



VALORMAP : Création d'une base de données spatialisée relative à la valorisation énergétique par méthanisation des résidus organiques des agro-industries

Juin 2018

Levasseur P., Badey L. (coord.), Barthelemy M., Bioteau T., Deloche Y., Jolibert F., Penavayre S., Prasse S., Thébault J., Torrijos M.

La méthanisation est une solution de traitement et de valorisation de la matière organique en pleine croissance en France. Les agro-industries génèrent un tonnage important de résidus et coproduits organiques disposant parfois d'un rendement méthane intéressant et permettant d'envisager leur valorisation en codigestion anaérobie. Le projet ValorMap, financé par l'Ademe (contrat n° 1306C0135) avait ainsi pour objectif, sur la période 2015-2017, de créer une base de données spatialisée relative à la valorisation énergétique par méthanisation des résidus et coproduits organiques des agro-industries. Ce projet a rassemblé (1) des Instituts Techniques couvrant plusieurs filières agro-industrielles (la filière porcine, la filière des corps gras, le secteur de la production d'alcool, l'industrie papetière, le secteur viti-vinicole), (2) des Centres régionaux d'innovation et de transfert de technologie couvrant plusieurs régions (le CRITT Agroalimentaire Provence Alpes-Côte-d'Azur, le CRITT AGRIA Lorraine et l'IPC), et (3) des centres de recherche publique (le laboratoire de Biotechnologie de l'environnement de l'INRA de Narbonne et l'IRSTEA de Rennes).

Résumé : Après avoir capitalisé des données antérieures, les partenaires du projet Valormap ont procédé à une étude de gisement des co-produits potentiellement intéressants pour la méthanisation au sein de leurs filières respectives. Cette enquête a permis en outre d'établir ou de réactualiser des ratios de production et d'échantillonner ces co-produits à des fins d'analyse. Le potentiel méthanogène et les concentrations en matières sèches et organiques, azote ammoniacal et total, phosphore et potassium ont ainsi été déterminés sur plus de 90 déchets des industries agro-alimentaires. Les auteurs du projet ont réalisé plus d'une vingtaine de fiches « co-produits » où figurent les informations essentielles les concernant. Pour les grandes catégories de déchets organiques identifiés dans ce projet, un outil public web donne accès aux masses correspondantes à l'échelle départementale et aux quantités d'énergie correspondantes, sous forme de KWh et de m³ CH₄, à l'échelle cantonale. L'ensemble des résultats sont disponibles sur le site du projet (<https://www.valormap.fr/>).

Etude de gisement des résidus organiques des agro-industries

L'une des premières tâches du projet Valormap aura été de réaliser une étude de gisement des résidus et coproduits organiques présents sur le territoire français et d'évaluer leur aptitude à la mobilisation en méthanisation en fonction de leur atouts et contraintes (potentiel méthanogène, filière concurrentielle de valorisation, statut sanitaire...). Chaque institut technique de filière et centre régional avait le choix dans la méthodologie à mettre en œuvre : enquête téléphonique et/ou sur site, utilisation de bases de données statistiques, de la bibliographie, consultation d'experts, etc.

Le résultat montre que le gisement en résidus solides identifiés dans le cadre du projet Valormap représente environ 3,5 millions de tonnes de matière brutes, 5 millions de m³ de résidus liquides et 13 000 tonnes de matières sèches d'autres biodéchets (notamment des boues biologiques). La nature de ces coproduits et résidus organiques est détaillée dans la

synthèse de l'étude de gisement, disponible sur le site Internet du projet (<https://www.valormap.fr/>). Ces gisements correspondent aux volumes générés et non aux volumes de résidus disponibles pour la méthanisation. Les eaux blanches représentent 74 % du gisement de résidus liquides identifiés dans ce projet. Elles ne présentent pas d'intérêt en termes de rendement méthane mais peuvent être employées pour diluer des mélanges d'intrants trop secs. Le tableau 1 synthétise les principaux gisements identifiés dans le cadre de ce projet.

Tableau 1 : production annuelle des résidus et coproduits organiques identifiés dans le cadre du projet Valormap (1)

| Echelle géographique | Filière/Secteur concernée | Coproduit ou résidu identifié | Gisement annuel |
|---|---|--|--------------------------|
| Région PACA | Filière oléicole (huile d'olive) | Grignons d'olive | 4 756 t MS |
| | Filière viande | Sous-produits (mélange) | 11 055 t |
| | Filière fruits et légumes | Résidus organiques (mélange) | 103 334 t |
| Ex-Région Lorraine | Filière lait-fromage | Lactosérum | 560 491 m ³ |
| | | Eaux blanches | 2 511 180 m ³ |
| | | Déchets de fromage | 451 t |
| | Filière viande | Sous-produits (catégorie 2-3) | 1 365 t |
| | | Matières stercoraires | 6 802 t |
| Filière boulangerie-pâtisserie industrielle | Déchets de pâtes et produits finis (mélange) | 14 523 t | |
| Ex-Région Auvergne | Filière lait-fromage | Fromage | 90 380 t |
| | | Lactosérum | 576 740 m ³ |
| | | Eaux blanches | 1 153 830 m ³ |
| | Filière céréale | Coproduits de la meunerie | 28 952 t |
| Nationale | Filière porcine | Refus de tamis | 21 264 t |
| | | Graisses de flottation | 13 262 t |
| | | Boues | 7 914 t MS |
| | Filière viti-vinicole | Marc de raisin blanc | 422 892 t |
| | | Marc de raisin rouge et rosé | 491 171 t |
| | | Lies de vin | 144 325 m ³ |
| | Distilleries d'alcool – distillerie viti-vinicole | Marc desalcoolisés (distillerie viti-vinicole) | 360 000 t |
| | | Vinasse (distillerie viti-vinicole) | 500 000 t |
| | Distilleries d'alcool – distillerie de fruits | Marc de poire | 200 – 2000 t |
| | | Déchets végétaux | 200 t |
| | | Marc de pomme | 4 000 t |
| | | Lies de fond de cuve | 300 t |
| | | Cidrasse | 15 000 m ³ |
| | Distilleries d'alcool – distillerie d'alcools agricoles | Pulpes de betterave | 491 680 t |
| | | Drêches de blé | 820 725 t |
| | Filière Papetière | Boues mixtes | 210 t MS |
| | | Boues de désencrage | 303 t MS |
| | Filière corps gras | Impuretés issues du tri des graines | 84 025 t |
| | | Fond de bac | 6 400 t |
| | | Pâte de neutralisation | 17 500 t |
| Huiles acide | | 39 500 t | |
| Terres de décoloration usagées | | 6 825 t | |
| Terres de wintérisation usagées | | 1 500 t | |
| Condensat de désodorisation ou distillat d'acide gras | | 2 600 t | |
| Graisse issues de la production de margarine | | 1 000 t | |

(1) Les unités de mesure diffèrent selon les usages. Les tonnages fournis sont sur la matière brute hormis certains biodéchets quantifiés en tonne de matière sèche (mentionné dans le tableau).

A des fins de réactualisation ultérieure de la base de données, l'un des objectifs du projet était également d'estimer des ratios de production de résidus sur la base de critères aisément accessibles (nombre de salariés, masse d'intrants traités, etc). Il en ressort que certains ratios sont fragiles et doivent être pris avec précaution car ils dépendent beaucoup de la typologie et des pratiques mises en place par les entreprises rencontrées. Ce point est notamment discuté dans le livrable consultable sur le site du projet.

Caractérisations physico-chimiques et mesures de BMP de l'ensemble des résidus organiques

Lors de l'étude de gisement, les partenaires du projet VALORMAP ont effectué plus de 90 prélèvements de résidus organiques en vue de leur caractérisation physico-chimique et de la mesure de leur potentiel méthanogène (BMP). L'estimation des BMP a été réalisée au LBE de l'INRA de Narbonne ainsi que la plupart des analyses physico-chimiques. Pour la présentation des résultats dans cet article, les échantillons analysés ont été regroupés en 10 catégories (voir tableau 2). Ce tableau présente les concentrations moyennes en matières sèches (MS) et organiques (MO) pour ces 10 catégories de résidus. Les résidus des catégories 7 et 8 sont dilués avec des ratios moyens en MO/MS inférieurs à 9 %. En revanche, ce ratio est en moyenne supérieur à 45 % pour trois catégories (6, 3, 4).

Les teneurs en azote et phosphore sont très contrastées entre catégories de résidus. Il est nécessaire d'évaluer l'impact sur la concentration en azote du mélange d'intrants afin d'éviter toute inhibition de la production de méthane dans le digesteur. Les résidus animaux et végétaux issus de transformations agro-alimentaires (catégories 4 et 6) voire les boues papetières (catégorie 1) présentent des concentrations pouvant être très élevées. Cependant, les teneurs sont très contrastées au sein de chacune des catégories.

Les résidus végétaux issus de transformations agro-alimentaires (catégorie 4), les sous-produits viti-vinicoles et de la distillation d'alcool (catégorie 5) et les résidus de la production de lait et de fromage (catégorie 7) présentent les concentrations moyennes en potassium les plus élevées mais, comme pour l'azote et le phosphore avec une forte variabilité intra-catégorie (chiffres disponibles sur le site du projet).

Tableau 2 : analyses physico-chimiques, potentiel et rendement méthane des résidus échantillonnés dans le cadre du projet Valormap (1)

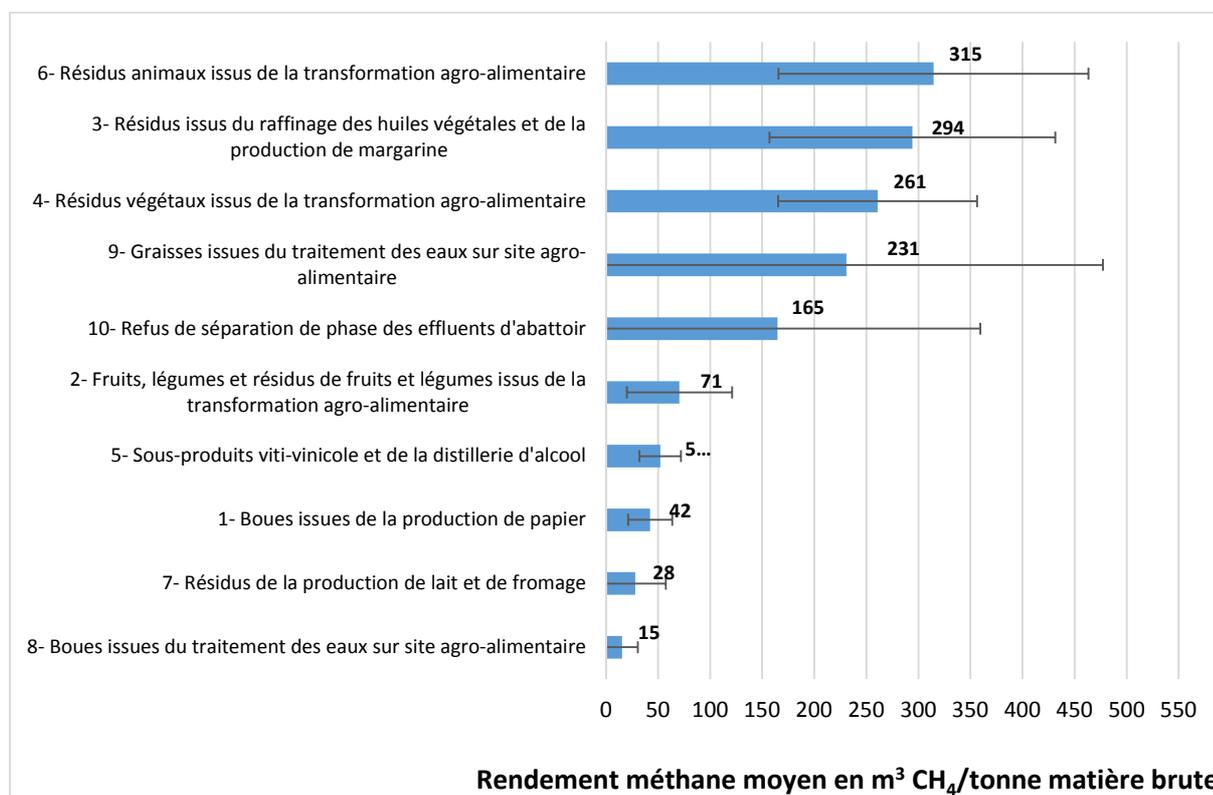
| | Eff. | MS | MO | BMP | RM | N | P | K |
|--|------|------|------|------------------------------|---|---------|------|-----|
| | n | % PB | % MS | ml CH ₄ / g de MO | m ³ de CH ₄ /t PB | g/kg MB | | |
| 1- Boues issues de la production de papier | 7 | 36 | 31 | 208 | 42 | 10,4 | 6,3 | 0,8 |
| 2- Fruits, légumes et résidus de fruits et légumes issus de la transformation agro-alimentaire | 10 | 24 | 19 | 321 | 71 | 6,4 | 2,2 | 2,4 |
| 3- Résidus issus du raffinage des huiles végétales et de la production de margarine | 15 | 72 | 55 | 495 | 294 | 2,2 | 3,0 | 0 |
| 4- Résidus végétaux issus de la transformation agro-alimentaire | 12 | 80 | 73 | 344 | 261 | 15,9 | 8,8 | 8,4 |
| 5- Sous-produits viti-vinicoles et de distilleries d'alcool | 35 | 29 | 22 | 245 | 59 | 6,8 | 1,7 | 8,1 |
| 6- Résidus animaux issus de la transformation agro-alimentaire | 5 | 54 | 47 | 660 | 315 | 23,8 | 15,9 | 1,6 |
| 7- Résidus de la production de lait et de fromage | 5 | 8 | 6 | 433 | 28 | 3,1 | 1,9 | 7,0 |
| 8- Boues issues du traitement des eaux sur site agro-alimentaire | 4 | 10 | 8 | 192 | 13 | 6,1 | 4,2 | 0,6 |
| 9- Résidus de dégraissage des effluents de sites agro-alimentaires | 6 | 32 | 28 | 647 | 231 | 2,5 | 0,9 | 0,1 |
| 10- Refus de séparation de phases des effluents d'abattoir | 3 | 30 | 25 | 409 | 120 | 8,5 | 2,0 | 0,4 |

(1) Eff. : Effectif - MB : matière brut - MS : matières sèches - MO : matières organiques - RM : Rendement Méthane - BMP : Potentiel méthanogène - Phosphore sous forme de P et non P₂O₅ - Potassium sous forme de K et non K₂O

Le BMP est fonction de la biodégradabilité de la matière organique du résidu considéré, il s'exprime en ml CH₄/g de MO. Le tableau 2 montre que les catégories 8, 1 et 5 ont des BMP moyens plutôt faibles ce qui suggère que leur biodégradabilité est moyenne et qu'une fraction importante des solides qui constituent les résidus de ces catégories ne sera pas dégradée lors de la digestion anaérobie. Trois catégories ont des BMP moyens supérieurs ou égaux à 500 liés à la présence de matières grasses dans les résidus de ces catégories.

Le rendement méthane représente le volume de méthane qui peut être produit par tonne de matière brute (MB). Il s'exprime en m³ de CH₄/t MB. Ce paramètre est très important à prendre en considération pour la valorisation énergétique de résidus en méthanisation et il est utilisé par les industriels pour calculer la production de méthane d'une unité de méthanisation. Le rendement méthane tient compte à la fois du BMP et de la concentration en matières organiques du résidu considéré. La figure 1 présente les rendements méthane moyens pour les 10 catégories. Globalement, cinq catégories (8, 7, 1, 5, 2) ont des rendements méthane faibles ou moyens avec des valeurs moyennes inférieures à 80 m³ CH₄/t MB et quatre catégories (9, 4, 3, 6) ont des rendements méthane très élevés avec des valeurs moyennes supérieures à 200 m³ CH₄/t MB. Il est important de souligner que les écarts-types sont très élevés pour pratiquement toutes les catégories (figure 1), ce qui révèle une forte disparité des valeurs à l'intérieur des catégories.

Figure 1 : rendements méthane moyen et écart-types des 10 familles de résidus organiques



Les données individuelles sont téléchargeables sur le site du projet (<https://www.valormap.fr/>) au format word® afin de pouvoir implémenter des bases de données existantes chez les différents acteurs de la méthanisation (agriculteur-méthaniseurs, conseillers énergie/environnement, bureaux d'études, constructeurs, puissance publique,...).

Les données individuelles de ces 90 résidus ont été compilées avec des résultats acquis antérieurement et ceux de la base de donnée MéthaSim (*), elle-même réactualisée. Cet ensemble répertorie le potentiel méthanogène, la teneur en matières sèches et organiques (ainsi que les analyses en azote, phosphore et potassium pour bon nombre d'entre eux) de plus de 400 résidus organiques : déjections animales, cultures et leur résidus, déchets organiques des agro-industries et des collectivités. Le fichier est téléchargeable au format excel® sur le site de l'IFIP (<http://bit.ly/BD-metha>).

(*) MéthaSim est un outil web de l'IFIP pour simuler le dimensionnement et l'intérêt économique d'un projet de méthanisation à la ferme (<https://methasim.ifip.asso.fr>). La dernière version 2018 tient compte des derniers tarifs d'achat de l'électricité issue d'une unité de méthanisation. Outre la réactualisation des coûts d'investissement et de fonctionnement, ce calculateur permet maintenant de simuler l'intérêt économique de l'injection de biométhane et d'en comparer l'intérêt par rapport à la production d'électricité par co-génération. Ce calculateur permet également d'avoir une première approche du coût du traitement des digestats. Cette version est devenu payante afin de contribuer à la maintenance de l'outil. Renseignements sur le site de l'IFIP.

Fiches descriptives des résidus organiques

Les partenaires du projet ont réalisé plus d'une vingtaine de fiches « co-produits ». Ces fiches sont mises à disposition sur le site Internet du projet. Elles permettent un premier échange avec les exploitants d'installation de méthanisation afin d'évaluer l'intérêt des différents coproduits en méthanisation

Tableau 3 : Fiches « co-produits » réalisées dans le cadre du projet Valormap

| Famille de résidus organiques | Résidus correspondants (1 résidu= 1 fiche) |
|--|--|
| 1- Boues issues de la production de papier | . Boue de papeterie |
| 2- Fruits, légumes et résidus de fruits et légumes issus de la transformation agro-alimentaire | . Co-produits de fruits et légumes |
| 3- Résidus issus du raffinage des huiles végétales et de la production de margarine | . Fond de bac . Pâtes de neutralisation . Terres usagées . Graisses issues de la production de margarine . Condensat de désodorisation et distillat d'acide gras |
| 4- Résidus végétaux issus de la transformation agro-alimentaire | . Drêches de brasserie . Grignons secs et humides (production huile d'olive) . Issus de meunerie et de maïserie |
| 5- Sous-produits viti-vinicoles et de distilleries d'alcool | . Lie de vin . Pulpe de betterave . Drêches (production d'alcool éthylique) . Marcs de raisins . Vinasse de distillerie . Sous-produits des distilleries d'alcool (marcs désalcoolisés de vin, marcs de fruits, lies, autres sous-produits) |
| 6- Résidus animaux issus de la transformation agro-alimentaire | . Déchets de fabrication de viandes et de charcuteries porcines |
| 7- Résidus de la production de lait et de fromage | . Lactosérum |
| 8- Boues issues du traitement des eaux sur site agro-alimentaire | . Boue biologique (issus d'abattoir porcin) |
| 9- Résidus de dégraissage des effluents de sites agro-alimentaires | . Graisse de flottation (issue d'abattoir porcin) |
| 10- Refus de séparation de phases des effluents d'abattoir | . Refus de tamis (issus d'abattoir porcin) |

Les fiches, téléchargeables sur le site du projet, rapportent sur 4 à 5 pages les informations suivantes :

- La description du résidu étudié : procédés d'obtention et nature du résidu. L'objectif étant de pouvoir identifier le biodéchet même s'il a une dénomination différente. La composition physico-chimique (matières sèches et organiques, azote total et ammoniacal, phosphore et potassium) est également mentionnée.

. La quantité et la localisation des gisements : suite à l'étude des gisements, ce paragraphe rapporte les principaux ratios de production, les quantités nationales ou régionales produites et les principaux critères de localisation (gisement atomisé ou, au contraire, très concentré sur quelques sites ou géographiquement).

. Les possibilités de valorisation en méthanisation : le potentiel et le rendement en méthane déterminés dans le cadre de ce projet sont rapportés dans cette fiche. Elles sont discutées et comparées par rapport aux autres familles de déchets.

. Les points requérant une attention particulière : le résidu peut être malodorant, contenir des indésirables, être bien valorisé par ailleurs, ou saisonnier... autant de particularités ou de difficultés à connaître avant de rechercher ce type de co-produit.

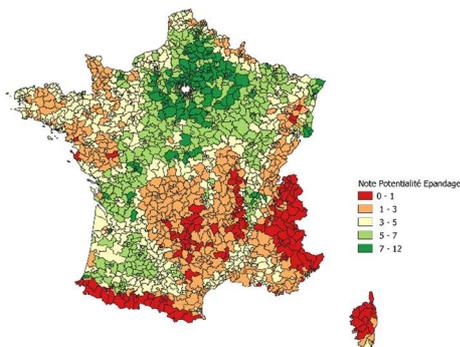
. Un tableau de synthèse des points forts et faibles pour la méthanisation récapitule les principaux éléments mentionnés précédemment. Et dans la conclusion, l'auteur de la fiche propose une échelle de taux de mobilisation probable pour le ou les résidus considérés compte tenu des atouts et contraintes mentionnés précédemment.

Outil web de géolocalisation des résidus organiques identifiés dans le projet Valormap

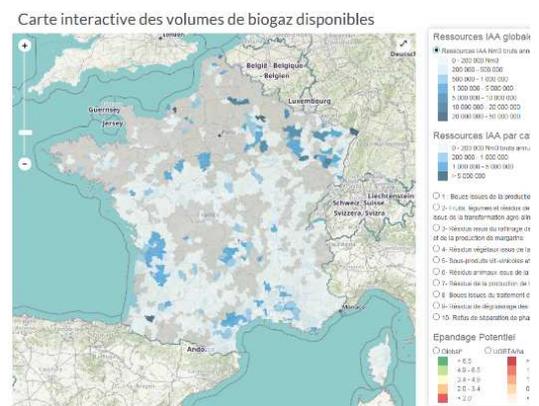
Les résultats du projet permettent également de géolocaliser les gisements de ces déchets. Un outil public web donne accès aux masses des grandes catégories de déchets à l'échelle départementale et les quantités d'énergie correspondante, sous forme de KWh et de m³ CH₄, à l'échelle cantonale. Le fichier excel[®] des masses (ou volume) de chacune des 10 catégories de résidus organiques ainsi que les potentiels énergétiques correspondant sont proposés en téléchargement à l'échelle départementale.

L'outil web permet également de visualiser la production brute ou le gisement potentiellement mobilisable et les potentialités d'épandage sous forme de cartes. Elles sont interactives par la présentation de cases à cocher pour (dé)sélectionner les différentes catégories de résidus, contraintes d'épandage, etc. au choix de l'utilisateur.

Carte 1 : potentialité d'épandage



Carte 2 : potentiel énergétique cumulé des résidus organiques



L'outil web (https://www.valormap.fr/?page_id=289) permet de géolocaliser les gisements de certains résidus organiques des agro-industries

Le fond de plan « potentialités d'épandage » prend en compte 4 critères d'exclusion (la pente, les zones inondables, les distances aux bâtiments < 50 m, le niveau de besoin des cultures en fertilisant organique) et un indicateur de la pression d'élevage (via les UGB Tous Aliments). Il est obtenu une note finale de 1 à 12 pour chaque canton. Ce critère peut constituer un indicateur d'aide à la décision de futurs projets.

Conclusion

La valorisation énergétique par méthanisation des coproduits et résidus organiques des agro-industries) a été étudiée dans le cadre du projet Valormap. Les partenaires du projet ont identifié une production annuelle de l'ordre de 3,5 millions de tonnes de déchets solides et 5 millions de m³ de déchets liquides, soit une production de biométhane théorique de 509 millions de Nm³ CH₄/an. Les résidus identifiés ne sont pas tous et entièrement mobilisables en méthanisation en raison de certaines contraintes réglementaires, techniques et économiques. En prenant en compte un taux de mobilisation optimiste, fixées par les partenaires du projet, la production annuelle de biométhane à partir du gisement disponible serait de l'ordre de 123 millions Nm³ CH₄. Les principaux résultats du projet sont disponibles sur le site Internet www.valormap.fr. Une carte interactive est notamment proposée. Elle permet de visualiser au niveau cantonal le volume de biométhane pouvant être produit par les résidus étudiés dans le cadre du projet Valormap mais aussi l'épandabilité des digestats.

Ce projet n'a pas couvert l'intégralité des filières agro-industrielles françaises en termes de nature des résidus organiques et géographiquement. La base de données et la cartographie pourront être complétées ultérieurement en fonction de la volonté des professionnels du secteur et de la filière méthanisation. Les possibilités de faire vivre de tels outils après la fin du projet restent toutefois posées.