus utilisés dans la filière de méthanisation agricole car ces derniers sont plus méthanogènes que les lisiers. Cependant, très peu d'exploitations agricoles produisent, seules, suffisamment de fumiers pour prétendre à des installations de méthanisation atteignant des puissances électriques supérieures à 30 kW. Afin d'intégrer au mieux l'ensemble des fumiers produits sur le territoire national dans la filière de méthanisation agricole, il sera donc nécessaire, soit de favoriser les petites installations de méthanisation par des tarifs de rachats de l'électricité plus incitatifs, soit de mutualiser les déjections produites par différentes exploitations, soit d'adjoindre des co-substrats aux potentiels méthanogènes plus élevés, soit de changer de paradigme et de ne plus privilégier la valorisation du biogaz en électricité (biogaz porté, par exemple), base actuelle de la rémunération. ■

Les auteurs

Axelle DEGUEURCE, Thierry BIOTEAU, José MARTINEZ et Pascal PEU

1. Irstea, UR OPAALE, centre de Rennes
17 Avenue de Cucillé – CS 64427
F-35044 Rennes – France

2. Université Bretagne Loire, France

✉ axelle.degueurce@irstea.fr

✉ thierry.bioteau@irstea.fr

✉ jose.martinez@irstea.fr

✉ pascal.peu@irstea.fr

Jacques CAPDEVILLE

IDELE, Campus INRA
Chemin de Borde Rouge – BP 42118
F-31321 Castanet Tolosan Cedex – France

✉ jacques.capdeville@idele.fr

Christophe PERROT

IDELE
149 rue de Bercy – F-75012 Paris – France

✉ christophe.perrot@idele.fr

EN SAVOIR PLUS...

▣ **ADEME**, 2013, *Estimation des gisements potentiels de substrats utilisables en méthanisation*, 117 p., disponible sur : <http://www.ademe.fr/estimation-gisements-potentiels-substrats-utilisables-methanisation> (consulté le 9/02/2016).

▣ **AGRESTE**, Données de la statistique agricole, disponible sur : <http://agreste.agriculture.gouv.fr/definitions-et-methodes/zonages/> (consulté le 9/02/2016).

▣ **FRANCE AGRIMER**, 2012, *La méthanisation état des lieux et perspectives de développement*, n° 1 « Biomasse », 12 p., disponible sur : <http://www.franceagrimer.fr/content/download/16180/122245/file/methanisation-en-france.pdf> (consulté le 9/02/2016).

▣ **IFIP**, 2010, *Methasim® : méthanisation à la ferme. Logiciel de dimensionnement et de simulation de l'intérêt technico-économique d'un projet de méthanisation à la ferme.*

▣ **INSTITUT DE L'ÉLEVAGE**, 2013, *L'élevage d'herbivores au recensement agricole 2010*, Dossier Économie de l'élevage, 440-441, 90 p. + annexes, disponible sur : <http://idele.fr/contact/publication/idelesol/recommands/lelevage-dherbivores-au-recensement-agricole-2010.html>

▣ **MINISTÈRE DE L'ÉCOLOGIE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE ET DE L'ÉNERGIE, MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'AGROALIMENTAIRE ET DE LA FORÊT**, 2013, *Le Plan Énergie Méthanisation Autonomie Azote (EMAA)*, 12 p., disponible sur : <http://agriculture.gouv.fr/le-plan-energie-methanisation-autonomie-azote> (consulté le 9/02/2016).