

# ÉTUDE DU POTENTIEL DE DÉVELOPPEMENT DE LA MÉTHANISATION EN MAYENNE (53)



**JUIN 2011**

Etude réalisée par **Valentin DUVAL**,  
pour le Conseil Général de la Mayenne

**Comité de Pilotage :**

**Christophe LEMARIÉ (CG 53), Laurent GÉNEAU de LAMARLIÈRE (CG 53),  
Gaëlle LE GUEN (AILE) et Cécile HUBERT (CA 53)**

# SOMMAIRE

REMERCIEMENTS

RESUME

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION

Partie 1 : État des Lieux .....	1
A – Gisements des matières fermentescibles.....	1
I – Effluents agricoles .....	1
a) Quelques chiffres et méthodologie .....	1
b) Gisements .....	2
c) Mobilisation .....	2
d) Répartition .....	3
II – Déchets des industries agroalimentaires .....	3
a) Quelques chiffres et méthodologie .....	3
b) Gisements .....	4
c) Mobilisation .....	4
d) Répartition .....	4
III – Déchets des collectivités .....	5
a) Quelques chiffres et méthodologie .....	5
b) Gisements .....	5
c) Mobilisation .....	6
d) Répartition .....	7
IV - Synthèse.....	7
B – Les Consommateurs de chaleur.....	8
I – Agricoles.....	8
a) Consommations .....	8
b) Répartition .....	8
II – Industries agroalimentaires .....	8
a) Consommations .....	8
b) Répartition .....	9
III – Collectivités .....	9
a) Consommations .....	9
b) Répartition .....	9
IV – Réseaux de gaz .....	9
V – Synthèse .....	10

Partie 2 : Scénarios de Développement .....	10
A – Généralités .....	10
I - Typologies de projets .....	10
II – Critères de développement .....	11
III – L'énergie produite.....	12
IV – Autres déchets potentiels .....	12
a) Les cultures intermédiaires .....	12
b) Les résidus de fauches de bords de routes.....	13
B – Projets de méthanisation par voie liquide .....	14
I – Généralités et méthodologie .....	14
a) Technologie .....	14
b) Coûts.....	14
c) Méthodologie .....	15
II – Projets de type industriels .....	15
III – Projets de type agricoles .....	15
IV – Projets de type STEP .....	15
C – Projets de méthanisation par voie sèche.....	16
I – Généralités et méthodologie .....	16
a) Technologie .....	16
b) Coûts.....	16
c) Méthodologie .....	17
II – Projets agricoles .....	17
D – Scénarios alternatifs .....	17
I – Hypothèse basse .....	17
II – Hypothèse haute .....	18
E – Potentiel d'épandages.....	19
I – Le digestat.....	19
II – Aspects réglementaires et agronomiques .....	20
III – Potentiel d'épandage de la Mayenne .....	21
F – Impact environnemental .....	23
I – Effet de serre.....	23
a) Généralités .....	23
b) Méthodologie.....	24
c) Bilan Carbone® des projets de méthanisation .....	24
d) Synthèse.....	25
II – Impact sur le milieu naturel.....	26
a) L'eau .....	26
b) Le sol .....	26

c) Les espaces naturels protégés .....	26
III – Impact sur le milieu humain .....	26
a) L’air .....	26
b) La circulation et le bruit.....	27
c) La santé .....	27
G – Synthèse .....	27
Partie 3 – Conditions D’un Développement Raisoné .....	27
I - Utilisation des cultures .....	27
II - Concurrence .....	28
III - Politique.....	28
IV - Réglementation.....	29
a) Tarif de rachat .....	29
b) Aspect juridique.....	29
CONCLUSION.....	32
LISTE DES ABRÉVIATIONS.....	33
GLOSSAIRE.....	33
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	34
ANNEXES .....	36

## REMERCIEMENTS

Je tiens particulièrement à remercier mon maître de stage Monsieur Christophe LEMARIE, qui m'a conseillé et apporté toute son aide dans la réalisation de cette étude.

Je remercie également le comité de pilotage composé de Laurent GÉNEAU de LAMARLIÈRE (CG 53), Gaëlle LE GUEN (AILE) et Cécile HUBERT (CA 53) pour leurs conseils et l'intérêt porté à l'égard de cette étude, qui m'ont permis de mener à bien ce dossier.

Je remercie l'ensemble de l'équipe de la direction de l'environnement et de la sécurité sanitaire pour leur accueil, en particulier les stagiaires et les secrétaires du service déchet énergie avec qui nous avons passés de bons moments, ainsi que les personnes de la direction de l'environnement, qui m'ont fait découvrir par l'intermédiaire de sorties sur le terrain, leurs différentes missions au sein du Conseil Général.

## RESUME

Le Conseil Général de la Mayenne, souhaite promouvoir la production d'énergies renouvelables dans le département, pour cela, depuis 2006 il a favorisé l'installation d'éoliennes à travers le territoire, en définissant les zones de développement éolien.

Toujours dans cet objectif de développer les énergies renouvelables, il envisage de favoriser le développement de la méthanisation, liée à la forte présence d'exploitations agricoles et d'industries agroalimentaires dans le département.

Cette étude a donc pour objectif principal de définir le potentiel de développement de la méthanisation sur le territoire.

Le procédé de la méthanisation, utilise le méthane produit lors de la fermentation des déchets organiques pour produire de l'électricité et de la chaleur.

Le premier objectif de cette étude consiste donc à déterminer le gisement de déchets fermentescibles émanant des exploitations agricoles, des industries agroalimentaires et des collectivités, à l'échelle du département.

Ainsi qu'identifier les principaux consommateurs de chaleur agricoles, industriels et des collectivités, étant donné que la valorisation de la chaleur produite par un projet de méthanisation est déterminante concernant la rentabilité économique d'un projet.

Le deuxième objectif de l'étude, consiste à partir des données obtenues précédemment, à mettre en évidence les projets de méthanisations réalisables sur l'ensemble du département de la Mayenne.

Et à déterminer les surfaces nécessaires liées à l'épandage du digestat issu des projets de méthanisation.

Cette étude prend également en compte l'impact environnemental concernant l'émission de gaz à effet de serre produits et évités par les projets potentiellement réalisables en Mayenne.

Enfin, les conclusions apportées à cette étude, seront étudiées par le Conseil Général, afin d'appuyer l'intérêt de favoriser le développement de la méthanisation auprès des élus cantonaux particulièrement.

# AVANT-PROPOS

## 1 – LE PROCESSUS DE MÉTHANISATION (R. Moletta, 2002)

Le processus de méthanisation par voie microbienne fonctionnant en anaérobiose, consiste en une transformation de la matière organique ou minérale (issuée aussi bien de l'agriculture, de l'industrie agroalimentaire ou des collectivités), pour former un biogaz et un digestat.

Cette fermentation se réalise spontanément dans des écosystèmes naturels, où la matière organique est présente dans un milieu anaérobie, tel que dans les marais, le sol, l'intestin de mammifères, ...

La méthanisation est découpée traditionnellement en trois phases :

- l'hydrolyse et l'acidogénèse ;
  - l'acétogénèse ;
  - la méthanogénèse.
- Hydrolyse et acidogénèse

Dans cette étape réalisée par des bactéries hydrolytiques et fermentatives, les macromolécules et les particules solides sont transformées en Acides Gras Volatils (AGV).

L'hydrolyse des particules qui est une réaction lente, est souvent la réaction limitante, s'il y a présence de lignine. Ensuite, pendant l'acidogénèse qui se fait rapidement, les micro-organismes transforment les acides aminés, les sucres et les graisses, en acides organiques.

- Acétogénèse

Dans l'étape d'acétogénèse, les bactéries transforment les composés issus de la phase précédente, en acétate, hydrogène et gaz carbonique.

Les vitesses réactionnelles d'acétogénèse sont généralement lentes et soumises à des problèmes d'équilibre thermodynamique de par la présence d'hydrogène, qui est la molécule clé dans la digestion anaérobie.

- Méthanogénèse

Dans cette dernière étape, les bactéries acétoclastes, utilisent l'acide acétique pour former du gaz carbonique et du méthane et les bactéries hydrogénéophiles, réduisent le gaz carbonique par l'hydrogène pour faire du méthane et de l'eau.

Différents facteurs doivent être pris en considération en digestion anaérobie :

- La température : l'apport calorifique est souvent nécessaire, au développement des bactéries.
- La concentration de la Demande Chimique en Oxygène (DCO) : cette concentration influence la consommation d'oxygène pour dégrader la matière organique.
- Le pH : l'optimum de fonctionnement est aux alentours de la neutralité, donc à des valeurs comprises entre 6,5 et 8,5.
- L'alcalinité : on a deux types d'alcalinité, celle due aux AGV et celle due aux bicarbonates. L'alcalinité due aux bicarbonates de calcium doit être relativement élevée pour bien fonctionner. On considère, en général, qu'il est nécessaire d'avoir au moins à 1000 mg.l-1 d'alcalinité dans un réacteur qui fonctionne bien.
- Le potentiel d'oxydoréduction : ce potentiel doit être relativement bas, afin que les micro-organismes méthanogènes fonctionnent, (de -250 à -600 millivolts).
- La production de boues : la quantité de micro-organismes issue de la croissance sera donc faible et seule une petite quantité de boues sera produite.

Une fois les trois phases effectuées, cela conduit à la formation d'un digestat qui sera ensuite valorisé en tant qu'engrais et d'un biogaz composé principalement de méthane, mais également de gaz carbonique, d'eau et d'azote (cf. figure n° 1).

Méthane (CH <sub>4</sub> )	50 – 75 %
Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	25 – 45 %
Vapeur d'eau (H <sub>2</sub> O)	2 – 7 %
Azote (N <sub>2</sub> )	0 – 2 %
Hydrogène (H <sub>2</sub> )	0 – 1 %
Oxygène (O <sub>2</sub> )	0 – 2 %
Hydrogène sulfuré (H <sub>2</sub> S)	0 – 2 %
<i>(source Bayer)</i>	

Figure n°1 : Composition du biogaz. (ADEME – 2006)

Le méthane en résultant est principalement valorisé en énergie thermique et électrique, mais peut également être valorisé en gaz directement injecté dans le réseau ou en tant que biocarburant, dont les équivalences sont représentées ci-dessous :

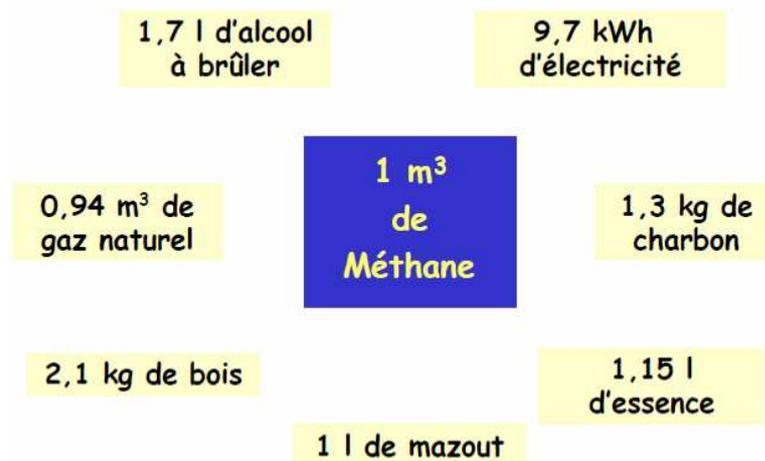


Figure n°2 : Equivalences pour 1 m<sup>3</sup> de méthane (CH<sub>4</sub>). (R. Moletta, 2002)

Les principaux intérêts alloués à la méthanisation sont :

- La production d'énergie sous forme de chaleur et d'électricité à partir du biogaz et plus particulièrement à partir du méthane contenu dans celui-ci.
- La production d'un digestat, qui permet principalement de minéraliser l'azote, le rendant ainsi disponible plus rapidement pour la végétation.
- La diminution des rejets de gaz à effets de serre.
- La réduction des odeurs.

## 2 – SITUATION ACTUELLE EN MAYENNE

Les projets en cours, les plus avancés :

- Ab2m – CHARCHIGNÉ, 2 500 kW (voie liquide) - Territorial
- SARL du Pays de Château-Gontier, 900 kW (voie liquide) - Territorial
- SARA – CRAON, 500 kW (voie liquide)
- GAEC de l'Epine – SAINT-BERTHEVIN, 100 kW (voie liquide)
- EARL de la Hamelière – BONCHAMP-LES-LAVAL, 30 kW (voie sèche)

## INTRODUCTION

Dans le cadre des objectifs fixés par le Grenelle de l'environnement de produire 23 % de l'énergie électrique à partir des énergies renouvelables, le Conseil général de la Mayenne, à l'échelon départemental, s'est d'abord investi dans le développement éolien sur le département, pour ensuite, envisager de favoriser le développement de la méthanisation en Mayenne.

En effet, la méthanisation est actuellement très peu développée sur le département où quelques projets sont en phase de développement.

Développer la méthanisation paraît donc intéressant car cette technique cumule des nombreux avantages environnementaux : production d'énergies renouvelables, diminution des émissions de Gaz à Effet de Serre (GES), traitement d'effluents d'élevage de sous-produits des collectivités et de l'agroalimentaire, production d'un digestat intéressant pour l'agriculture.

Par ailleurs, la Chambre d'Agriculture de la Mayenne, dans le cadre du Plan Agricole Départemental (PAD), envisage de soutenir les futurs projets agricoles.

Cette étude, ayant 2009 pour année de référence, a donc pour objectif de connaître la ressource des produits méthanisables sur le département de la Mayenne, ainsi que les principaux consommateurs de chaleur.

Ces résultats permettront par la suite, de visualiser les projets de méthanisation potentiellement réalisables sur le département.

# Partie 1 : État des Lieux

## A – Gisements des matières fermentescibles

Les matières fermentescibles sont à la fois issues de l'agriculture, des industries agroalimentaires et des collectivités. L'objectif d'inventorier ces gisements, est de connaître la quantité de matières fermentescibles produites par les trois secteurs et ainsi de mettre en évidence la production de ces déchets par cantons sur l'année 2009.

### I – Effluents agricoles

#### a) Quelques chiffres et méthodologie

L'activité agricole en Mayenne, représente une forte proportion de l'ensemble des activités du département, avec ces 8 600 exploitations de dimensions familiales, d'une surface moyenne de 52 ha, et se répartie de la manière suivante :

- La production laitière représente un total d'1 milliard de litres de lait à l'année, produits par les 3 700 exploitations. Soit le 5<sup>e</sup> Département français pour la production laitière.
- La production viande bovine, avec sa production de 67 900 t. à l'année, est le 2<sup>e</sup> Département français, soit un effectif total de 647 643 bovins pour les deux productions bovines.
- L'élevage porcin représente 632 élevages en Mayenne, avec une production de 82 000 t. à l'année, soit le 5<sup>e</sup> Département français pour la production porcine.
- L'élevage de volailles avec ces 505 élevages de chair, ont une production totale de 54 800 t. à l'année, soit le 12<sup>e</sup> Département français pour la production de volailles.
- L'élevage ovins avec les 327 éleveurs, représentent un total de 12 000 brebis.
- L'élevage caprin représente quant à lui un total de 2 700 chèvres.
- L'élevage équin se répartit en 1 200 élevages dont 2 200 juments, soit le 3<sup>e</sup> Département français, en nombre de juments, pour l'élevage des trotteurs.
- La culture de blé est bien représentée en Mayenne, avec 78 900 ha. cultivés, offrant un fort potentiel pour la récupération de menues paille.

Selon le type d'élevage, deux types d'effluents peuvent être produits : le fumier et le lisier. Ils se différencient entre autre, par leur état physique (sec et mou/liquide) et leur teneur en matière sèche, qui est une donnée à prendre en compte par la suite dans le processus de méthanisation.

L'estimation de ces productions d'effluents maîtrisables, a pu être estimée par un système de ratio en fonction de l'effectif de ces animaux par cantons, transmis par la Chambre d'Agriculture de la Mayenne.

Le potentiel de rejets de méthane des différents effluents par types de productions, a été déterminé à l'aide du site Internet Méthasim©, qui est un outil de simulation technico économique pour la méthanisation, avec un potentiel de 9,95 kWh/m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> d'énergie primaire.

NB : Les données des différents cantons de Laval et Château-Gontier, qui étaient regroupées, ont ensuite été réparties par cantons.

## b) Gisements

La production totale d'effluents d'élevage du département est de **2 978 418 tonnes de fumier et 2 998 103 t. de lisier** (cf. Annexe n°1). Les effluents bovins qui sont les plus représentés, sont principalement produits par les cantons de Chailland, Landivy et Ernée.

Suivi de près par l'élevage porcin, avec une forte production de lisier, intéressant dans le processus de méthanisation par voie humide, dont les trois principaux cantons producteurs sont Cossé le Vivien, Landivy et Loiron.

La récupération de menues paille s'effectue à l'aide d'un outil placé à l'arrière d'une moissonneuse-batteuse (cf. photo n°1), la production potentielle totale est de **118 319 t.** dont les trois principaux cantons producteurs sont Meslay-du-Maine, Château-Gontier-Ouest et Cossé-le-Vivien.



Photo n°1 : Moissonneuse-batteuse avec récupérateur de menues pailles.  
(Pool machinisme Sud-ouest)

S'il était possible de mobiliser l'ensemble des déchets fermentescibles agricoles, cela permettrait de produire **208 798 268 m<sup>3</sup> de méthane**, pour un total de **2 077 543 MWh** d'énergie primaire, ceci permettant d'envisager un très fort potentiel pour le secteur agricole.

### **Déchets fermentescibles :**

- 2 978 418 t. de fumier,
- 2 998 103 t. de lisier,
- 118 319 t de menues pailles

### **Potentiel 'maximum' :**

- 208 798 268 m<sup>3</sup> de méthane,
- Pour un total de 2 077 543 MWh.

## c) Mobilisation

La quantité d'effluents réellement mobilisables pour la méthanisation dépend de plusieurs critères, tel que :

- Le débouché de l'effluent.
- La distance de l'exploitation par rapport au projet.
- La quantité d'effluents produite par l'exploitation.
- Le coût économique.
- Le type de méthanisation (voie humide, voie sèche).
- L'intérêt de l'exploitant pour cette technologie.
- La saisonnalité de production des effluents.
- ...

L'estimation de la mobilisation reste très subjective, mais permet d'avoir un aperçu sur la faisabilité d'un projet à l'échelle d'un territoire.

Une estimation sur la base de 25 % d'effluents agricoles mobilisables pour un territoire, va donc être utilisée pour la suite de l'étude, avec pour référence, la mobilisation d'effluents d'élevages d'un projet de méthanisation en Mayenne et une étude de Rhône Alpes énergie environnement (RAEE, 2008).

La quantité d'effluents mobilisables, représente donc à l'échelle de la Mayenne **744 605 t. de fumier et 749 526 t. de lisier**, soit un potentiel de **48 529 655 m<sup>3</sup> de méthane** et un total de **482 870 MWh** d'énergie primaire (cf. Annexe n°2).

**Déchets fermentescibles mobilisables :**

- 744 605 t. de fumier,
- 749 526 t. de lisier,
- 29 580 t. de menues paille

**Potentiel mobilisable :**

- 48 529 655 m<sup>3</sup> de méthane,
- Pour un total de 482 870 MWh.

d) Répartition

Les effluents agricoles se répartissent majoritairement à l'ouest de la Mayenne avec un potentiel compris entre 16 000 et 32 000 MWh., tandis qu'à l'est, le potentiel est compris entre 8 000 et 16 000 MWh. (cf annexe n° 3).

Les deux cantons de Chailland et Craon possèdent le plus fort potentiel compris entre 24 000 et 32 000 MWh., le plus faible potentiel étant attribué aux cantons de Laval, compris entre 1 353 et 8 000 MWh.

Cette carte démontre donc le fort potentiel des effluents agricoles principalement compris entre 8 000 et 32 000 MWh. et également, une assez bonne répartition de ceux-ci sur le territoire.

II – Déchets des industries agroalimentaires

a) Quelques chiffres et méthodologie

La Mayenne compte 42 entreprises d'industries agroalimentaires (IAA) de plus de 5 salariés, dont :

- 12 industries laitières comprenant 2 759 salariés,
- 13 industries de viandes avec 2 477 salariés,
- 5 autres industries alimentaires (chocolaterie, confiserie, ...) de 276 salariés,
- 9 fabrications d'aliments pour animaux de 271 salariés,
- 1 industrie des fruits et légumes de 65 salariés,
- 2 meuneries de 63 salariés.

Plusieurs types d'effluents peuvent-être produits par ces industries agro-alimentaires, tels que les boues de station d'épuration produites par l'ensemble des IAA, les sous-produits laitiers, les sous-produits animaux, les huiles et graisses, les déchets végétaux, ...

Ces déchets fermentescibles, sont potentiellement méthanisables, mais des contraintes liées à leur retraitement (régies par le règlement n°1774/2002\*) sont à prendre en compte.

La répartition de production des déchets par types d'industries est la suivante :

- Grains et farines par les meuneries.
- Ecart de tri de fruits et légumes par les industries de fruits et légumes.
- Lactosérum, eaux blanches, babeurre et lait caillé par les industries laitières.
- Graisses par les industries alimentaires et animales.
- Huiles par les industries alimentaires.
- Matières stercoraires et sang par les industries viandes.
- Boues liquides, pâteuses et solides, déchets de dégrillages et graisses de flottation par l'ensemble des industries.

L'estimation de la quantité de déchets produite par types d'industries agroalimentaires, s'est effectuée à l'aide de l'étude PBE+ 2006 Bretagne, décrivant la production de déchets par les industries agroalimentaires de Bretagne.

Le potentiel de rejets de méthane des différents effluents par types de productions, a également été déterminé à l'aide site Internet Méthasim©.

#### b) Gisements

La production totale de déchets fermentescibles est de **165 016 t** (cf. Annexe n°1), avec trois cantons principaux producteurs : Évron, Château-Gontier Est et Craon, dont la part la plus importante est produite par les industries laitières avec 116 958 t.

En deuxième position, les boues et déchets de stations d'épurations produites par l'ensemble des industries sont de l'ordre des 33 806 t.

En utilisant l'ensemble des déchets fermentescibles des industries agroalimentaires, cela permettrait de produire **9 185 764 m<sup>3</sup>** de méthane, pour une production totale de **91 398 MWh** d'énergie primaire.

**Déchets fermentescibles :**

- 165 016 t.

**Potentiel "maximum" :**

- 9 185 764 m<sup>3</sup> méthane
- 91 398 MWh

#### c) Mobilisation

La mobilisation dépendant des différents facteurs cités précédemment, une estimation sur la base de 25 % de déchets fermentescibles issus d'industries agroalimentaire mobilisables pour un territoire, va donc être utilisée pour la suite de l'étude.

La quantité de déchets mobilisables, représente donc **41 254 t.** de déchets fermentescibles avec un potentiel de **2 296 441 m<sup>3</sup>** de méthane soit **22 850 MWh** d'énergie primaire (cf. Annexe n°2).

**Déchets fermentescibles :**

- 41 254 t.

**Potentiel mobilisable :**

- 2 296 441 m<sup>3</sup> de méthane
- 22 850 MWh

Les déchets fermentescibles issus d'industries agroalimentaires, sont eux répartis dans plusieurs cantons situés majoritairement au nord de la Mayenne avec un potentiel compris entre 1 et 1 600 MWh., les quelques cantons situés au sud possédant un potentiel compris entre 1 et 4 000 MWh. (cf. Annexe n°4).

Peu de cantons situés au centre-est de la Mayenne, possèdent des déchets issus d'industries agroalimentaires et seulement quatre cantons ont un potentiel compris entre 1 600 et 6 400 MWh. représentés par Craon, Château-Gontier Est, Le Horps et Évron.

On constate donc que le potentiel concernant les déchets fermentescibles est assez peu élevé si l'on compare aux effluents agricoles, mais possède une répartition assez sectorielle sur le territoire.

### III – Déchets des collectivités

#### a) Quelques chiffres et méthodologie

La Mayenne compte différentes structures, réseaux routiers, qui sont des producteurs potentiels de déchets fermentescibles, représentés par :

- 302 983 habitants en Mayenne,
- 82 maisons de retraites,
- 9 hôpitaux,
- 1 maison d'arrêt,
- Plus de 200 établissements scolaires,
- Plus de 300 restaurants,
- 54 déchèteries,
- 70 stations d'épurations (STEP).

Les productions concernées sont les déchets végétaux produits par les Communautés de communes, dont les quantités sont issues des déchèteries, mais également les résidus de fauches de bords de routes communales, départementales et chemins ruraux, dont les quantités ont été estimées par un système de ratio en fonction de la fréquence de coupe.

La fraction fermentescible d'ordures ménagères est produite par l'ensemble de la population, dont les quantités ont été estimées à l'aide d'une étude du Conseil général de la Mayenne.

Les résidus séparateurs de graisses et huiles alimentaires usagées, sont principalement produites par les différentes structures collectives, dont les quantités ont été estimées par ratio à l'aide d'une étude de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).

Enfin, les boues liquides, solides et pâteuses sont produites par l'ensemble de la population, dont les quantités produites ont été transmises par la Chambre d'Agriculture de la Mayenne.

Le potentiel de rejets de méthane des différents effluents par types de productions, a également été déterminé à l'aide site Internet Méthasim©.

#### b) Gisements

La production totale de déchets fermentescibles des collectivités est de **86 921 t.** (cf. Annexe n°1), dont les trois cantons principaux producteurs sont Laval Nord-est, Craon et Loiron, les principales productions concernant les boues liquides et les déchets végétaux.

La mobilisation de l'ensemble du gisement, permettrait d'obtenir un potentiel de **5 493 884 m<sup>3</sup>** de méthane, soit **54 664 MWh**. d'énergie primaire.

**Déchets fermentescibles :**

- 86 921 t.

**Potentiel 'maximum' :**

- 5 493 884 m<sup>3</sup> méthane
- 54 664 MWh

c) Mobilisation

La mobilisation dépendant également des différents facteurs cités précédemment, une estimation sur la base de 25 % de déchets fermentescibles mobilisables issus des collectivités pour un territoire, va donc être utilisée pour la suite de l'étude.

En effet, le tri des déchets verts en séparant les tontes et les ligneux, sont des facteurs influençant la mobilisation des déchets.

Concernant la mobilisation des boues de STEP, les lagunes plantées de roseaux ont été exclues du calcul, puisqu'elles représentent un gisement très peu mobilisable (due à un curage tous les 10 ans en moyenne). Pour le reste du gisement, la rénovation récente de la plupart des STEP en Mayenne, limite leur mobilisation, mais également le fait que d'une manière générale la digestion des boues est réservée aux STEP de grande capacité de plus de 30 000 équivalent habitants (EH) (ADEME, 2003), sur le département cela concerne quatre villes :

- CHÂTEAU-GONTIER (37 500 EH)
- CRAON (30 000 EH)
- LAVAL (190 000 EH)
- MAYENNE (30 000 EH)

La production de boues d'une STEP de 30 000 EH est en moyenne de 10 800 t./an, or l'ensemble de ces quatre villes se situe en dessous de cette valeur, où la ville de LAVAL est la plus proche avec une production de 9 769 t./an.

Or, la station d'épuration de LAVAL possède d'ores et déjà plusieurs équipements visant à valoriser l'énergie avec deux serres solaires, un plancher chauffant et met en place une centrale de cogénération fonctionnant à partir du méthane issu de la digestion des boues, une pompe à chaleur et des panneaux photovoltaïques, la mobilisation de boues de STEP est donc peu envisageable si l'on se réfère au seuil de rentabilité économique fixé par l'ADEME.

La quantité de déchets mobilisable serait donc de **11 392 t.** avec un potentiel de **1 200 897 m<sup>3</sup>** de méthane, soit **11 949 MWh**. d'énergie primaire (cf. annexe n° 2).

**Déchets fermentescibles :**

- 11 392 t.

**Potentiel mobilisable :**

- 1 200 897 m<sup>3</sup> de méthane
- 11 949 MWh

#### d) Répartition

La production de déchets fermentescibles est répartie globalement de manière homogène sur le territoire, avec un potentiel plus important pour la moitié Sud-ouest compris entre 800 et 1 600 MWh., contrairement au Nord-est avec un potentiel compris entre 400 et 800 MWh. (cf. Annexe n°5).

Les cantons de Loiron, Craon, Château-Gontier Est et Évron possèdent le potentiel le plus élevé compris entre 1 200 et 1 600 MWh.

Le potentiel par cantons est donc peu élevé si l'on compare avec les exploitations agricoles et les industries agroalimentaires, mais offre des possibilités quant à sa répartition relativement homogène sur le territoire.

#### IV - Synthèse

Le gisement total de déchets fermentescibles mobilisable est donc de **1 576 356 t.** avec une production de méthane de **52 026 993 m<sup>3</sup>**, soit **517 667 MWh** d'énergie primaire, le potentiel concerne principalement les déchets fermentescibles agricoles, comme le montre le graphique ci-dessous.

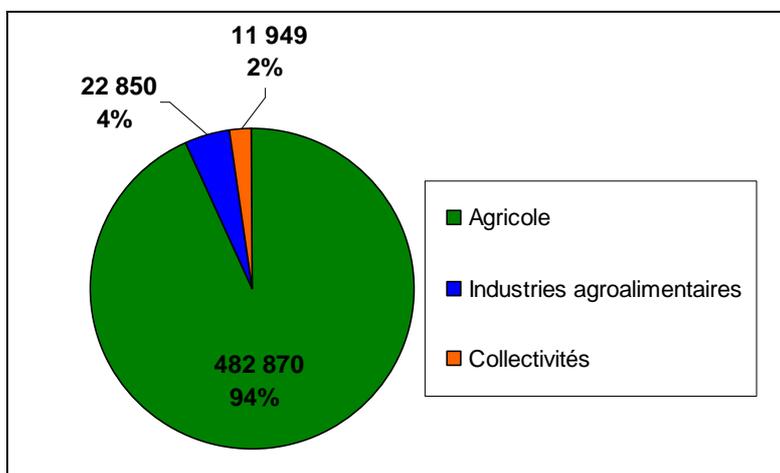


Figure n°3 : Potentiel d'énergie mobilisable (en MWh.)

La saisonnalité de production de déchets est un facteur à prendre en compte dans la mise en place d'un projet car certains sont plus facilement disponibles à certaines périodes, comme le montre le graphique ci-dessous.

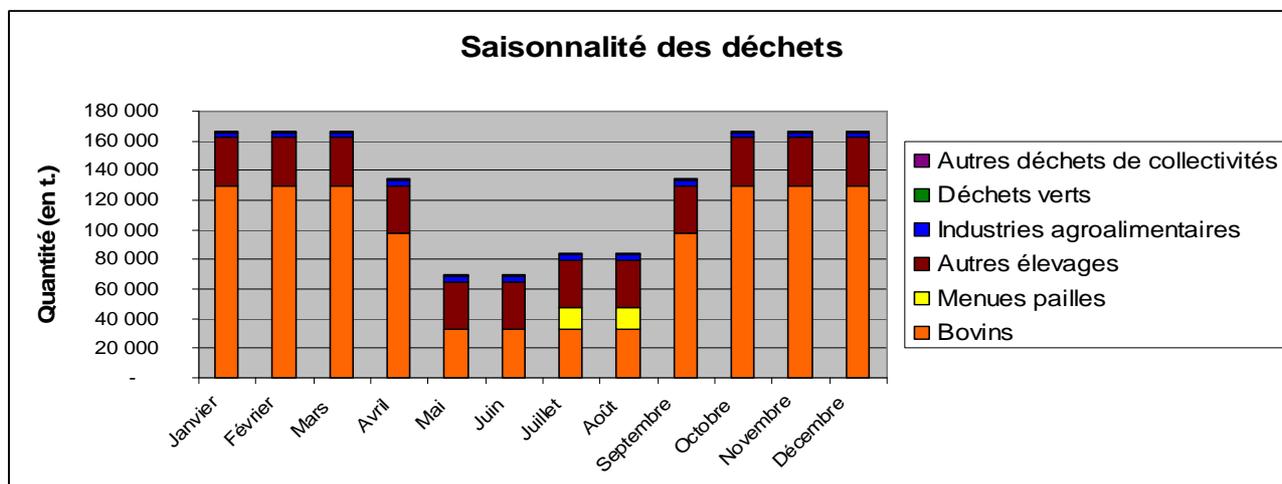


Figure n° 4 : Saisonnalité de la production de déchets

En effet, on s'aperçoit que pour les effluents d'élevages, les bovins ont une part non maîtrisable à une certaine saison, due à leur sortie liée au pâturage et que les menues pailles sont produites l'été. Les autres effluents d'élevages sont eux produits sur l'ensemble de l'année.

Les industries agroalimentaires et les déchets de collectivités sont produits sur l'ensemble de l'année sauf pour les déchets verts, principalement produits entre les mois d'avril et septembre.

## **B – Les Consommateurs de chaleur**

L'identification des principaux consommateurs de chaleur, constitue un point important car la valorisation de la chaleur issue de cette méthanisation est primordiale pour qu'une installation soit rentable économiquement.

### **I – Agricoles**

#### **a) Consommations**

En Mayenne, les principaux consommateurs de chaleur en Agriculture sont les élevages de porcs et de volailles.

Ces consommations de chaleur sont issues d'un ratio d'une étude menée par l'institut du porc et d'une étude menée par l'institut technique de l'aviculture.

Les élevages porcins consomment donc **13 288 MWh.** de chaleur et les élevages de volailles consomment **46 757 MWh.** (cf. Annexe n°6).

#### **b) Répartition**

Les consommations de chaleur sont relativement peu élevées au Centre et au Nord-est du département avec des consommations comprises entre 47 et 2 500 MWh., mais sont principalement présentes à l'Ouest, au Sud et à l'Est avec des consommations comprises entre 1 250 MWh. et 5 000 MWh. (cf. Annexe n°7).

Les cantons principaux consommateurs sont Chailland, Loiron, Meslay-du-Maine et Saint-Aignan-sur-Roë avec une consommation comprise entre 3 750 et 5 000 MWh.

Les consommations de chaleur dans les exploitations agricoles sont donc relativement réparties sur l'ensemble du territoire.

### **II – Industries agroalimentaires**

#### **a) Consommations**

Sur le département, la chaleur est consommée par tous les types d'industries agroalimentaires, dont la consommation a été déterminé à partir d'une enquête de l'Agreste, sur les effectifs de salariés par types d'industries agroalimentaires (2007) et une autre enquête de l'Agreste, sur les consommations d'énergies par types d'industries agroalimentaires (2009).

Les industries agroalimentaires consomment **468 851 MWh.** Avec une part importante pour les industries laitières 332 352 156 kWh, puis en deuxième position les industries viandes avec 54 941 MWh. (cf. Annexe n°6).

## b) Répartition

Les consommations de chaleur pour ces industries agroalimentaires, se répartissent principalement au Nord et au Sud-ouest avec des consommations comprises entre 1 et 30 000 MWh. pour la plupart des cantons (cf. Annexe n°8).

Le canton d'Évron possède la plus importante consommation comprise entre 90 000 et 112 200 MWh.

On constate donc que ces consommations de chaleur sont assez importantes et réparties en deux principaux secteurs (Nord et Sud).

## III – Collectivités

### a) Consommations

Différentes structures consomment de la chaleur telles que :

- Les maisons de retraite
- Les hôpitaux
- La maison d'arrêt
- Les établissements scolaires
- Les piscines

Ces consommations de chaleur ont été déterminées à l'aide de ratios issus d'études réalisées par la cellule de recherche « Architecture et climat ».

La consommation de chaleur totale pour les différents établissements est estimée à **27 867 MWh**, dont 15 371 MWh sont consommées par les établissements scolaires et 5 309 MWh par les maisons de retraite, qui sont les principaux consommateurs (cf. Annexe n°6).

### b) Répartition

Ces consommations de chaleur se situent entre 133 et 650 MWh. pour la majorité des cantons, avec les cantons principaux consommateurs répartis sur la moitié Ouest du département, dont Laval Sud-ouest et Mayenne-Est sont les principaux consommateurs avec une consommation comprise entre 1 950 et 2 600 MWh. (cf. annexe n° 9).

Les consommations de chaleur pour les structures de collectivités sont relativement réparties sur le territoire, avec des consommations plus importantes pour les trois principales villes de Mayenne comprenant LAVAL, MAYENNE et CHÂTEAU-GONTIER.

## IV – Réseaux de gaz

Les réseaux de gaz, sont principalement utilisés pour fournir de la chaleur aux habitations, structures collectives et industries.

Ils sont à prendre en compte dans le cas où une autorisation d'injection directe dans le réseau de gaz issus de la méthanisation serait autorisée par l'Etat, leur utilisation étant déjà comprise dans les consommations de chaleur des industries agroalimentaires, des structures collectives,...

La consommation actuelle des réseaux de gaz est de **132 368 MWh** sur le département, avec une forte consommation pour les cantons de Laval Nord-est, Laval Nord-ouest et Evron (cf. annexe n° 10).

Leur répartition est principalement située au Centre-est et au Sud du département, avec des consommations généralement comprises entre 1 et 8 200 MWh., avec une plus importante consommation pour le canton de Laval Nord-est comprise entre 24 600 et 32 800 MWh.

On remarque qu'un nombre important de cantons sont reliés aux réseaux de gaz naturel, appuyant l'intérêt d'étudier la technique d'injection directe.

#### V – Synthèse

La consommation totale de chaleur s'élève donc à **556 763 MWh**, avec la plus forte consommation pour les industries agroalimentaires comme nous le montre le graphique ci-dessous.

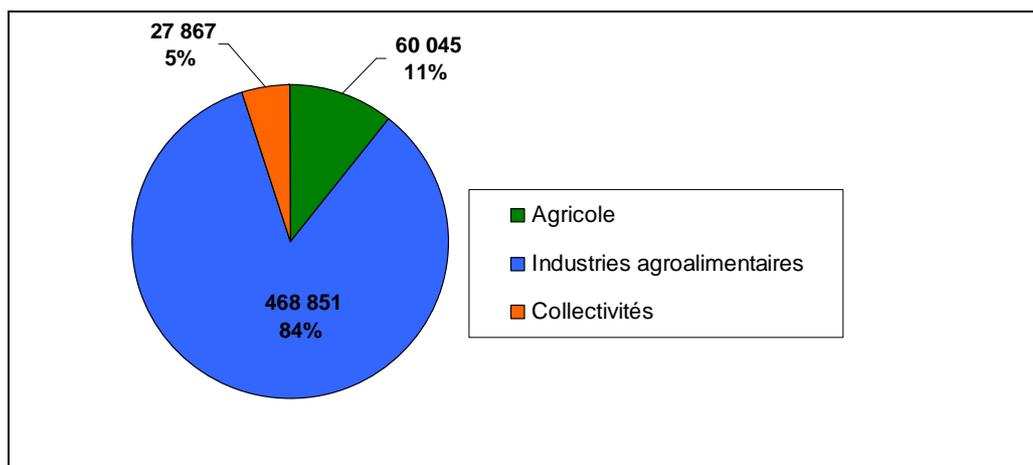


Figure n°5 : Consommations de chaleur (en MWh.)

## **Partie 2 : Scénarios de Développement**

### **A – Généralités**

#### I - Typologies de projets

L'objectif principal de l'élaboration de scénarios de développements de projets de méthanisation, est de vérifier la faisabilité des projets en fonction du gisement mobilisable.

Les projets menés actuellement à l'échelle nationale, se répartissent en trois catégories :

- Type Industriel : compris généralement entre 300 et 500 kW électrique (co-digestion).
- Type Agricole : ce sont des projets généralement compris entre 100 kWe et 200 kWe en voie liquide et inférieure à 100 kWe en voie sèche (co-digestion).
- Type STEP : compris entre 800 kWe et 1 100 kWe, (mono-digestion).

Dans le cadre de cette étude, l'ensemble de ces projets constitue la base des scénarios de développement, où ils seront considérés comme multi-partenariaux, due en partie à l'utilisation de substrats provenant de différents secteurs d'activité.

## II – Critères de développement

Le fonctionnement d'un projet implique de gérer à la fois les substrats, le digesteur, l'épandage du digestat, la valorisation de l'énergie (cf. figure n°6). La réalisation d'un projet, demande donc la prise en compte de plusieurs critères d'origines économiques, techniques et environnementales, tel que :

- Le gisement de déchets : disposer d'un gisement suffisant et le plus régulier possible pour le fonctionnement de l'installation.
- La localisation du projet : situé à proximité des effluents d'élevages (au maximum entre 15 et 20 km.) et des autres types de déchets (au maximum entre 25 et 30 km). Afin de limiter les dépenses économiques et l'émission de gaz à effet de serre liée aux déplacements importants.
- La saisonnalité de production des déchets : une production régulière sur l'année d'un déchet favorise également la mise en place d'un projet.
- La localisation du consommateur de chaleur : le consommateur doit se trouver à proximité, afin de limiter la déperdition de chaleur liée à la longueur du réseau.
- La saisonnalité des besoins de chaleurs : une consommation régulière de chaleur toute l'année est particulièrement intéressante.
- Le tarif d'achat de l'électricité produite : l'un des facteurs influençant principalement la rentabilité économique d'un projet.
- L'investissement dans un projet : économie d'échelle en fonction de la puissance de l'installation, les subventions participant également à la rentabilité d'un projet.
- La valorisation agricole : la proximité et la capacité d'accueil des sols pour valoriser le digestat produit.
- L'impact environnemental : l'aspect environnemental est également pris en compte dans la mise en place d'un projet, par l'intermédiaire du dossier des installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE).
- Etc ...

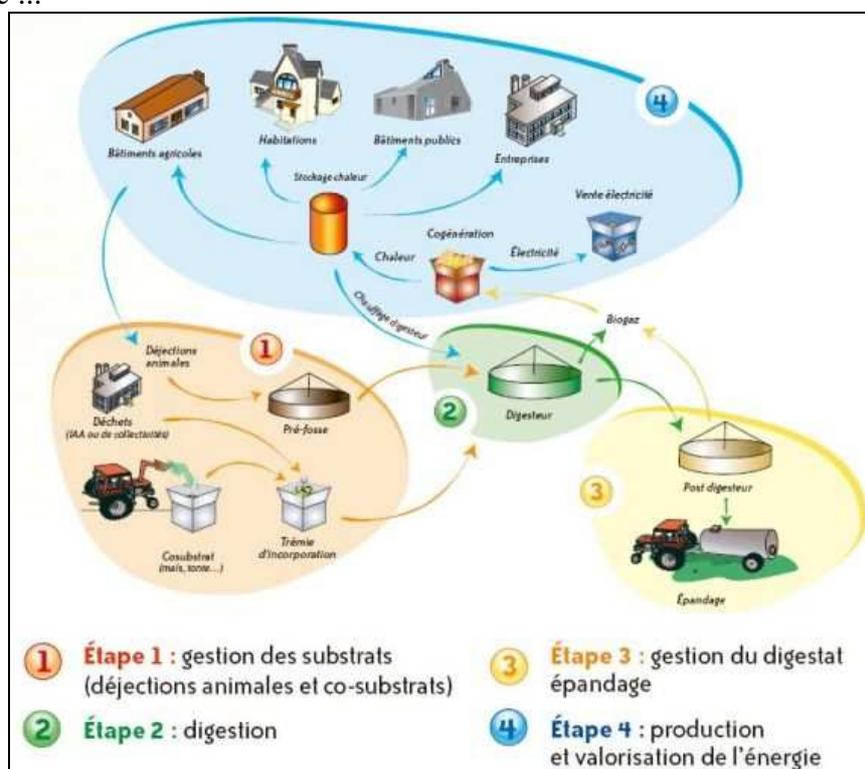


Figure n°6 : Schéma global du principe de méthanisation (Source : aile.asso.fr)

### III – L'énergie produite

La production d'énergie brute en cogénération, se décompose généralement de la manière suivante (cf. figure n°7) :

- La production d'électricité : **35 %**
- La production de chaleur : **50 %**
  - o Dont la chaleur valorisée localement : 35 %
  - o Dont l'autoconsommation pour le process de méthanisation : 15 %
  - o Dont la chaleur excédentaire : variable selon le besoin de chaleur
- La perte thermique de la cogénération : 15 %

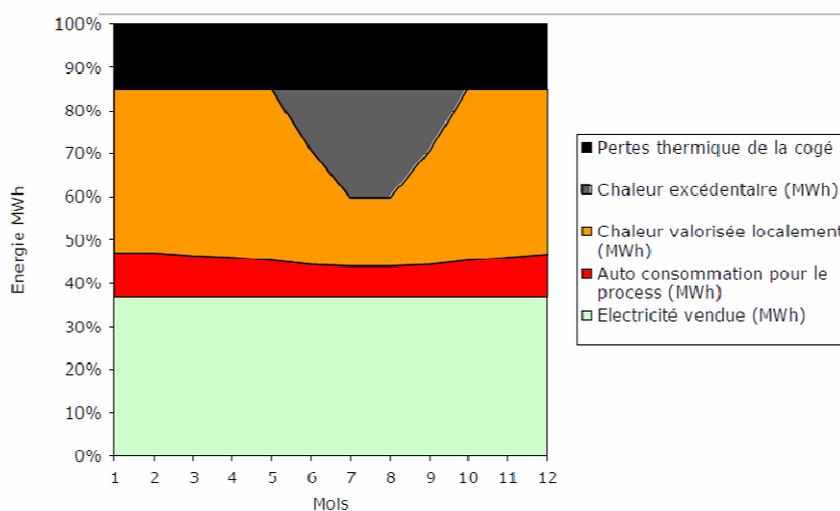


Figure n°7 : Valorisation de l'énergie (Source : Aile (2009))

Actuellement, pour tous types de projets de méthanisation, la valorisation de la chaleur est un aspect primordial dans la viabilité d'un projet, car avec l'électricité, elle participe à cette rentabilité économique.

### IV – Autres déchets potentiels

#### a) Les cultures intermédiaires

La saisonnalité de production des déchets peut entraîner un apport moins important à une période donnée, entraînant une baisse de la production d'énergie et un dérèglement de l'activité biologique du digesteur.

Etant valorisé généralement en tant qu'aliment pour le bétail ou en tant qu'engrais vert enfoui au sol directement sur place, mais qui contrairement à une culture énergétique n'est pas une culture principale, l'utilisation d'une culture intermédiaire peut donc intervenir à cette période, où elle sera considérée comme un déchet "tampon", visant à limiter ce dérèglement.

La principale limite liée à son utilisation, sont les dates pendant lesquelles l'épandage du digestat est autorisé, qui ne correspondent pas toujours aux dates de récolte de ces cultures intermédiaires. Son exportation impliquant un retour du digestat sur la parcelle, n'étant pas utilisé en tant qu'engrais vert sur celle-ci.

Les cultures intermédiaires principalement utilisées et prises en compte dans le cadre de cette étude sont la moutarde, la phacélie, le sarrasin et le seigle, qui sont semées après la culture de blé.

La part mobilisable de ces cultures (correspondant à 25 % du gisement total), est donc de **138 037 t.**, pour un potentiel de production de méthane de **11 084 387 m<sup>3</sup>** de méthane, soit un potentiel de **110 290 MWh.** d'énergie primaire.

**Déchets fermentescibles :**

- 138 037 t.

**Potentiel 'mobilisable' :**

- 11 084 387 m<sup>3</sup> de méthane
- 110 290 MWh

b) Les résidus de fauches de bords de routes

Le département de la Mayenne, compte 3594 km de routes départementales, 3 850 km de routes communales et 8 688 km de chemins ruraux.

Les résidus de fauches de bords de routes ne sont actuellement pas valorisés, mais laissés sur place, ils constituent donc une source de déchets potentiellement mobilisable pour un projet de méthanisation.

Généralement dans la pratique d'un fauchage raisonné (possédant divers intérêts environnementaux, économiques, ...), on exporte la végétation à l'aide d'un matériel adapté, comme l'expérimente actuellement la ville de PACÉ, dans le cadre d'une pratique par fauchage raisonné (cf. photo n°2), pour ensuite être valorisée dans un projet de méthanisation.

En Mayenne, cela représente donc un potentiel de déchets mobilisables de **17 404 t.** pour un potentiel de **1 423 655 m<sup>3</sup>** de méthane, soit un potentiel de **14 165 MWh.** d'énergie primaire.

**Déchets fermentescibles :**

- 17 404 t.

**Potentiel 'mobilisable' :**

- 1 423 655 m<sup>3</sup> de méthane
- 14 165 MWh



Photo n°2 : Fauchage avec exportation, Expérimenté par la ville de PACÉ (35).  
([www.ville-pace.fr](http://www.ville-pace.fr))

## **B – Projets de méthanisation par voie liquide**

### I – Généralités et méthodologie

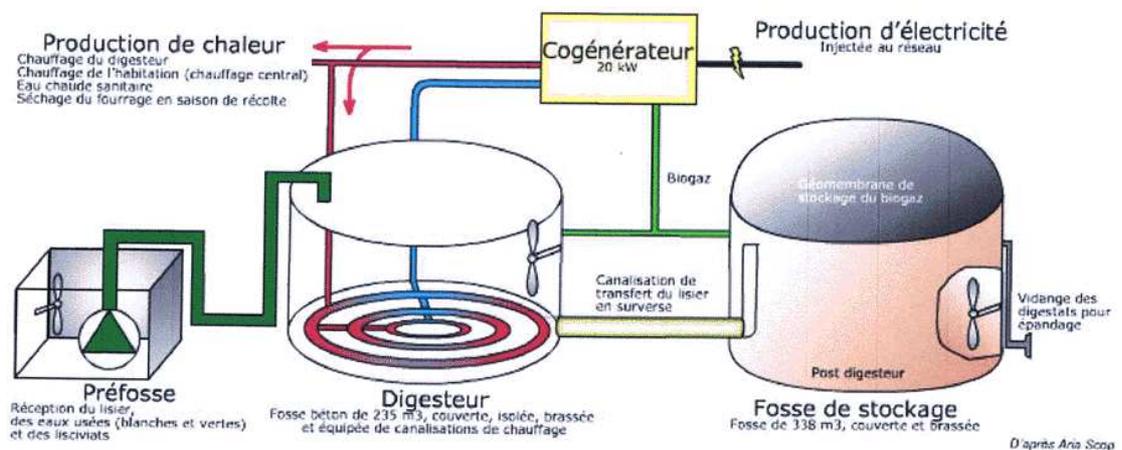
#### a) Technologie

Le procédé de méthanisation par voie liquide est actuellement le système le plus répandu, représentant 90 % des installations en Allemagne.

Cette technologie est qualifiée de voie liquide car la ration de l'ensemble des déchets insérés dans le processus doit être inférieure à 15 % de matière sèche (cf. figure n°8).

La technique varie en fonction de la technologie utilisée, telle que :

- Le temps de séjour dans le digesteur entre 40 et 60 jours.
- Le procédé de température : thermophile (température élevée) ou mésophile (température modérée).
- La méthanisation en une seule phase (hydrolyse, acidogénèse, acétogénèse, méthanogénèse) ou en deux phases (hydrolyse/acidogénèse et acétogénèse / méthanogénèse), selon des critères économiques et de rendement lié à la production de biogaz..
- L'introduction du substrat : par pompe pour les substrats liquides ou gras, soit par trémie pour les substrats solides.
- Le système en infiniment mélangé : le contenu du digesteur est continuellement brassé pour homogénéiser la matière.



**Figure n°8** : Principe de la méthanisation par voie liquide - (Source : Aria Scop)

#### b) Coûts

Actuellement, le coût d'investissement d'un système par voie liquide est de l'ordre de :

- 8 600 EUR/kWe pour des installations de 100 kWe
- 5 600 EUR/kWe pour des installations de 500 kWe
- 5 200 EUR/kWe pour des installations de 1 000 kWe

Le coût diminuant en fonction de l'augmentation de la puissance du projet, avec un temps de retour brut sur investissement de l'ordre de 7 à 9 ans, en fonction du tarif de rachat de l'électricité et des subventions (ADEME, 2010).

### c) Méthodologie

La méthode utilisée pour définir les scénarios potentiellement réalisables, utilise donc le potentiel d'énergie disponible par les déchets mobilisables par cantons en termes de chaleur valorisable.

Cela concerne donc majoritairement les déchets possédant une teneur en matière sèche inférieure à 15 % (représentée principalement par le lisier, le purin, ...). Soit environ 70 % de la quantité totale utilisée pour un projet, les 30 % restant possèdent une teneur en matière sèche supérieure à 15 %.

Elle utilise également la consommation de chaleur des industries, des exploitations agricoles et des collectivités, dont la priorité de développement a donc été donnée aux projets industriels, due aux consommations de chaleur plus importantes et régulières sur l'année, suivi ensuite par les projets agricoles, en fonction des puissances définies précédemment pour ses différents types de projets.

La localisation exacte des consommateurs de chaleur n'étant pas connue à l'échelle d'un canton, les projets ont été définis pour répondre aux besoins de chaleur globaux du canton.

L'échelle d'un canton étant intéressante car dans la plupart des situations, les distances de collectes des déchets par rapport à la situation d'un projet de méthanisation peuvent correspondre aux critères cités précédemment.

#### II – Projets de type industriels

À l'échelle du département, le potentiel de projets ayant pour objectif principal de répondre aux besoins de chaleur des industries agroalimentaires, représente donc un potentiel de **22 projets** de méthanisation, d'une puissance comprise entre 300 et 500 kWe (cf. annexe n°11).

Ces projets industriels utiliseraient principalement les déchets liés à leur production, mais également, les déchets agricoles et les déchets de collectivités.

#### III – Projets de type agricoles

Les projets agricoles dont la puissance est généralement comprise entre 100 et 200 kWe permettent de fournir de la chaleur aux exploitations consommatrices en élevages porcins et avicoles, mais également aux infrastructures collectives comme les piscines, les hôpitaux, les maisons de retraite, ....

Sur le département, **30 projets** agricoles sont donc potentiellement réalisables, l'apport de déchets provenant principalement d'exploitations agricoles, mais aussi des collectivités et des industries agroalimentaires (cf. annexe n°12).

#### IV – Projets de type STEP

Les projets se développent généralement en mono-digestion car les aspects sanitaires liés à la qualité des boues sont souvent contraignants si on l'utilise dans un projet en co-digestion.

Comme nous l'avons vu précédemment, les boues de STEP ne sont pas mobilisables, si l'on se réfère au seuil de rentabilité économique fixé par l'ADEME, ce qui réduit la capacité de développement de projets de types STEP.

## C – Projets de méthanisation par voie sèche

### I – Généralités et méthodologie

#### a) Technologie

Ce type de méthanisation est très peu répandu actuellement à l'échelle européenne, les installations existantes sont principalement utilisées à l'échelle d'une exploitation agricole.

La méthanisation par voie sèche, à la différence de la voie liquide, possède un substrat ayant une consistance solide avec plus de 20 % de matière sèche (cf. figure n°9).

Le principe biologique restant le même qu'en voie liquide, la technique utilisée elle varie :

- La méthode la plus souvent utilisée se déroule en discontinu car le substrat est introduit dans le digesteur à l'aide d'engin, puis refermé jusqu'à sa fermentation complète.
- Le temps de séjour est généralement compris entre 2 et 3 mois.
- Le digestat est principalement solide, mais un jus de process se forme également, pouvant servir à humidifier le substrat lors du process.
- Deux formes de digesteurs sont utilisées : type fumière (de la forme d'une fumière, les substrats sont introduits par un engin agricole, la bâche est ensuite placée pour la fermer hermétiquement) ou de type garage (de la forme d'un garage, l'introduction des substrats se fait par une ouverture sur le côté ou sur le toit).
- Les parois et/ou le fond du fermenteur peuvent être chauffés pour maintenir une température suffisante.

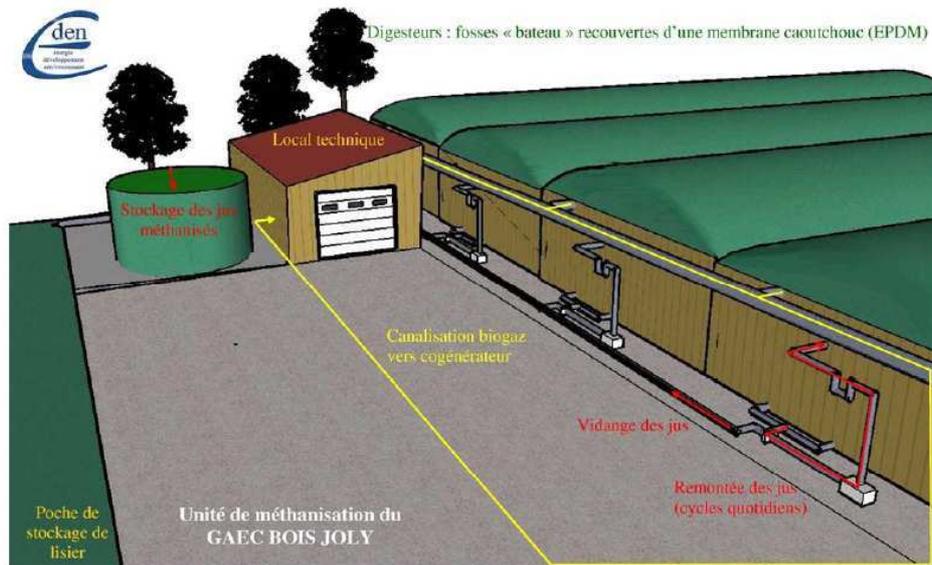


Figure n°9 : Principe de la méthanisation en voie sèche - (Source : EDEN)

#### b) Coûts

Pour un système en voie sèche, le coût reste assez élevé dû à une technique très peu employée à l'heure actuelle, avec un coût d'investissement de l'ordre de 9 000 à 11 000 €/kW installé, pour un temps de retour brut de l'ordre de 7 à 10 ans, en fonction du tarif d'achat de l'électricité et des subventions (Projet du GAEC Bois Joly).

### c) Méthodologie

La méthode est la même que celle utilisée pour les projets par voie liquide, à la différence que les consommateurs de chaleur pris en compte sont les exploitations agricoles et les infrastructures collectives, ce système correspondant difficilement aux besoins de chaleur d'une industrie agro-alimentaire.

Les déchets retenus pour le dimensionnement des projets sont ceux qui ne sont pas utilisés pour les projets en voie liquide donc principalement les fumiers issus des élevages.

L'échelle d'un canton étant intéressante car dans la plupart des situations, les distances de collectes des déchets par rapport à la situation d'un projet de méthanisation peuvent correspondre aux critères cités précédemment.

## II – Projets agricoles

Les projets de méthanisation par voie sèche sont particulièrement intéressants pour les exploitations agricoles possédant principalement du fumier dont la teneur en matière sèche est supérieure à 15 %, de plus, ce type de projet est particulièrement adapté pour répondre aux besoins de chaleur d'une exploitation et d'une infrastructure collective.

Sur le département, le potentiel de projet de méthanisation par voie sèche d'une puissance inférieure à 100 kWe réalisable est donc de **92 projets** (cf. Annexe n°13).

Ce chiffre est particulièrement important, en rapport à une puissance peu élevée qui engendre une multitude de petits projets à l'échelle du territoire et à une quantité importante de fumier de bovin.

## **D – Scénarios alternatifs**

Ces scénarios alternatifs ont été établis en rapport à la saisonnalité des déchets, qui peut être un facteur limitant au développement de projets.

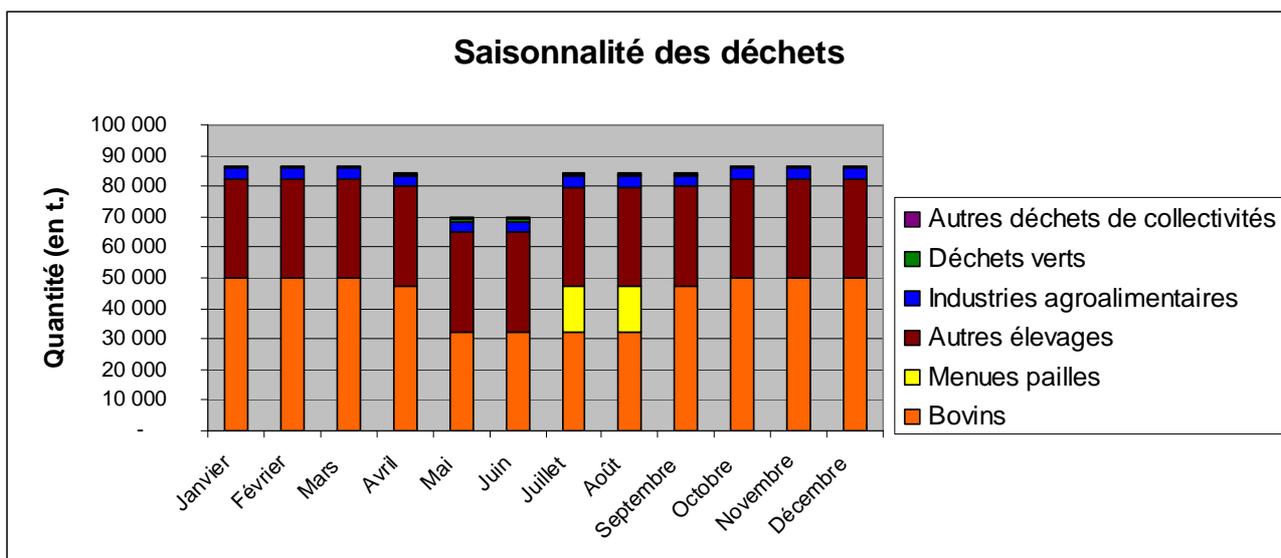
Si l'on prend en compte cette saisonnalité des déchets, cela donnerait lieu à deux types de scénarios, dont l'utilité est de vérifier l'influence de la saisonnalité sur les projets, qui ne seront donc pas pris en compte dans la suite de l'étude.

### I – Hypothèse basse

Sur le département, les effluents bovins sont majoritairement présents, mais bénéficient d'une saisonnalité irrégulière sur une année du fait de leur sortie au champ qui limite la maîtrise de leur déchet durant cette période.

Cet aspect peut limiter les projets si la différence en apport de déchet entre le début et le milieu de l'année est trop importante.

Pour établir les scénarios de projets suivants, les effluents bovins mobilisables au début et à la fin de l'année ont été diminués afin d'obtenir une régularité suffisante pour le fonctionnement d'un projet.



Globalement, cela induit une diminution de 48 % des effluents bovins mobilisables sur l'ensemble de l'année, avec un potentiel de chaleur disponible **de 168 500 MWh** pour l'ensemble du gisement mobilisable.

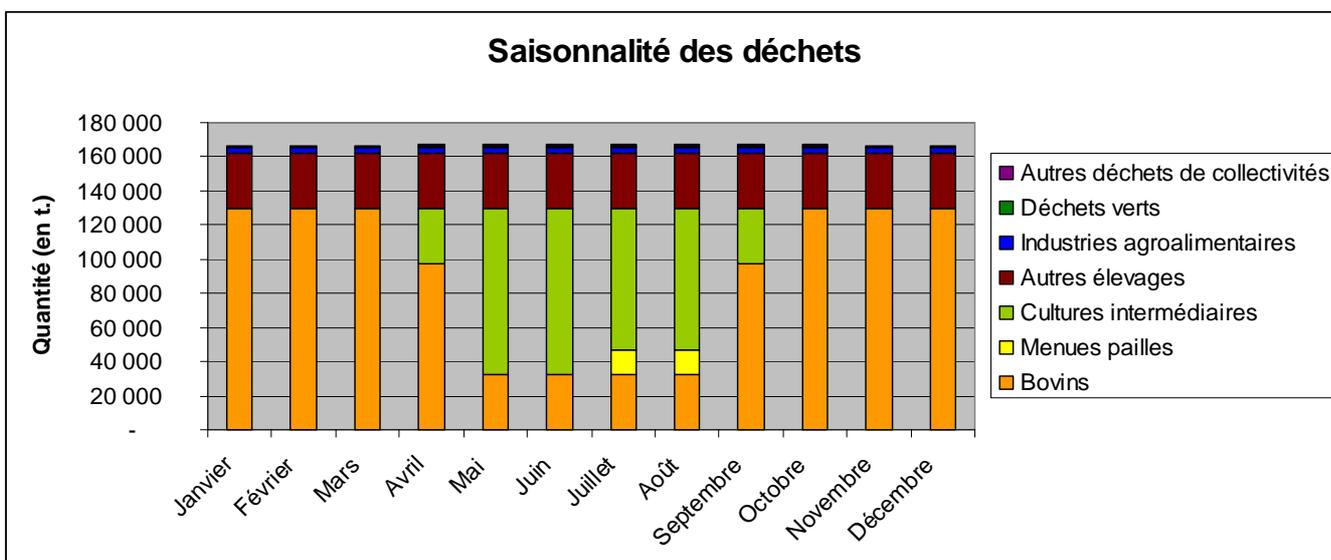
Le potentiel de projets ayant pour objectif principal de répondre aux besoins de chaleur des industries agroalimentaires, représente donc un potentiel de **18 projets** industriels de méthanisation, d'une puissance comprise entre 300 et 500 kWe.

Sur le département, **26 projets** agricoles sont donc potentiellement réalisables, l'apport de déchets provenant principalement d'exploitations agricoles, mais aussi des collectivités et des industries agroalimentaires.

Sur le département, le potentiel de projet de méthanisation par voie sèche d'une puissance inférieure à 100 kWe réalisable est donc de **92 projets**.

## II – Hypothèse haute

Toujours dans l'objectif d'éviter cette variation liée à la saisonnalité des déchets, l'utilisation de cultures intermédiaires dans le processus de méthanisation serait envisageable.



Cela engendrerait l'utilisation de **423 712 t.** de cultures intermédiaires sur l'ensemble de l'année, soit **77 %** des **552 149 t.** potentiellement cultivées sur le département.

Le potentiel de chaleur disponible serait ainsi de **300 076 MWh** pour l'ensemble du gisement mobilisable.

Le potentiel de projets ayant pour objectif principal de répondre aux besoins de chaleur des industries agroalimentaires, représente donc un potentiel de **35 projets** industriels de méthanisation, d'une puissance comprise entre 300 et 500 kWe, soit **5 projets** d'une puissance supérieure à 1 000 kWe.

Sur le département, **21 projets** agricoles sont donc potentiellement réalisables, l'apport de déchets provenant principalement d'exploitations agricoles, mais aussi des collectivités et des industries agroalimentaires

Sur le département, le potentiel de projet de méthanisation par voie sèche d'une puissance inférieure à 100 kWe réalisable serait donc de **109 projets**.

## E – Potentiel d'épandages

### I – Le digestat

Le digestat étant le sous-produit de la méthanisation, il contient la quasi-totalité des éléments fertilisants présents à l'entrée du processus (ADEME - 2006), la transformation s'effectue principalement au niveau de l'azote organique, où la majeure partie subit une transformation chimique, en se transformant en ion ammonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (ou ammoniaque) (cf. figure n°10).

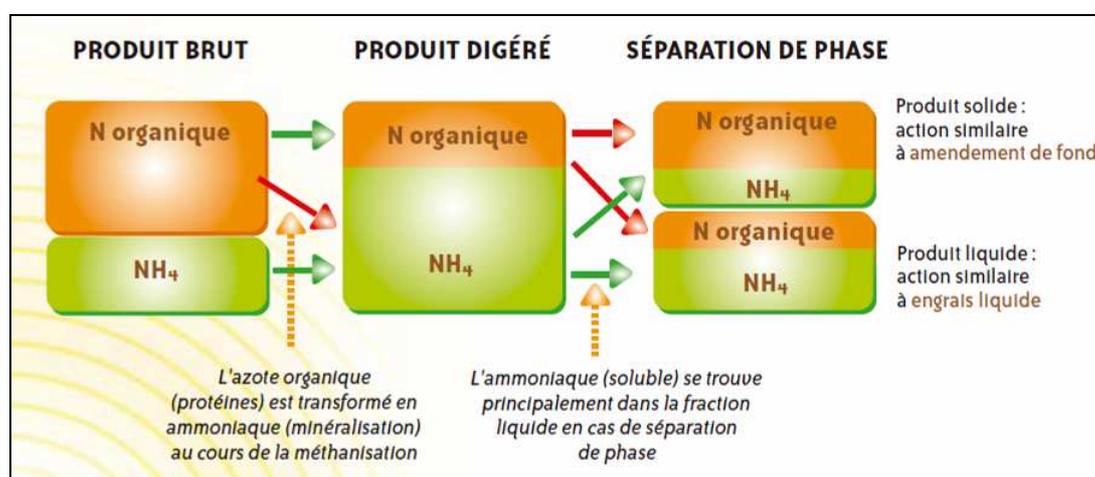


Figure n° 10 : Répartition de l'azote lors de la méthanisation (ADEME - 2006)

Ensuite, si le digestat est stocké à l'air libre, l'ammoniaque évolue vers des molécules telles que la formation de nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ) avec des formations intermédiaires comme les nitrites ( $\text{NO}_2^-$ ) ou le protoxyde d'azote ( $\text{N}_2\text{O}$ ), celui-ci possédant un fort pouvoir à effet de serre (SOLAGRO, 2004).

Donc pour limiter le rejet du protoxyde d'azote et d'ammoniaque, on stocke généralement le digestat dans une fosse couverte.

Dans le cadre d'un projet en voie liquide, le digestat peut faire l'objet d'une séparation de phase par centrifugeuse, dont l'objectif est d'avoir un produit solide principalement constitué de matière organique, utilisé comme amendement et un produit liquide constitué principalement d'azote ammoniacal, utilisé comme engrais liquide en remplacement des engrais chimiques.

Le produit liquide contenant la majeure partie de l'azote ammoniacal, doit être enfoui directement au sol lors de l'épandage, afin de limiter le rejet de cette ammoniacque dans l'atmosphère, où le système le plus couramment utilisé est l'épandage avec une rampe à pendillards (cf. photo n°3).

De plus, l'ammoniacque est plus rapidement assimilable par les plantes, car l'étape de décomposition s'est déroulée pendant le processus de méthanisation, ce qui facilite la gestion de son apport sur une culture ou une prairie (cf. figure n°11).



Photo n°3 : Epandage avec une rampe à pendillards (www.joskin.fr)

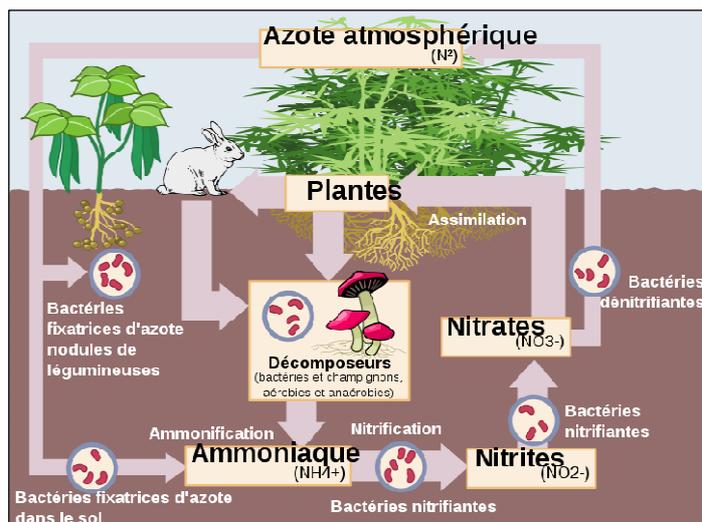


Figure n°11 : Cycle de l'azote (Johann Dréo, 2006)

Le produit solide peut être épandu directement sur les parcelles ou valorisé en compost, souvent utile pour les collectivités effectuant généralement le compostage des déchets verts et qui en retour de l'utilisation de ces déchets verts dans un projet de méthanisation, désirent bénéficier d'un compost.

La totalité des molécules responsables des odeurs des déjections animales sont détruites ou éliminées au cours de la méthanisation, le digestat n'a donc pas d'odeur, quelle qu'ait été celle des matières premières utilisées (CRA Pays de la Loire, 2009).

## II – Aspects réglementaires et agronomiques

Le potentiel d'épandage de la Mayenne, se détermine en rapport à la Directive nitrates, dont l'objectif principal est de protéger les eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole, conformément à la directive européenne (n° 91-676 CEE du 12 décembre 1991) (Directive nitrates, 2009).

Différents facteurs sont à prendre en compte dans la délimitation des secteurs d'épandage (PE SESAER, 2009) :

- Les eaux superficielles et l'alimentation en eau potable : la situation des cours d'eau et des zones de captages d'eau potable dans un bassin versant.
- Le climat : concernant le climat, des facteurs tels que la pluviométrie, les températures, le bilan hydrique et la répartition des vents sont également à prendre en compte.
- Les espaces naturels : la présence d'espaces naturels protégés peut influencer sur l'exclusion de certaines parcelles du secteur épandage, en vue de leur préservation.

- La caractéristique des sols : la géologie et la pédologie font également l'objet d'une étude, décrivant le degré d'évolution des sols, l'hydromorphie, le type de sol, la profondeur, ..., des analyses physico-chimiques visant à déterminer la teneur en phosphore et en potasse, le pH,...

Une fois ces paramètres étudiés, on est en mesure de définir l'aptitude des sols à l'épandage, ensuite de par la prise en compte des distances réglementaires pour l'épandage définies par la Directive nitrates, on est en mesure de définir le périmètre d'épandage utilisable pour l'épandage des digestats.

Cette directive nitrates, définit entre autres, le calendrier d'épandage à l'échelle de la Mayenne en fonction de trois types de fertilisants (CA 53, 2009) :

- Fertilisant de type I : fertilisant organique avec le rapport entre la quantité de carbone et la quantité d'azote (C/N) élevé ( $> 8$ ), en dehors des déjections de volailles et de palmipèdes (exemple : fumier pailleux, compost non normé de bovins et porcins).
- Fertilisant de type II : fertilisant organique à C/N faible ( $\leq 8$ ) et déjections de volailles et de palmipèdes (exemple : lisier de bovins, de porcins, engrais du commerce d'origine organique animale, boues, effluents industriels...).
- Fertilisant de type III : fertilisants minéraux et uréiques de synthèse, compost normé.

La circulaire du 19/10/06 définissant l'analyse de l'étude d'impact pour les installations classées d'élevage, prévoit entre autres dans le cadre de la gestion du digestat, d'évaluer la production d'effluents et les surfaces épandables susceptibles de recevoir ce digestat, ceci donnant lieu aux quantités d'effluents pouvant être épandues.

La détermination des surfaces épandables, s'effectue en fonction des différents aspects concernant la nature des sols où par la suite, les fréquences, les quantités, les lieux d'épandages, ... sont définis à l'échelle d'un projet.

En fonction des déchets utilisés dans le processus de méthanisation, le digestat est donc généralement admis en tant que fertilisant de type II (PE SESAER, 2009).

Dans un projet de méthanisation, le digestat est généralement valorisé directement par les exploitants agricoles apportant des effluents, avec un intérêt agronomique pour les surfaces épandables, principalement de par l'apport d'azote et de phosphore et économique, de par la diminution de l'utilisation d'engrais chimiques.

Avant l'épandage, il est obligatoire d'effectuer l'analyse du digestat conformément aux dispositions prises par l'arrêté du 2 février 1998, afin de veiller à respecter la réglementation en vigueur concernant son épandage sur les parcelles agricoles.

### III – Potentiel d'épandage de la Mayenne

#### a) Situation actuelle (Directive nitrates, 2009).

La Mayenne possède actuellement (cf. Annexe n°14) :

- Des Zones Classées en Excédents Structurels (ZES)  
Les quatre cantons du Nord-Ouest de la Mayenne (Landivy, Gorrion, Ernée, Mayenne Ouest) sont classés en zone en excédent structurel.
- Des Zones Classées en Zones d'Actions Complémentaires (ZAC)  
Sont concernées les bassins versants de la Colmont, de l'Ernée, de l'Aron, du Couesnon, de l'Oudon et de la Haute-Vilaine.

Lors de l'état des lieux de 2004, les altérations par les nitrates classent 79 % des masses d'eau de surface comme pouvant atteindre le bon état en 2015 pour le paramètre nitrates, 4 % des masses d'eau où cette atteinte constitue un doute et pour les 17% restant, la non atteinte de cet objectif constitue un risque.

Les conclusions de la directive nitrates sont que le bon état pour le paramètre nitrate ne sera pas atteint pour toutes les masses d'eau du département.

Pour cela, la directive prévoit d'améliorer les teneurs moyennes en nitrates des cours d'eau et des eaux souterraines avec :

- Le respect de l'équilibre de fertilisation azotée.
- Le respect du plafond des 170 Unités d'azote provenant des effluents d'élevages.
- Le respect du plafond des 210 UN (toutes origines confondues) en ZAC.
- Le plan de fumure prévisionnel et cahier d'enregistrement des pratiques.
- La mise en place de bandes enherbées et de couverts végétaux.
- ...

#### b) Potentiel d'épandage

Le potentiel d'épandage, s'inspire donc du plan d'épandage des digestats issus de l'unité de méthanisation du Pays de Château-Gontier.

Dans l'objectif de respecter le plafond des 170 Unités d'azote provenant des effluents d'élevages, et des 210 UN (toutes origines confondues) en ZAC et en fonction des apports recommandés aux plantes par le CORPEN, les apports retenus pour l'étude sont les suivants :

	<b>N (kg/ha)</b>	<b>P (kg/ha)</b>
Culture	150	21
Prairies	150	21

L'azote étant le facteur limitant, la dose d'apport retenue permet de définir la surface nécessaire à l'épandage du digestat. La teneur en éléments fertilisants de l'ensemble des déchets, a été déterminée à l'aide du site internet Méthasim©.

Besoin en termes de surface pour l'épandage du digestat, en utilisant l'ensemble des déchets mobilisables (cf. annexe n°15) :

Pour les projets en voie liquide :

- 5 100 ha de cultures par an et 5 100 ha de prairies par an

Pour les projets en voie sèche :

- 3 389 ha de cultures par an et 3 389 ha de prairies par an

Soit un besoin de **16 978 ha** par an, ceci correspondant à 5 % de la surface totale disponible de 373 940 ha de cultures et prairies confondues.

Dans le plan d'épandage du Pays de Château-Gontier, un périmètre d'épandage dimensionné sur 3 ans a été retenu, donc le besoin de surface sur cette période est de **50 934 ha**.

Les effluents issus de l'élevage sont épandus sur les parcelles agricoles, l'augmentation de la quantité de déchets à épandre sera donc due aux déchets d'industries agroalimentaires et de collectivités utilisés comme coproduits, n'étant pas ou peu épandus actuellement.

**Surfaces disponibles :**

- 190 791 ha. de cultures
- 183 149 ha. de prairies

Pour une surface totale de 373 940 ha.

**Besoins en termes de surface :**

- 8 489 ha. de cultures
- 8 489 ha. de prairies

Pour une surface totale de 16 978 ha.

Soit 50 934 ha. sur une période de 3 ans.

**F – Impact environnemental****I – Effet de serre****a) Généralités**

L'effet de serre qui est un phénomène naturel, se trouve amplifié par l'activité humaine liée à l'émission de Gaz à effet de serre, favorisant ainsi le réchauffement climatique.

Le pouvoir de réchauffement global des principaux gaz à effet de serre émis par rapport au CO<sub>2</sub> est répertorié dans le tableau suivant (Source : CITEPA) :

Dioxyde de carbone (CO <sub>2</sub> )	1
Méthane (CH <sub>4</sub> )	21
Protoxyde d'azote (N <sub>2</sub> O)	310
Perfluorocarbures (PFC)	entre 6 000 et 10 000
Hydrofluorocarbures (HFC)	140 à Plus de 11 000
Hexafluorure de soufre (SF <sub>6</sub> )	23 900

Comme nous l'avons vu précédemment, le biogaz contient principalement du méthane, du dioxyde de carbone, mais également de l'azote, qui sont des éléments utilisés pour le développement des êtres vivants.

D'une manière simplifiée, la méthanisation s'inscrit dans le cycle de vie des êtres vivants, à l'étape de décomposition des déchets organiques issus directement ou indirectement de ces organismes vivants.

Ces déchets étant constitués des éléments cités précédemment, le fait de favoriser leur fermentation pendant les différentes étapes de la méthanisation, conduit à l'émission de certains de ces éléments dans le sol ou dans l'atmosphère où ils seront ensuite réutilisés pour le développement d'autres organismes.

Le méthane lors de sa combustion rejette du dioxyde de carbone, mais l'azote évolue entre autres vers le protoxyde d'azote, qui est très volatile et possède un fort pouvoir à effet de serre.

Dans le processus de méthanisation, il est donc important de limiter au maximum ce rejet de protoxyde d'azote en couvrant la fosse de stockage du digestat, en enfouissant rapidement le digestat lors de l'épandage, ...

## b) Méthodologie

L'un des objectifs de la méthanisation est de favoriser la diminution des rejets de Gaz à effet de serre.

Pour mesurer cela nous utilisons la méthode Bilan Carbone<sup>®</sup> de l'ADEME, qui a développé le logiciel DIGES<sup>®</sup>, permettant de calculer le bilan des émissions de GES pour des installations de méthanisation.

Pour évaluer le bilan « effet de serre » de ce type d'installation, le logiciel considère les GES :

- Emis par l'installation de Traitement par Digestion Anaérobie.
- Emis par les transports liés au fonctionnement de l'installation.
- Evités qui auraient été émis par une filière traditionnelle de traitement des substrats.
- Evités qui auraient été émis par les transports dus au traitement de référence.
- Evités qui auraient été émis par une filière de production d'énergie de référence.
- Evités liés à la non-utilisation d'engrais minéraux, remplacés par le pouvoir fertilisant du digestat.

Afin d'avoir une vue globale sur le bilan « Effet de serre » des installations de méthanisation en Mayenne, une puissance moyenne pour les trois types de projets a été définie :

- Type Industriel (en voie liquide) : 400 kWe
- Type Agricole (en voie liquide) : 150 kWe
- Type Agricole (en voie sèche) : 50 kWe

Ensuite, deux substrats d'origines agricole, industriel et collective ont été pris en compte, dont les quantités variées, ainsi que les distances de transports en fonction de la puissance du projet, afin d'être représentatif face aux projets.

## c) Bilan Carbone<sup>®</sup> des projets de méthanisation

En relation avec les scénarios de développement de projets cités précédemment, le bilan effet de serre des projets potentiellement réalisables sur le département a été défini.

### ❖ Projets de type industriel :

Le bilan effet de serre des 22 projets industriels potentiels, exprimé en tonne équivalent CO<sub>2</sub> est le suivant :

<b>Origine</b>	<b>Émissions (teq. CO<sub>2</sub>)</b>
GES émis par l'unité de méthanisation	+ 15 376
GES émis par le transport des substrats	+ 2 801
GES évités par la substitution du traitement	- 45 419
GES évités par la substitution du transport	- 2 323
GES évités par la substitution d'énergie	- 23 357
GES évités par la substitution d'engrais	- 5 795
<b>Total</b>	<b>- 58 717</b>

L'émission de GES serait principalement liée au fonctionnement des unités de méthanisation, tandis que les rejets évités concerneraient principalement la substitution du traitement des substrats et la substitution de l'énergie.

L'ensemble de ces projets permettrait donc d'éviter l'émission de **58 717 teq. CO<sub>2</sub>**.

❖ Projets de type agricole (voie liquide) :

Le bilan effet de serre des 30 projets agricoles potentiels est le suivant :

Origine	Émissions (teq. CO <sub>2</sub> )
GES émis par l'unité de méthanisation	+ 9 099
GES émis par le transport des substrats	+ 1 317
GES évités par la substitution du traitement	- 24 546
GES évités par la substitution du transport	- 1 191
GES évités par la substitution d'énergie	- 11 964
GES évités par la substitution d'engrais	- 3 129
<b>Total</b>	<b>- 30 414</b>

L'émission de GES serait comme pour le type de projet précédent, principalement liée au fonctionnement des unités de méthanisation, tandis que les rejets évités concerneraient principalement la substitution du traitement des substrats et la substitution de l'énergie.

L'ensemble de ces projets permettrait donc d'éviter l'émission de **30 414 teq. CO<sub>2</sub>**.

❖ Projets de type agricole (voie sèche) :

Le bilan effet de serre des 92 projets agricoles potentiels est le suivant :

Origine	Émissions (teq. CO <sub>2</sub> )
GES émis par l'unité de méthanisation	+ 10 718
GES émis par le transport des substrats	+ 754
GES évités par la substitution du traitement	- 24 794
GES évités par la substitution du transport	- 718
GES évités par la substitution d'énergie	- 12 346
GES évités par la substitution d'engrais	- 2 778
<b>Total</b>	<b>- 29 164</b>

L'émission de GES serait comme pour le type de projet précédent, principalement liée au fonctionnement des unités de méthanisation, tandis que les rejets évités concerneraient principalement la substitution du traitement des substrats et la substitution de l'énergie.

L'ensemble de ces projets permettrait donc d'éviter l'émission de **29 164 teq. CO<sub>2</sub>**.

d) Synthèse

Pour l'ensemble des scénarios de projets, le bilan « Effet de serre » serait donc positif et permettrait de diminuer le rejet de **118 295 teq. CO<sub>2</sub>**.

<b>Type industriel</b>	
<b>+ 18 177 teq. CO<sub>2</sub></b>	<b>- 76 894 teq. CO<sub>2</sub></b>
<b>Type agricole (voie liquide)</b>	
<b>+ 10 416 teq. CO<sub>2</sub></b>	<b>- 40 830 teq. CO<sub>2</sub></b>
<b>Type agricole (voie sèche)</b>	
<b>+ 11 472 teq. CO<sub>2</sub></b>	<b>- 40 636 teq. CO<sub>2</sub></b>
<b>Total</b>	
<b>+ 40 065 teq. CO<sub>2</sub></b>	<b>- 158 360 teq. CO<sub>2</sub></b>
<b>- 118 295 teq. CO<sub>2</sub></b>	

Si l'on applique l'équivalence en tonne équivalent pétrole de la production d'énergie avec le méthane issu du gisement mobilisable, cela permettrait donc d'éviter l'utilisation de **42 454 tep** pour l'ensemble des projets sur une année.

## II – Impact sur le milieu naturel

L'impact sur les milieux naturels a pu être abordé par l'intermédiaire du plan d'épandage des digestats lié au projet d'unité de méthanisation de Château-Gontier (PE SESAER, 2009).

### a) L'eau

Afin de limiter l'impact sur la ressource en eau, des ouvrages de stockage sont créés sur le site du projet, pour collecter une éventuelle fuite de digestat.

De plus, il convient de respecter le plan d'épandage établi pour chaque projet d'unités de méthanisation, qui est réalisé en relation avec les prescriptions de l'arrêté préfectoral Directive Nitrate en vigueur dans le département de la Mayenne.

Comme vu précédemment, il prend en compte les doses et les périodes d'apport, la localisation des parcelles, la qualité des sols, le suivi agronomique, etc., limitant ainsi les risques liés au lessivage des sols.

### b) Le sol

Le digestat possède un intérêt agronomique important pour les cultures et prairies car comme abordé précédemment, il contient de l'ammoniaque qui est plus facilement assimilable par les plantes, permettant ainsi de réaliser des économies liées à l'achat d'engrais.

Des analyses de digestat sont également effectuées, afin de vérifier la quantité d'éléments fertilisants apportés sur les parcelles.

### c) Les espaces naturels protégés

Une étude faunistique et floristique est réalisée sur le lieu d'installation de l'unité de méthanisation afin de vérifier son incidence sur le milieu naturel, dans le cadre du dossier ICPE.

Des préconisations concernant l'implantation du site et son exploitation sont ensuite envisagées, afin de préserver les espèces patrimoniales présentes.

Enfin, l'impact sur les milieux naturels est également abordé par le plan d'épandage, de par leur localisation et l'éventuel impact de l'épandage du digestat sur ces milieux.

## III – Impact sur le milieu humain

### a) L'air

L'impact sur l'air concerne principalement les odeurs, qui ne sont pas présentes dans le digestat car la totalité des molécules responsables des odeurs des déjections animales sont détruites ou éliminées au cours de la méthanisation, quelles qu'aient été celles des matières premières utilisées (CRA Pays de la Loire, 2009).

Les lieux de stockages des substrats pouvant émettre des odeurs sont donc généralement fermés, afin de limiter cette émanation d'odeurs.

## b) La circulation et le bruit

L'impact sur la circulation est également étudié, où le trafic prévu lié à l'apport des substrats et à l'épandage des digestats est défini, puis comparé au trafic actuel, le bruit quant à lui est principalement lié à ce trafic et ne doit pas dépasser les limites réglementaires.

## c) La santé

Une évaluation des risques sanitaires est réalisée dans le cadre de la demande d'autorisation d'exploiter où les éventuels impacts sur la santé humaine sont envisagés et pris en considération à l'échelle du projet, en insistant sur divers aspects tels que la traçabilité des substrats et du digestat.

## G – Synthèse

En Mayenne, trois types de projets de méthanisation sont réalisables dont :

- **22** projets de type industriel compris entre 300 et 500 kWe (voie liquide)
- **30** projets de type agricole compris entre 100 et 200 kWe (voie liquide)
- **92** projets de type agricole inférieur à 100 kWe (voie sèche)

Les besoins en termes de surfaces d'épandage du digestat issus de ces projets de méthanisation sont de 8 489 ha. de cultures et de 8 489 ha. de prairies, soit une surface totale de **16 978 ha** par an (5 % de la surface disponible) et donc de 50 934 ha. sur une période de 3 ans.

La majorité des surfaces agricoles correspondantes aux besoins pour l'épandage du digestat, sont actuellement utilisées pour l'épandage des effluents d'élevage.

L'ensemble de ces projets permettrait enfin d'obtenir un bilan « Effet de serre » positif, en diminuant le rejet de **118 295 teq. CO<sub>2</sub>**, soit une économie de **42 454 tep** pour l'ensemble des projets.

L'ensemble de ces projets posséderait une puissance totale électrique de **22,6 MWe**, soit fournir **181 184 MWh** d'énergie électrique, correspondant à **7,8 %** des besoins d'électricité du département et également fournir **105 785 MWh** d'énergie sous forme de chaleur, correspondant à **19 %** des besoins de chaleur du département, ce qui permet d'envisager le fort potentiel de la Mayenne.

## Partie 3 – Conditions D'un Développement Raisoné

### I - Utilisation des cultures

Une unité de méthanisation nécessite un apport de déchets régulier sur l'année, afin d'obtenir une production régulière d'énergie, dans la logique de rentabiliser l'investissement.

Les effluents les plus couramment utilisés pour les projets sont les effluents d'élevages, dont les effluents de bovins sont peu maîtrisables entre Avril et Octobre, du fait de leur sortie au champ.

Pour limiter ce manque d'apport d'effluent de bovins, les projets ont souvent recours aux cultures intermédiaires, qui sont stockées dans un silo permettant leur utilisation pendant cette période où l'apport est le moins important.

En effet, la possibilité de conserver cette culture intermédiaire, permettant son utilisation en temps voulu et son potentiel en terme de production de méthane, font que cette possibilité est souvent envisagée dans les projets.

Il convient donc de bien étudier l'impact de son utilisation sur la parcelle, car une culture intermédiaire est principalement utilisée en tant que piège à nitrates et pour diminuer l'érosion, donc si elle est utilisée pour le fonctionnement d'un méthaniseur, cela implique un retour du digestat sur la parcelle, pour garantir un équilibre de la fumure.

La culture énergétique est quant à elle, l'équivalent d'une culture principale normalement utilisée pour l'alimentation du bétail ou humaine, mais qui dans le cas de la méthanisation est utilisée comme un déchet, offrant un fort potentiel de production d'énergie.

L'utilisation de ce type de culture soulève beaucoup d'interrogations, que ce soit d'un point de vue éthique de par son utilisation en tant que déchet, ceci allant à l'encontre de la fonction première d'une culture, qui est de nourrir les animaux et l'homme ou d'un point de vue technique avec un bilan effet de serre encore mal connu (étude ADEME actuellement en cours de réalisation).

Son utilisation doit donc être évitée pour les raisons citées précédemment, car d'une manière générale, il est préférable de ne pas créer le gisement de déchets, pouvant engendrer certains excès.

## II - Concurrence

Les déchets fermentescibles présents sur un territoire, suscitent un grand intérêt de la part des responsables de projets, conduisant parfois à une concurrence pour l'obtention de ces déchets lorsque plusieurs unités de méthanisation sont voie de développement sur un même territoire.

À l'avenir, lorsque les projets d'unités se développeront sur le département, des situations de concurrences concernant leur approvisionnement en déchets, pourront éventuellement voir le jour.

Cet aspect étant aussi à souligner, afin d'éviter une concurrence trop importante entre les différents projets.

## III - Politique

Le département de la Mayenne offre un fort potentiel de développement de la méthanisation, avec un gisement de déchets important issu de l'élevage.

Le soutien et la reconnaissance de la filière de méthanisation, passent par un appui des élus locaux concernant la mise en place d'un projet, visant à informer la population sur les diverses interrogations liées à sa mise en place, passant par la communication qui est un des aspects à ne pas négliger.

En effet, nombreux sont les collectifs de riverains s'élevant contre ce type d'installation, de par un manque d'information sur les éventuelles conséquences concernant l'émanation d'odeurs, les risques pour la santé,...

#### IV - Réglementation

##### a) Tarif de rachat

Le tarif de rachat de l'électricité produite par une unité de méthanisation, appliqué jusqu'à maintenant été défini par l'**Arrêté du 10 juillet 2006**, avec les tarifs suivants :

<b>PUISSANCE MAXIMALE</b>	<b>TARIF T (en c€/kWh)</b>	<b>Prime à l'efficacité énergétique VALEUR DE V</b>	<b>MONTANT DE LA PRIME M (en c€/kWh)</b>
Inférieure ou égale à 150 kW	9	$V \leq 40 \%$	0
Entre 150 kW et 2 MW	Interpolation linéaire	$V \geq 75 \%$	3
Supérieure ou égale à 2 MW	7.50		

Récemment, les tarifs de rachat ont été modifiés par l'**Arrêté du 19 mai 2011** : fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui valorisent le biogaz.

Cet arrêté offre ainsi une hausse de 20 % du tarif de rachat de l'électricité, tout en favorisant le développement de petits projets agricole, comme le montre le tableau suivant :

<b>Installations de biogaz</b>		<b>Installations de stockage de déchets non dangereux</b>	
<b>Tarif de base VALEUR de Pmax</b>	<b>VALEUR de T [c€/kWh]</b>	<b>Tarif de base VALEUR de Pmax</b>	<b>VALEUR de TISND [c€/kWh]</b>
Pmax 150 kW	13,37	Pmax 150 kW	9,745
Pmax = 300 kW	12,67	Pmax 2 MW	8,121
	Pmax = 500 kW		12,18
	Pmax = 1 000 kW		11,68
	Pmax 2 000 kW		11,19

Les primes s'ajoutent au tarif de base, afin de favoriser le développement de projets valorisants plus de 70 % de la chaleur produite, ou encore les projets d'une puissance inférieure ou égale à 150 kWe utilisant principalement des effluents d'élevages, comme le montre le tableau suivant :

<b>Prime à l'efficacité énergétique VALEUR de V</b>	<b>VALEUR de Pe [c€/kWh]</b>	<b>Prime traitement des effluents d'élevages VALEUR de Pmax</b>	<b>VALEUR de Pmax [c€/kWh]</b>
V 35 %	0	Pmax 150 kW	2,6
V 70 %	4	Pmax 1 000 kW	0

La revalorisation de ces tarifs permet donc d'envisager de nouvelles perspectives favorables au développement d'unités de méthanisation sur le département.

##### b) Aspect juridique

Les notions concernant l'aspect juridique lié à la méthanisation exposées ci-dessous, proviennent du guide pratique reprenant le cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage, réalisé par le Club Biogaz ATEE.

➤ Activité agricole :

Depuis le 16 février 2011, les agriculteurs ont la possibilité de diversifier leur activité agricole par la méthanisation, avec la possibilité de produire et de commercialiser le biogaz, l'électricité et la chaleur, en rapport au décret no 2011-190 du 16 février 2011.

➤ Réglementation ICPE :

Dans le cadre de la réglementation des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement. La rubrique 2260 de la nomenclature ICPE prend en compte les appareils de préparation des matières premières et d'affinage des produits finis (réalisant du broyage, concassage, criblage, déchiquetage, ensilage, pulvérisation, trituration, nettoyage, tamisage, blutage, mélange, épiluchage et décortication des substances végétales et de tous produits organiques naturels, à l'exclusion des activités visées par les rubriques 2220, 2221, 2225 et 2226, y compris la fabrication d'aliments pour le bétail).

Cela concerne donc la méthanisation dont les installations sont réglementées selon leur puissance installée, définie dans le tableau suivant :

Puissance des machines installées		Réglementation ICPE
> à 500kW	> à 680 CV	autorisation
De 100 à 500 kW	De 136 à 680 CV	déclaration
< à 100kW	< à 136 CV	Pas de réglementation ICPE

➤ Catégories de déchets :

Le règlement n°1774/2002 et le n°1069/2009 définissent les sous-produits comme les cadavres entiers (ou parties) d'animaux ou les produits d'origine animale non destinés à la consommation humaine, y compris les ovules, les embryons et le sperme.

Ils établissent les règles sanitaires et de police sanitaire, liées à leur utilisation en fonction des catégories suivantes :

- **Catégorie I** : matières présentant le risque le plus élevé pour la santé humaine et animale, notamment le risque d'Encéphalopathie Spongiforme Subaiguë Transmissible (ESST). Cette catégorie vise en particulier les cadavres de ruminants et d'animaux familiers et les matériels à risque spécifiés (MRS), dont leur destruction est imposée.
- **Catégorie II** : matières présentant un risque pour la santé animale ; il s'agit notamment des cadavres de monogastriques d'élevage et des lisiers. Ces sous-produits peuvent être valorisés en vue de certaines utilisations autres que l'alimentation des animaux après traitements stérilisants.
- **Catégorie III** : matières ne présentant pas de risque sanitaire et comprenant notamment des parties d'animaux abattus propres à la consommation humaine. Ces sous-produits peuvent être valorisés en alimentation animale et pour des usages techniques. Elles comprennent aussi dans le nouveau règlement 1069/2009, les déchets de cuisine et de table destinés à produire du compost ou du biogaz.

➤ Valorisation du biogaz :

- Chaleur : la vente de chaleur à un tiers privé n'est encadrée par aucun texte de loi, mais il est nécessaire d'envisager des contrats sous-seing privé avec actes notariés. La vente de chaleur à une collectivité publique relève du code des marchés publics et la vente de chaleur à un réseau de chaleur se négocie hors code des marchés publics. Le prix de vente est défini en fonction de l'analyse économique du projet et des usagers potentiels de la chaleur.

- Electricité : le producteur dispose de deux possibilités pour vendre l'électricité produite à partir du biogaz, la vente à un opérateur énergétique sur le marché de l'électricité ou la vente dans le cadre d'obligations d'achat par EDF ou une entreprise locale de distribution. Le tarif appliqué pour les nouvelles installations est défini par l'Arrêté du 19 mai 2011.
  - Biogaz : le biogaz brut peut être transporté par canalisations, mais doit répondre aux règlements de sécurité défini par les arrêtés du 13 juillet 2000 et du 4 août 2006. La réglementation française autorise donc l'injection de biogaz dans le réseau de gaz naturel existant, s'il respecte les conditions imposées par le cahier des charges du gestionnaire du réseau de transport. Le cadre général pour l'injection, l'ensemble des textes et les tarifs de rachat sont attendus pour cet été.
- Digestat :
- Rejets liquides : ce type de rejet est encadré par des textes règlementaires selon le statut de l'installation. Pour les ICPE, ce sont principalement les arrêtés ministériels de prescriptions générales, l'arrêté du 2 février 1998 et les arrêtés préfectoraux qui entrent en jeu. Dans les autres cas, les textes de référence sont le règlement sanitaire départemental et la loi sur l'eau.
  - Rejets solides : ce type de rejet est classé dans la catégorie des déchets industriels, en tant que déchet non dangereux (papier, bois, carton...) ou déchet dangereux (hydrocarbures, ...).

Concernant l'épandage du digestat, les arrêtés types et l'arrêté du 2 février 1998 précisent les modalités liées à l'épandage des effluents liquides (la nécessité d'une étude préliminaire prouvant l'innocuité des matières à épandre, leur intérêt agronomique et la capacité des sols à les recevoir). La Directive nitrates encadrant également les modalités liées à l'épandage sur les zones vulnérables.

De plus, un cahier d'épandage précisant notamment les quantités épandues et les caractéristiques des effluents, les parcelles réceptrices et les dates d'épandage, doit être tenu à jour et conservé pendant 10 ans.

## CONCLUSION

Le gisement de déchets fermentescibles sur l'ensemble du département de la Mayenne, est donc suffisant pour permettre le développement de projets de méthanisation.

Ce gisement, principalement présent dans les exploitations agricoles, associés aux principaux consommateurs de chaleur industriels, agricoles et de la collectivité, permettrait d'envisager le développement de trois types de projets, dont :

- **22** projets de type industriel compris entre 300 et 500 kWe (voie liquide)
- **30** projets de type agricole compris entre 100 et 200 kWe (voie liquide)
- **92** projets de type agricole inférieur à 100 kWe (voie sèche)

Ces projets permettraient également d'obtenir un bilan « Effet de serre » positif, en diminuant le rejet de **118 295 teq. CO<sub>2</sub>**, soit une économie de **42 454 tep** pour l'ensemble des projets.

À l'échelle du département, la mise en place de l'ensemble de ces projets permettrait de couvrir **19 %** des besoins de chaleur pris en compte dans cette étude et **7,8 %** des besoins d'électricité du département.

De plus, développer la méthanisation sur le département, favoriserait le développement d'une dynamique économique, sociale et écologique autour de ces projets, liée à la production et à la vente d'une énergie renouvelable.

Ceci offre donc des perspectives encourageantes quant au développement de projets à l'échelle du département de la Mayenne, avec des effets significatifs concernant la diminution d'émission de gaz à effet de serre.

## LISTE DES ABRÉVIATIONS

**ADEME** : Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie  
**AGV** : Acides Gras Volatiles  
**AILE** : Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement  
**C/N** : Rapport entre la quantité de carbone et la quantité d'azote  
**CITEPA** : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la pollution Atmosphérique  
**CORPEN** : Le Comité d'Orientation pour des Pratiques agricoles respectueuses de l'Environnement  
**CRA** : Chambre Régionale d'Agriculture  
**DCO** : Demande Chimique en Oxygène  
**EH** : Equivalent Habitants  
**ESST** : Encéphalopathie Spongiforme Subaiguë Transmissible  
**GES** : Gaz à Effet de Serre  
**Ha** : Hectare  
**IAA** : d'Industries Agroalimentaires  
**ICPE** : Installations Classées pour la Protection de l'Environnement  
**IFIP** : Institut du Porc  
**ITAVI** : Institut Technique de l'AViculture  
**Kg** : Kilogramme  
**kW** : Kilowatt  
**kWe** : Kilowatt électrique  
**kWh** : Kilowatt heure  
**MO** : Matière Organique  
**MRS** : Matériels à Risque Spécifiés  
**MS** : Matière Sèche  
**MWh** : Mégawatt-heure  
**PAD** : Plan Agricole Départemental  
**Pmax** : Puissance électrique maximale installée  
**RAEE** : Rhône Alpes Energie Environnement  
**T** : Tarif  
**t.** : Tonnes  
**TISND** : Tarif pour les Installations de Stockage de Déchets non Dangereux  
**TRAME** : Réseau de professionnels du secteur agricole  
**SOLAGRO** : Entreprise associative d'initiatives pour l'énergie  
**STEP** : Stations d'Epurations  
**ZAC** : Les Zones d'Action Complémentaire  
**ZES** : Les Zones d'Excédent Structurel

## GLOSSAIRE

**AGV** : les Acides gras volatils correspondent aux acides acétiques, propioniques, butyriques, ...  
**Co-digestion** : consiste à méthaniser plusieurs types de déchets.  
**DCO** : la DCO représente quasiment tout ce qui est susceptible de consommer de l'oxygène dans l'eau, par exemple les sels minéraux et les composés organiques.  
**EH** : unité de mesure permettant d'évaluer la capacité d'une station d'épuration. Cette unité de mesure se base sur la quantité de pollution émise par personne et par jour.  
**L'alcalinité** : capacité de l'eau à neutraliser un acide.  
**Mono-digestion** : consiste à méthaniser un seul type de déchet.  
**ZES** : les Zones d'Excédent Structurel sont les cantons dont la charge en azote d'origine animale est supérieure au plafond de 170 kg épandus par an et par hectare épandables, fixé par la directive nitrates du 12 décembre 1991.  
**ZAC** : les Zones d'Action Complémentaire sont les bassins versants amont approvisionnant des prises d'eau potable sur lesquelles la teneur en nitrate est supérieure à 50 mg/l.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ADEME, AILE, SOLAGRO et al. *La Méthanisation à la Ferme*. Août 2006, 16 p.
- ADEME. *Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale*. Février 2010, 14 p.
- ADEME, GrDF. *Etude de marché de la méthanisation et des valorisations du biogaz*. Septembre 2010, 10 p.
- ADEME. *Méthanisation agricole et utilisation de cultures énergétiques en codigestion*. Décembre 2009, 130 p.
- ADEME. *Réalisation d'un référentiel technico-économique des unités de méthanisation de produits organiques agricoles et non-agricoles à petite échelle en Europe lots 1 et 2*. Septembre 2003, 11 p.
- ADEME. *Suivi expérimental de l'installation de méthanisation du GAEC du Bois Joly*. Novembre 2010, 15 p.
- Agreste. *Enquête annuelle d'entreprise sur les IAA*. 2007, 1 p.
- Agreste. *Enquête sur les consommations d'énergie dans l'industrie*. 2009, 1 p.
- AgroParisTech. *Etat de la valorisation du biogaz sur site de station d'épuration en France et en Europe*. Février 2008, 19 p.
- AILE. *Des substrats à l'énergie*. Février 2011, 2 p.
- AILE. *Les substrats*. Février 2011, 1 p.
- ALISEE. *Le biogaz*. 2010, 4 p.
- AREC. *Etat des lieux des gisements de biomasse*. Novembre 2009, 36 p.
- CA 10. *La méthanisation à la ferme*. Juillet 2010, 4 p.
- CG 53. *Gestion raisonnée des dépendances vertes des routes départementales*. Mars 2009, 15 p.
- CA 53. *Le calendrier d'épandage de la Mayenne*. 2009, 1 p.
- CA 53. *Distances réglementaires pour les épandages*. 2009, 1 p.
- CA Aquitaine. *La méthanisation, production et valorisation à la ferme*. Novembre 2008, 4 p.
- CA Pays de la Loire. *L'agriculture mayennaise en chiffres*. 2009, 2 p.
- CRA des Pays de la Loire. *La Méthanisation Agricole*. Avril 2009, 2 p.
- CCI Agri industrie. *Fiche technique agro-industrie*. Juin 2009, 5 p.
- Cemagref. *La méthanisation : un moyen de valoriser la matière organique des déjections animales et de réduire les émissions de gaz à effet de serre*. 2007, 4 p.
- Club Biogaz ATEE. *Le cadre réglementaire et juridique des activités agricoles de méthanisation et de compostage*. Août 2010, 77 p.
- DDAF de la Mayenne. *Atlas agricole et environnemental de la Mayenne*. Février 2009, 63 p.
- DRAF et DDAF Loire Atlantique. *Directive nitrates - 4ème programme des départements de la région des Pays de La Loire*. Janvier 2009, 84 p.
- DREAL. *La prévention des pollutions et des risques industriels dans les Pays de la Loire Santé, sécurité, environnement*. 2007, 61 p.
- GAB, FRAB. *Cultures et désherbages : Fiche n° 4*. 2010, 2 p.
- GAL Sud Mayenne. *Diagnostic biomasses combustibles sur le territoire du GAL Sud Mayenne*. Décembre 2010, 53 p.
- IFIP. *Les consommations énergétiques dans les bâtiments porcins*. 2006, 6 p.
- ITAVI, CRA Bretagne et Pays de la Loire. *Les consommations d'énergie en élevage de volailles de chair*. Septembre 2009, 29 p.
- ITB. *Implantation de Couverts Végétaux en Interculture*. 2003, 16 p.
- MAILLARD A. (ADEME). *Analyse des intérêts et limites de la méthanisation par voie sèche en discontinu pour l'activité avicole ligérienne - Synthèse*. Mars 2011, 22 p.
- Moletta R. *La méthanisation de la matière organique*. 2002, 12 p.
- Moletta R. *Le biogaz « à la ferme »*. 2003, 21 p.
- Moletta R. *Technologies du traitement des effluents par méthanisation*. 2003, 20 p.
- OPALE. *La méthanisation, un projet de territoire*. 2010, 2 p.

- PE SESAER. *Biogaz du Pays de Château-Gontier - Unité de méthanisation d'Azé - Plan d'épandage des digestat issus de l'unité de méthanisation*. Novembre 2009, 40 p.
- Pool machinisme Sud-ouest. *Fiche technique écophyto 2018 n° 9*. Septembre 2010, 2 p.
- RAEE. *Guide des démarches administratives pour la réalisation d'une unité de méthanisation à la ferme*. Septembre 2010, 68 p.
- RAEE. *Stratégie et plan d'actions Méthanisation en Rhône-Alpes*. Novembre 2008, 11p.
- RAEE. *Unité de méthanisation par voie sèche : Le GAEC du Bois Joly, La Verrie, Vendée*. Juillet 2008, 4 p.
- SOLAGRO, EREP, PSPC et al. *Expertise de la rentabilité des projets de méthanisation rurale (installations co-digestion valorisant le biogaz par cogénération) et proposition de tarif d'achat de l'énergie produite sous ses différentes formes (électricité, biogaz, chaleur, biométhane)*. Février 2010, 115 p.
- SOLAGRO. *La Qualité Agronomique des Digestat – Synthèse*. Décembre 2004, 17 p.

#### Sites Internet :

- ADEME. *Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www2.ademe.fr>>
- ADEME, Région des Pays de la Loire. *Annuaire du traitement des déchets en Pays de la Loire* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.dechets-paysdelaloire.fr>>
- AILE. *Association d'initiatives locales pour l'énergie et l'environnement* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.aile.asso.fr>>
- CA 53. *Chambre d'agriculture de la Mayenne* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.mayenne.chambagri.fr>>
- CG 53. *Le conseil général au cœur de vos projets* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.lamayenne.fr>>
- CITEPA. *Centre interprofessionnel technique d'étude de la pollution atmosphérique* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.citepa.org>>
- METHASIM. *Bienvenue sur Méthasim, outil de simulation technico économique pour la méthanisation* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://methasim.ifip.asso.fr>>
- NASKEO Environnement. *Le biogaz, énergie renouvelable* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.biogaz-energie-renouvelable.info>>
- SOLAGRO. *D'autres voies pour l'énergie, l'agriculture et l'environnement* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.solagro.org>>
- Statistique Publique. *Portail de la statistique publique française* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.statistique-publique.fr>>
- TRAME. *Des réseaux et un centre de ressources agricole et rural* [en ligne]. 2011. Disponible sur : <<http://www.pardessuslahaie.net/trame>>

## ANNEXES

- N° 1 : Tableau du gisement de déchets fermentescibles
- N° 2 : Tableau du potentiel des déchets fermentescibles mobilisables
- N° 3 : Carte d'estimation de la production d'énergie des déchets fermentescibles mobilisables des exploitations agricoles
- N° 4 : Carte d'estimation de la production d'énergie des déchets fermentescibles mobilisables des industries agroalimentaires
- N° 5 : Carte d'estimation de la production d'énergie des déchets fermentescibles mobilisables des collectivités
- N° 6 : Tableau des consommations de chaleur
- N° 7 : Carte d'estimation des consommations chaleur des exploitations agricoles
- N° 8 : Carte d'estimation des consommations chaleur des industries agroalimentaires
- N° 9 : Carte d'estimation des consommations chaleur des collectivités
- N° 10 : Carte de répartition des consommations par les réseaux gaz naturel
- N° 11 : Carte de répartition des projets industriels potentiels en voie liquide
- N° 12 : Carte de répartition des projets agricoles potentiels en voie liquide
- N° 13 : Carte de répartition des projets agricoles potentiels en voie sèche
- N° 14 : Carte du zonage directive nitrates
- N° 15 : Tableau des surfaces nécessaires à l'épandage du digestat

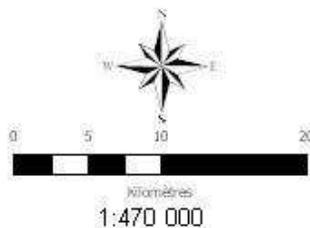
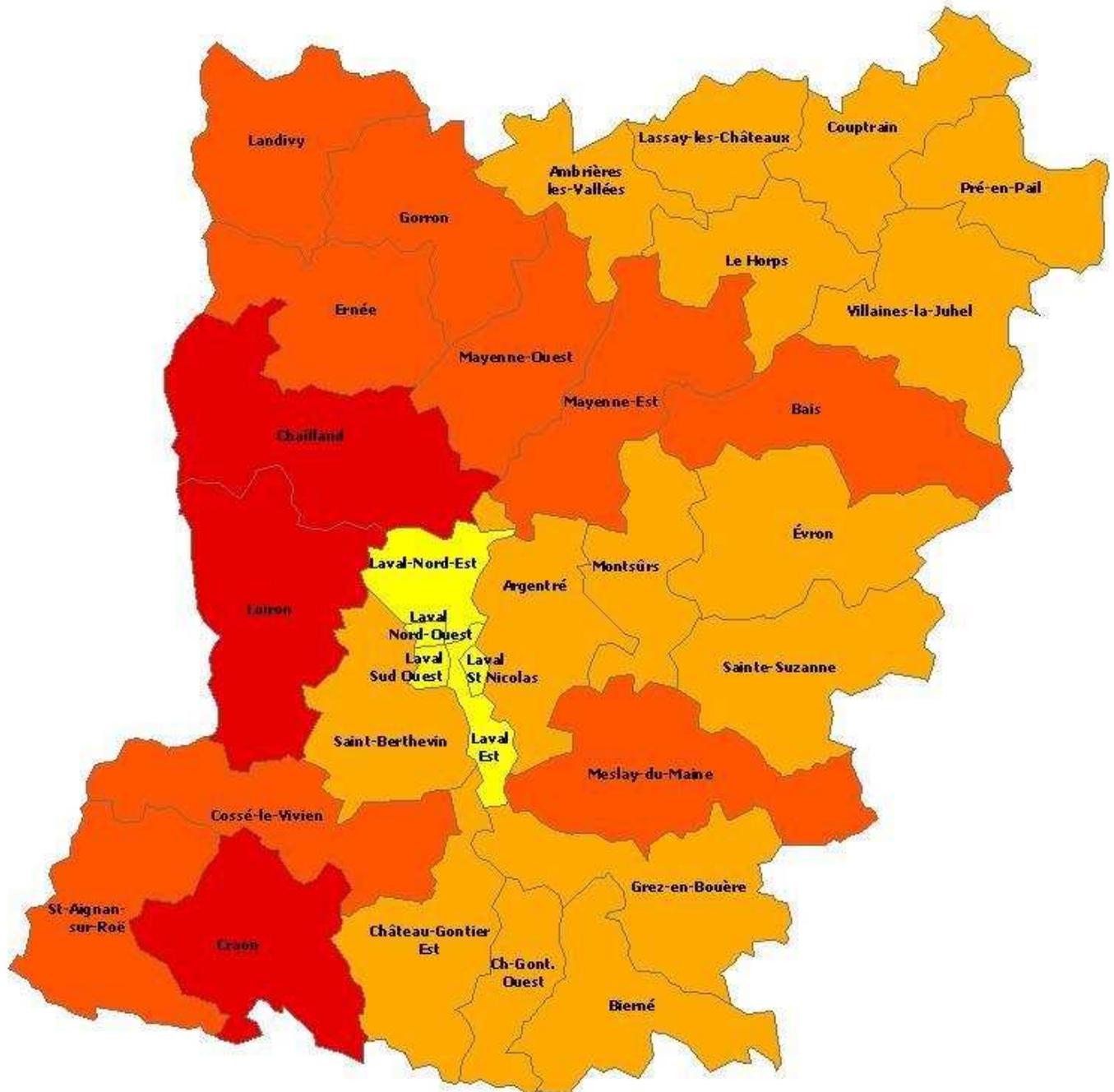
## Gisement de Déchets Fermentescibles

Code_insee	Cantons	Effluents agricoles (en t.)			Déchets des industries agroalimentaires (en t.)	Déchets des collectivités (en t.)	TOTAL (en t.)
		Fumier	Lisier	Menues pailles			
01	Ambrières-les-Vallées	90 308	80 530	3 065	590	1 061	175 554
02	Argentré	75 212	83 341	4 392	-	3 986	166 931
03	Bais	124 046	117 433	4 344	-	1 533	247 355
04	Bierné	77 241	56 480	6 191	-	2 616	142 527
05	Chailland	227 235	213 940	4 358	2 885	2 412	450 830
06	Château-Gontier-Ouest	69 955	61 130	4 319	2 361	1 553	139 318
07	Cossé-le-Vivien	135 682	177 428	7 427	3 073	3 703	327 313
08	Couptrain	98 913	69 946	3 542	2 031	1 428	175 859
09	Craon	149 045	152 165	7 073	22 835	7 669	338 788
10	Ernée	158 933	174 483	2 946	1 176	2 756	340 293
11	Évron	107 663	85 884	3 509	45 592	3 529	246 176
12	Gorron	148 313	159 951	3 515	214	1 493	313 485
13	Grez-en-Bouère	77 906	73 022	5 424	-	1 581	157 933
14	Le Horps	89 995	71 935	3 114	21 015	402	186 462
15	Landivy	167 845	199 209	2 366	1 644	2 065	373 129
16	Lassay-les-Châteaux	75 777	61 674	3 456	1 028	2 355	144 289
17	Laval-Nord-Est	8 943	5 547	383	3 399	11 191	29 463
18	Laval-Nord-Ouest	7 880	5 547	383	10 712	2 440	26 961
19	Loiron	139 165	157 648	5 807	-	4 993	307 613
20	Mayenne-Est	137 517	144 648	3 702	12 171	3 276	301 312
21	Mayenne-Ouest	107 448	131 421	3 434	1 648	1 358	245 309
22	Meslay-du-Maine	109 681	118 275	8 745	6 883	3 043	246 627
23	Montsûrs	74 546	92 119	2 678	-	3 240	172 583
24	Pré-en-Pail	56 349	43 969	2 522	-	1 581	104 420
25	Saint-Aignan-sur-Roë	129 710	149 328	5 571	92	2 257	286 959
26	Sainte-Suzanne	83 234	58 307	3 308	-	495	145 344
27	Villaines-la-Juhel	93 908	109 269	4 146	35	1 782	209 141
28	Laval-Est	7 897	5 547	383	-	1 263	15 090
29	Laval-Sud-Ouest	7 744	5 547	383	1 465	1 091	16 230
30	Laval-Saint-Nicolas	7 744	5 547	383	-	698	14 372
31	Château-Gontier-Est	70 493	61 130	4 319	24 166	4 473	164 582
32	Saint-Berthevin	62 088	65 705	3 138	-	3 599	134 529
	<b>TOTAL (en t.)</b>	<b>2 978 418</b>	<b>2 998 103</b>	<b>118 319</b>	<b>165 016</b>	<b>86 921</b>	<b>6 346 777</b>

## Potentiel des Déchets Fermentescibles Mobilisables

		Production de méthane (m3)				Production d'énergie primaire (MWh)			
Code_insee	Cantons	Effluents agricoles	Déchets des industries agroalimentaires	Déchets des collectivités	TOTAL	Effluents agricoles	Déchets des industries agroalimentaires	Déchets des collectivités	TOTAL
01	Ambrières-les-Vallées	1 280 091	20 166	20 721	1 320 977	12 737	201	206	13 144
02	Argentré	1 313 112	-	59 987	1 373 098	13 065	-	597	13 662
03	Bais	1 874 146	-	16 017	1 890 162	18 648	-	159	18 807
04	Bierné	1 564 899	-	54 494	1 619 393	15 571	-	542	16 113
05	Chailland	3 293 318	77 418	29 189	3 399 926	32 769	770	290	33 829
06	Château-Gontier-Oues	1 336 397	62 584	33 091	1 432 072	13 297	623	329	14 249
07	Cossé-le-Vivien	2 356 628	71 734	35 957	2 464 319	23 448	714	358	24 520
08	Couptrain	1 548 519	56 305	16 618	1 621 442	15 408	560	165	16 133
09	Craon	2 495 429	258 132	50 046	2 803 607	24 830	2 568	498	27 896
10	Ernée	2 218 510	32 588	45 842	2 296 940	22 074	324	456	22 855
11	Évron	1 572 807	635 965	52 119	2 260 891	15 649	6 328	519	22 496
12	Gorron	2 207 052	5 665	25 400	2 238 117	21 960	56	253	22 269
13	Grez-en-Bouère	1 579 585	-	26 964	1 606 549	15 717	-	268	15 985
14	Le Horps	1 289 689	206 073	10 430	1 506 192	12 832	2 050	104	14 987
15	Landivy	2 399 838	40 154	23 690	2 463 682	23 878	400	236	24 514
16	Lassay-les-Châteaux	1 190 359	27 245	15 031	1 232 636	11 844	271	150	12 265
17	Laval-Nord-Est	171 592	90 099	48 863	310 554	1 707	896	486	3 090
18	Laval-Nord-Ouest	140 662	117 233	66 186	324 081	1 400	1 166	659	3 225
19	Loiron	2 491 186	-	72 019	2 563 205	24 787	-	717	25 504
20	Mayenne-Est	2 165 519	150 620	44 932	2 361 071	21 547	1 499	447	23 493
21	Mayenne-Ouest	1 695 590	18 036	41 920	1 755 547	16 871	179	417	17 468
22	Meslay-du-Maine	2 207 923	75 326	34 008	2 317 258	21 969	749	338	23 057
23	Montsûrs	1 148 648	-	24 533	1 173 181	11 429	-	244	11 673
24	Pré-en-Pail	835 547	-	23 855	859 401	8 314	-	237	8 551
25	Saint-Aignan-sur-Roë	2 311 996	3 116	25 523	2 340 634	23 004	31	254	23 289
26	Sainte-Suzanne	1 433 312	-	12 753	1 446 064	14 261	-	127	14 388
27	Villaines-la-Juhel	1 611 397	1 198	26 862	1 639 457	16 033	12	267	16 313
28	Laval-Est	141 171	-	43 739	184 911	1 405	-	435	1 840
29	Laval-Sud-Ouest	136 726	38 845	36 413	211 984	1 360	387	362	2 109
30	Laval-Saint-Nicolas	136 726	-	21 383	158 109	1 360	-	213	1 573
31	Château-Gontier-Est	1 352 024	307 938	91 963	1 751 925	13 453	3 064	915	17 432
32	Saint-Berthevin	1 029 257	-	70 350	1 099 607	10 241	-	700	10 941
	<b>TOTAL</b>	<b>48 529 655</b>	<b>2 296 441</b>	<b>1 200 897</b>		<b>482 870</b>	<b>22 850</b>	<b>11 949</b>	

## Estimation de la Production d'Energie des Déchets Fermentescibles Mobilisables des Exploitations Agricoles



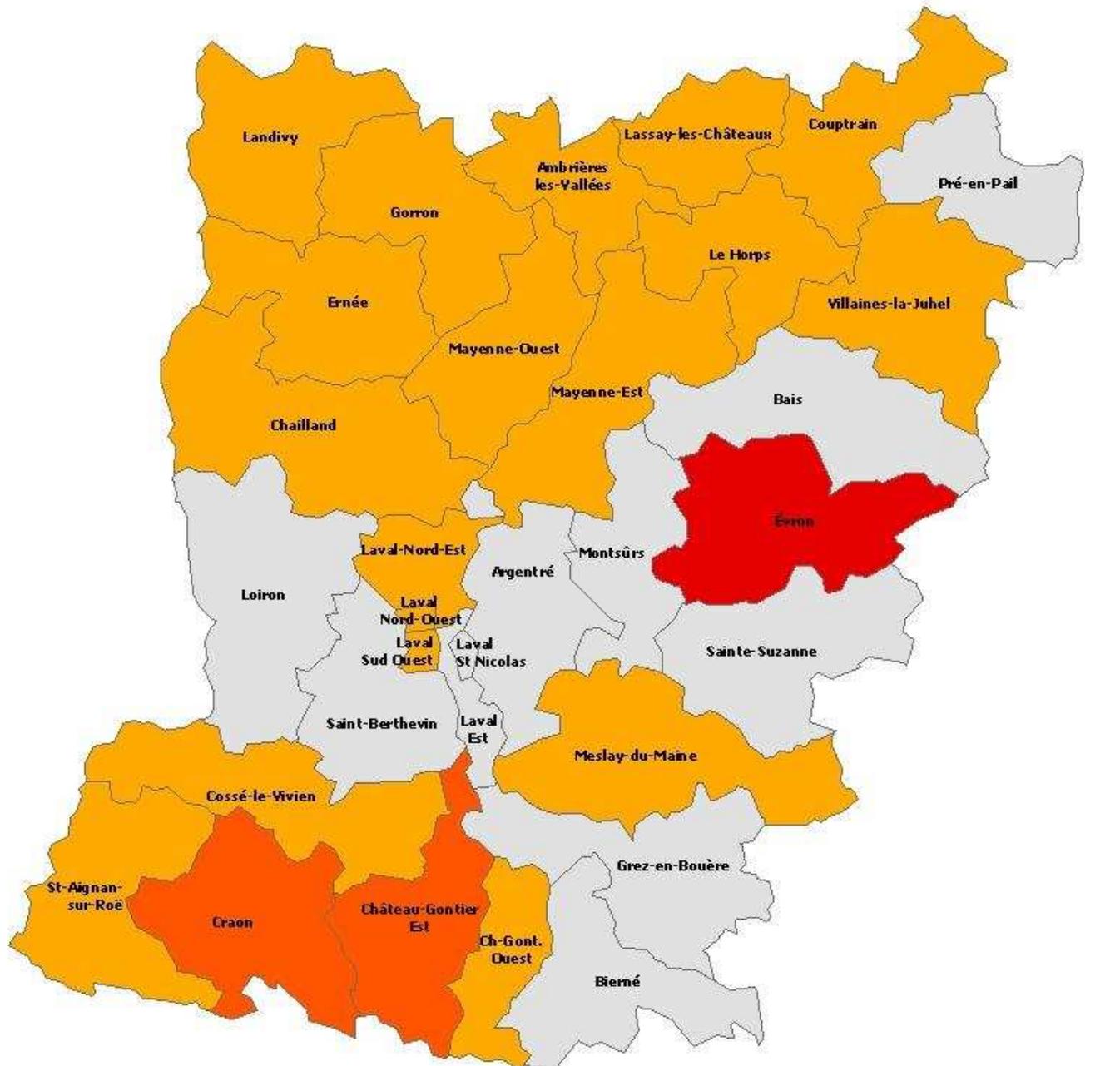
Potentiel des élevages bovins, porcins, avicoles, caprins, ovins, équinés et des menues pailles

Potentiel par cantons (MWh)





## Estimation de la Production d'Energie des Déchets Fermentescibles Mobilisables des Industries Agroalimentaires



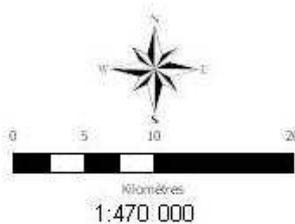
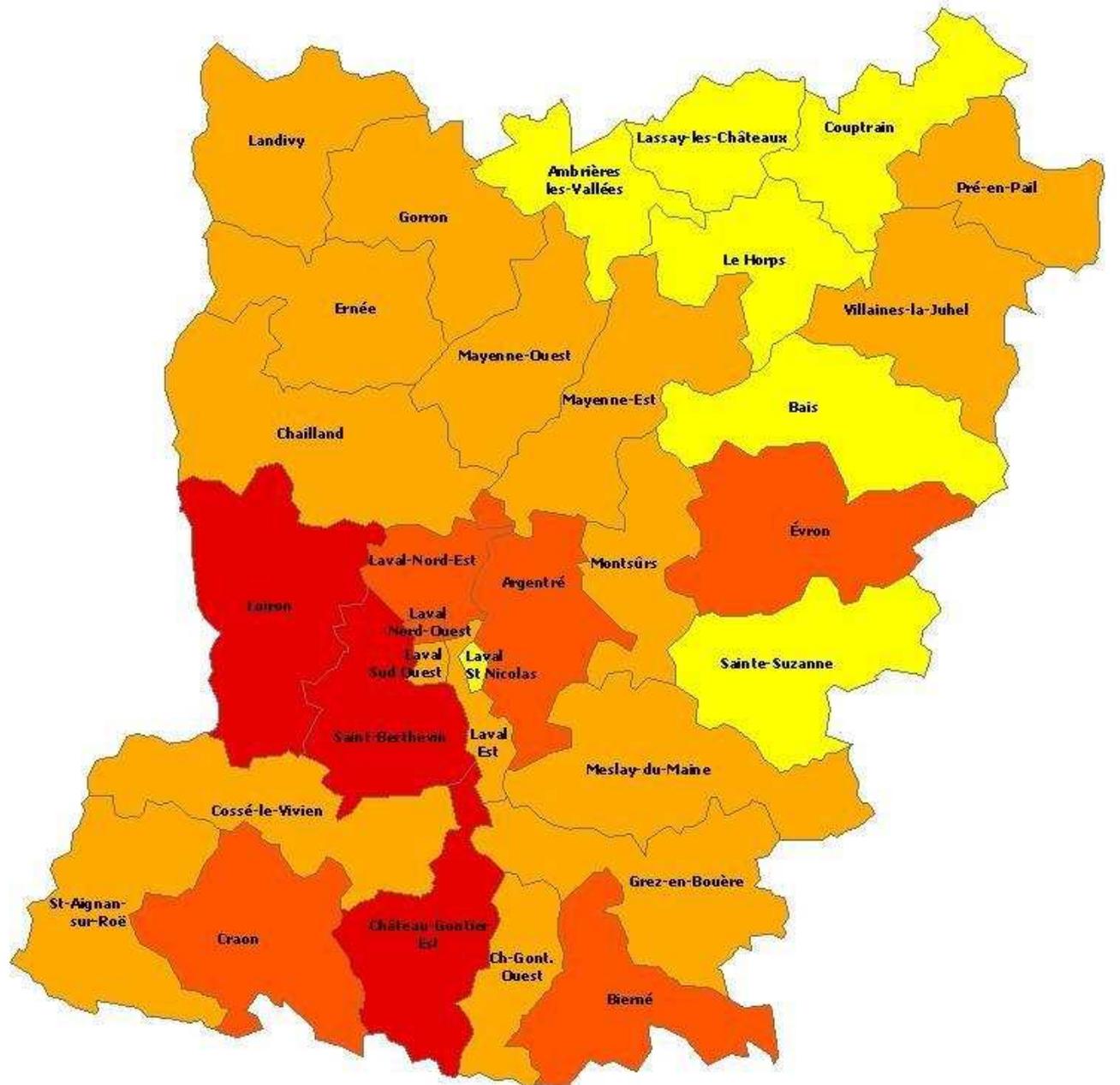
Potentiel des industries laitières,  
viandes, animales, fruits et  
légumes, alimentaires et  
meuneries

### Potentiel par cantons (MWh)





## Estimation de la Production d'Energie des Déchets Fermentescibles Mobilisables des Collectivités



Potentiel de la fraction fermentescible d'ordures ménagères, des déchets verts, des résidus de séparateurs de graisses, des huiles alimentaires usagées et des boues liquides, pâteuses et solides des stations d'épurations

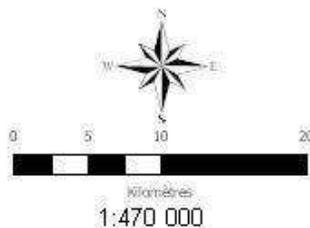
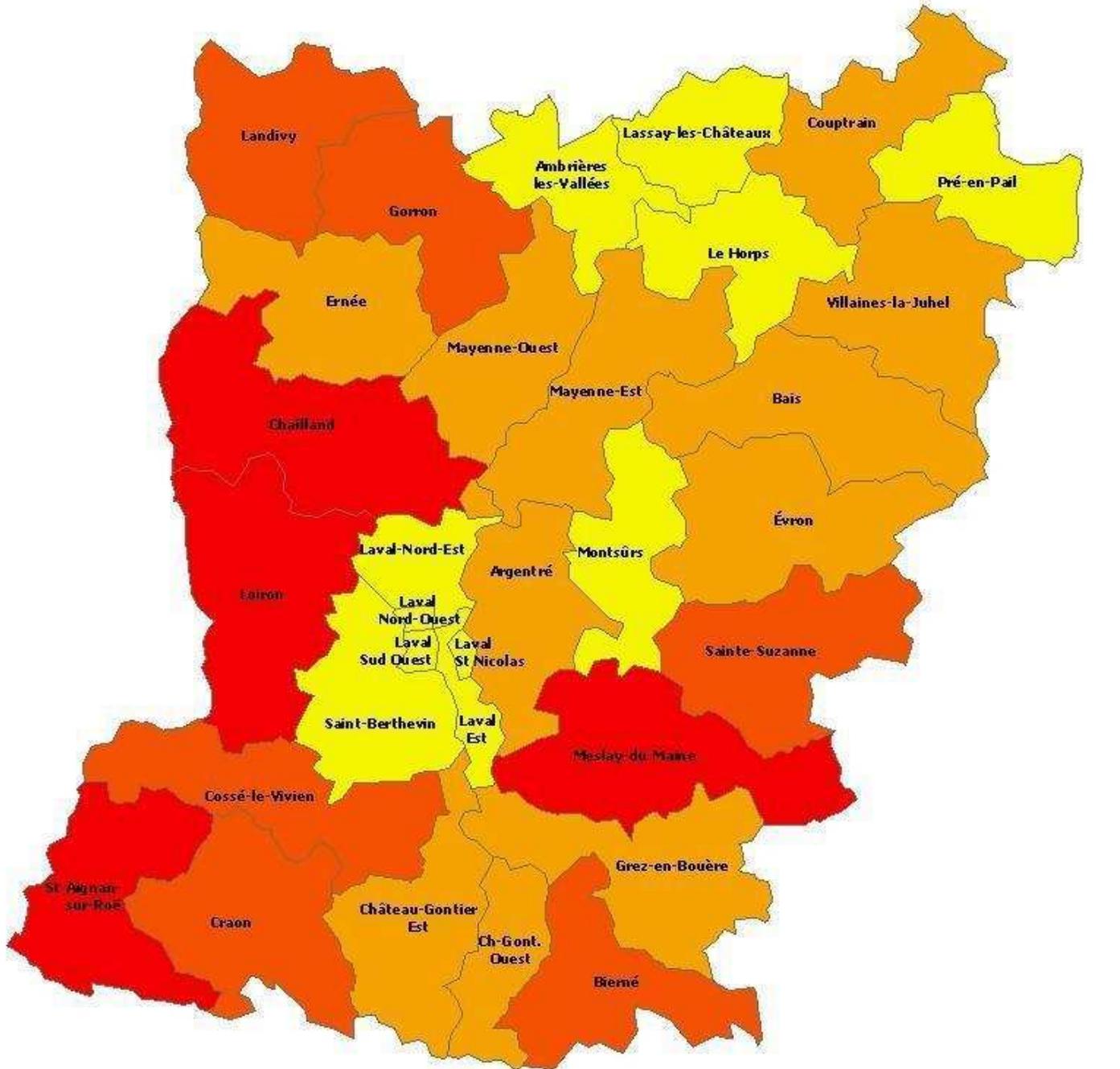
### Potentiel par cantons (MWh)



## Consommations de Chaleur

Codes insee	Cantons	Agricole		Industries Agroalimentaires	Collectivités				TOTAL
		Porcs	Volailles		Etablissements scolaires	Maisons de retraites	Piscines	Hôpitaux et la maison d'arrêt	
1	Ambrières-les-Vallées	232	656	16 447	216	44	234	-	17 829
2	Argentré	527	826	-	625	13	-	-	1 991
3	Bais	264	1 510	-	140	26	-	-	1 939
4	Bierné	207	2 448	-	202	22	-	-	2 879
5	Chailland	1 135	2 694	9 977	411	38	-	-	14 255
6	Château-Gontier-Ouest	239	2 134	5 236	762	56	-	-	8 428
7	Cossé-le-Vivien	1 087	1 852	8 177	456	51	-	-	11 624
8	Couptrain	5	1 754	5 011	96	22	-	-	6 888
9	Craon	740	1 875	65 761	515	59	156	546	69 651
10	Ernée	903	915	2 014	534	92	156	127	4 741
11	Évron	146	1 359	112 152	658	78	156	364	114 913
12	Gorron	616	1 902	474	239	33	156	-	3 421
13	Grez-en-Bouère	372	2 033	-	282	22	156	-	2 866
14	Le Horps	88	735	46 290	103	8	-	-	47 225
15	Landivy	1 194	1 461	30 243	170	66	-	-	33 135
16	Lassay-les-Châteaux	108	867	2 280	144	53	-	-	3 452
17	Laval-Nord-Est	12	225	7 539	1 263	136	-	158	9 331
18	Laval-Nord-Ouest	2	45	26 971	1 179	36	-	-	28 233
19	Loiron	1 029	3 254	-	809	43	-	-	5 136
20	Mayenne-Est	344	1 594	30 308	854	89	-	910	34 100
21	Mayenne-Ouest	371	1 389	4 149	579	78	-	273	6 838
22	Meslay-du-Maine	949	3 997	17 330	398	29	-	-	22 702
23	Montsûrs	552	456	-	252	32	-	-	1 293
24	Pré-en-Pail	128	506	-	262	22	-	-	918
25	Saint-Aignan-sur-Roë	1 008	2 858	2 788	289	78	-	-	7 020
26	Sainte-Suzanne	141	2 545	-	131	25	-	-	2 842
27	Villaines-la-Juhel	512	1 866	1 072	296	37	156	364	4 303
28	Laval-Est	2	45	-	889	5	234	-	1 176
29	Laval-Sud-Ouest	2	45	3 250	933	44	-	1 456	5 731
30	Laval-Saint-Nicolas	2	45	-	448	-	468	-	963
31	Château-Gontier-Est	239	2 134	71 382	638	87	234	728	75 441
32	Saint-Berthevin	132	733	-	599	45	156	-	1 665
	<b>TOTAL</b>	13 288	46 756	468 851	15 371	1 472	2 262	4 926	

## Estimation des Consommations de Chaleur des Exploitations Agricoles



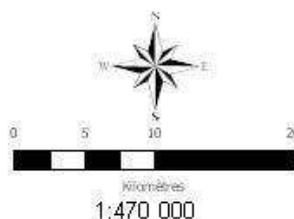
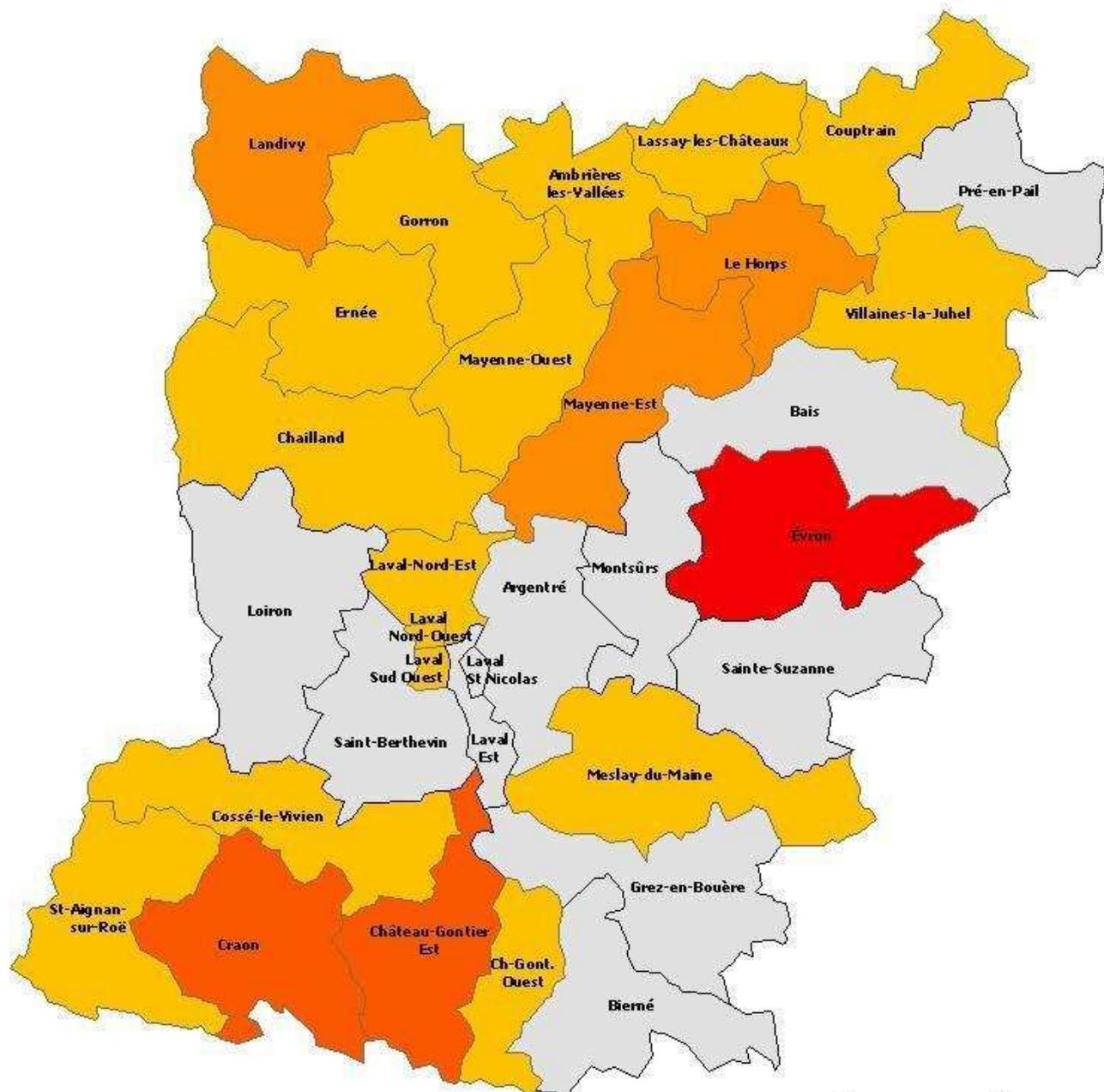
Consommation des élevages  
porcins et avicoles

### Consommations par cantons (MWh)





## Estimation des Consommations de Chaleur des Industries Agroalimentaires



Consommation des industries laitières, viandes, animales, fruits et légumes, alimentaires et meuneries

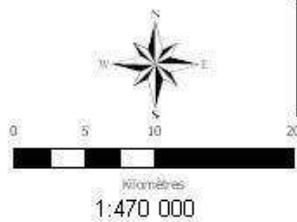
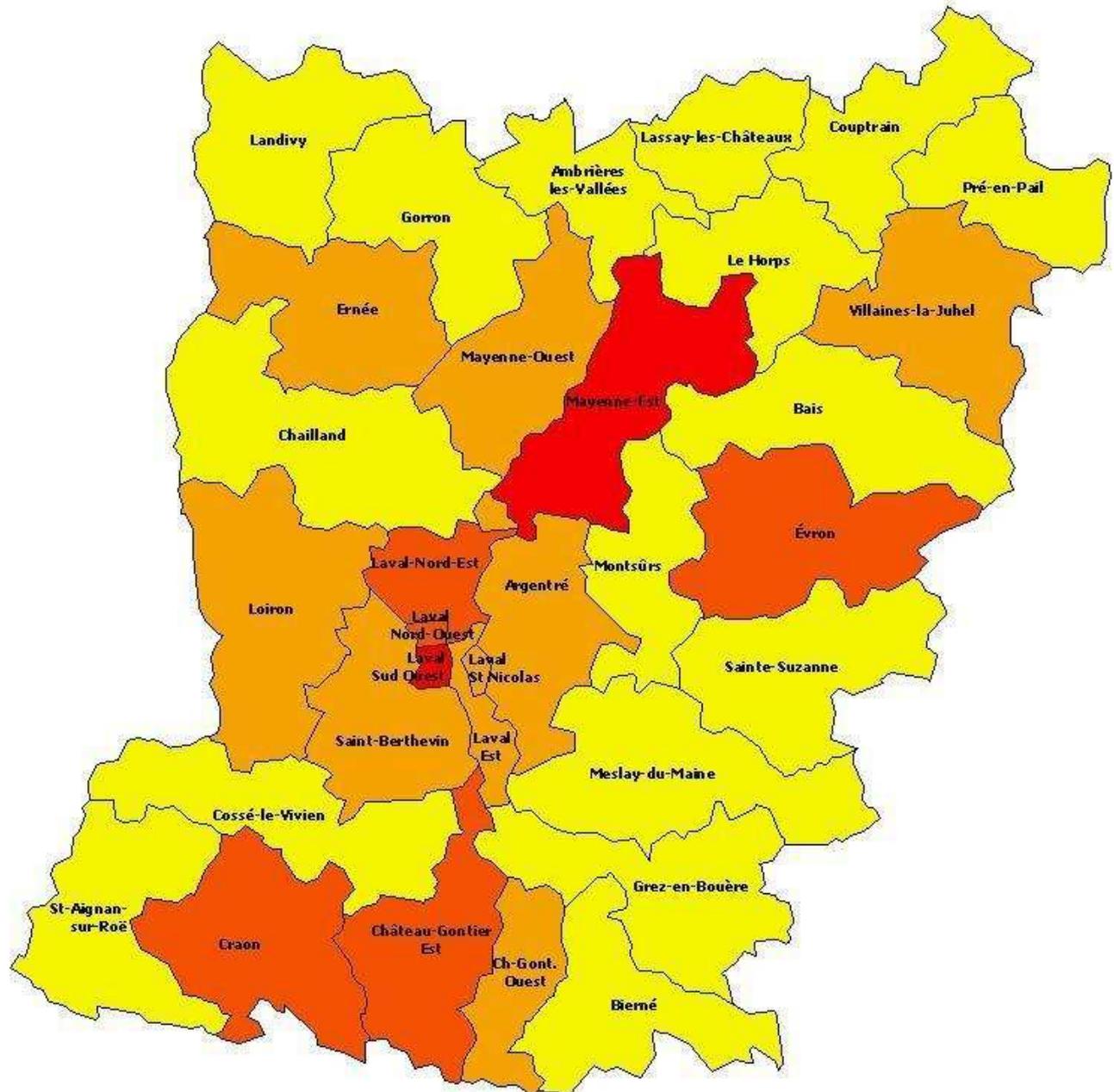
### Consommations par cantons (MWh)



**Annexe n° 9 :**



**Estimation des Consommations de Chaleur des Collectivités**



Consommation des établissements scolaires, maisons de retraites, maison d'arrêt, piscines et hôpitaux

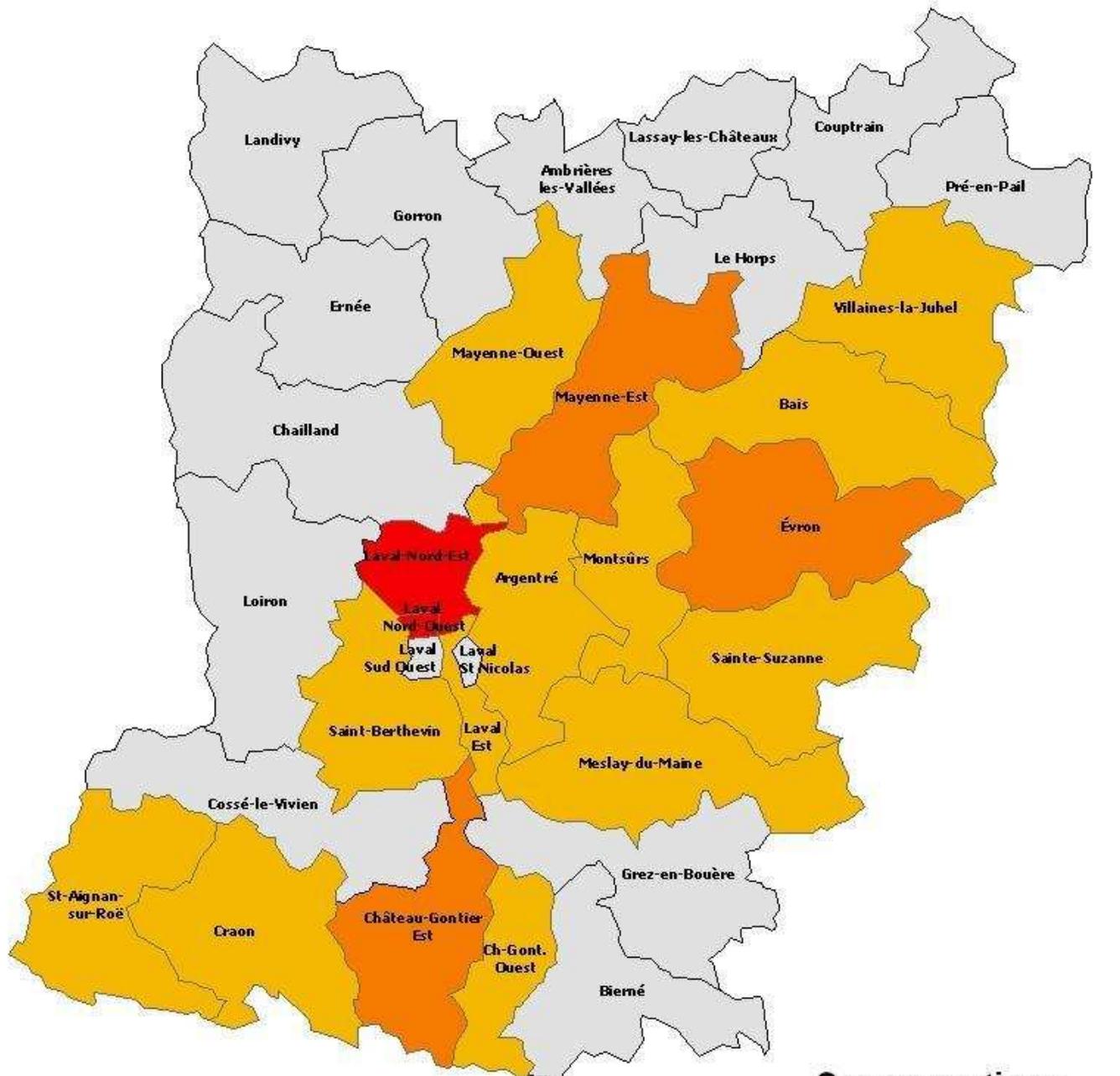
**Consommations par cantons (MWh)**



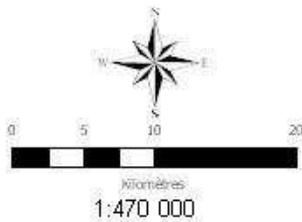
## Annexe n° 10 :



### Répartition des Consommations par les réseaux de gaz naturel



#### Consommations par cantons (MWh)

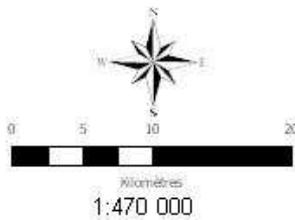
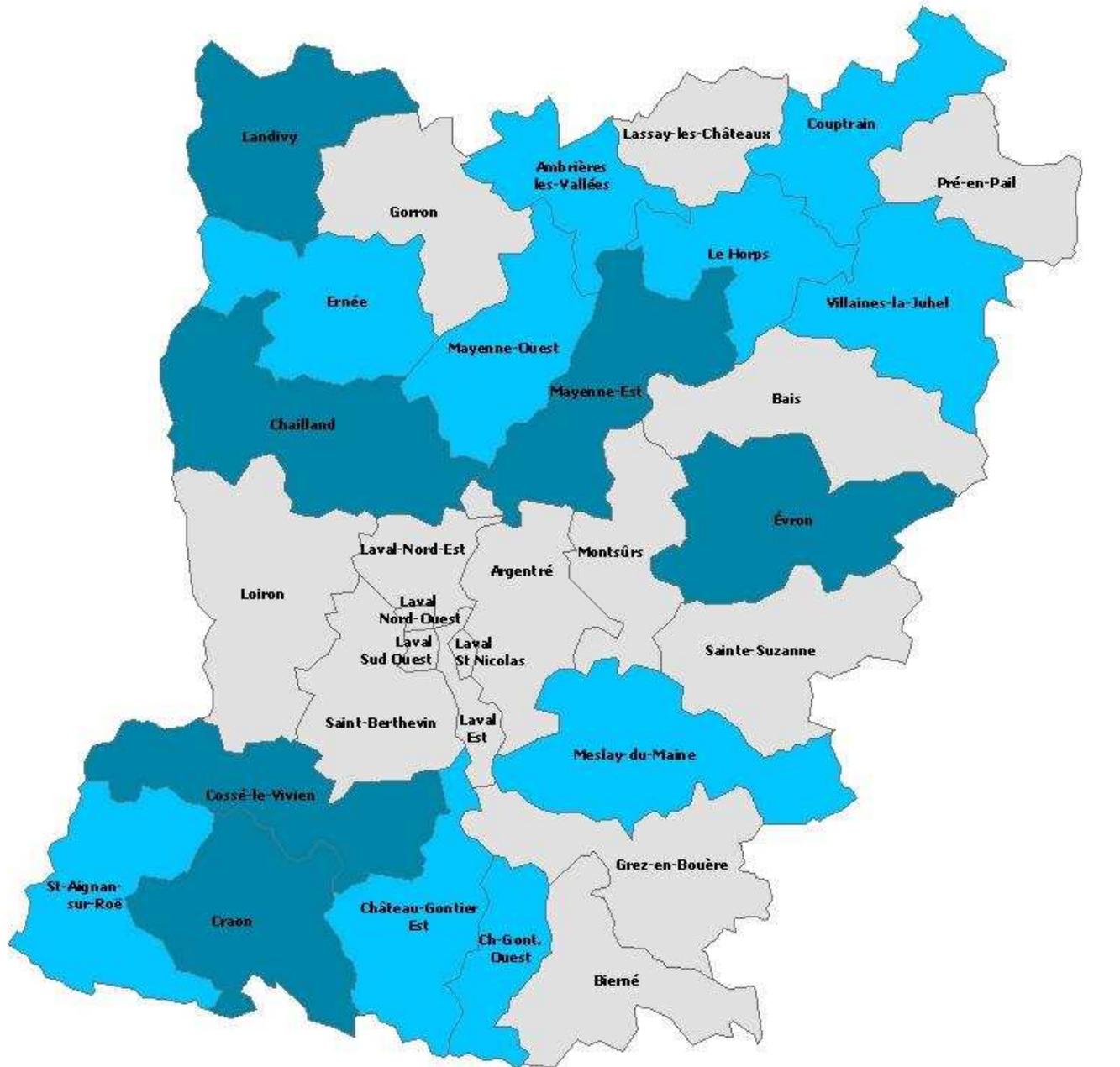


Sources : IGN © - GEOFLAT 2006 - CG53 2011  
Direction de l'Environnement et de la Prévention des Risques -  
JUN 2011

Annexe n° 11 :



## Répartition des Projets Industriels Potentiels en voie liquide



### Potentiel par cantons

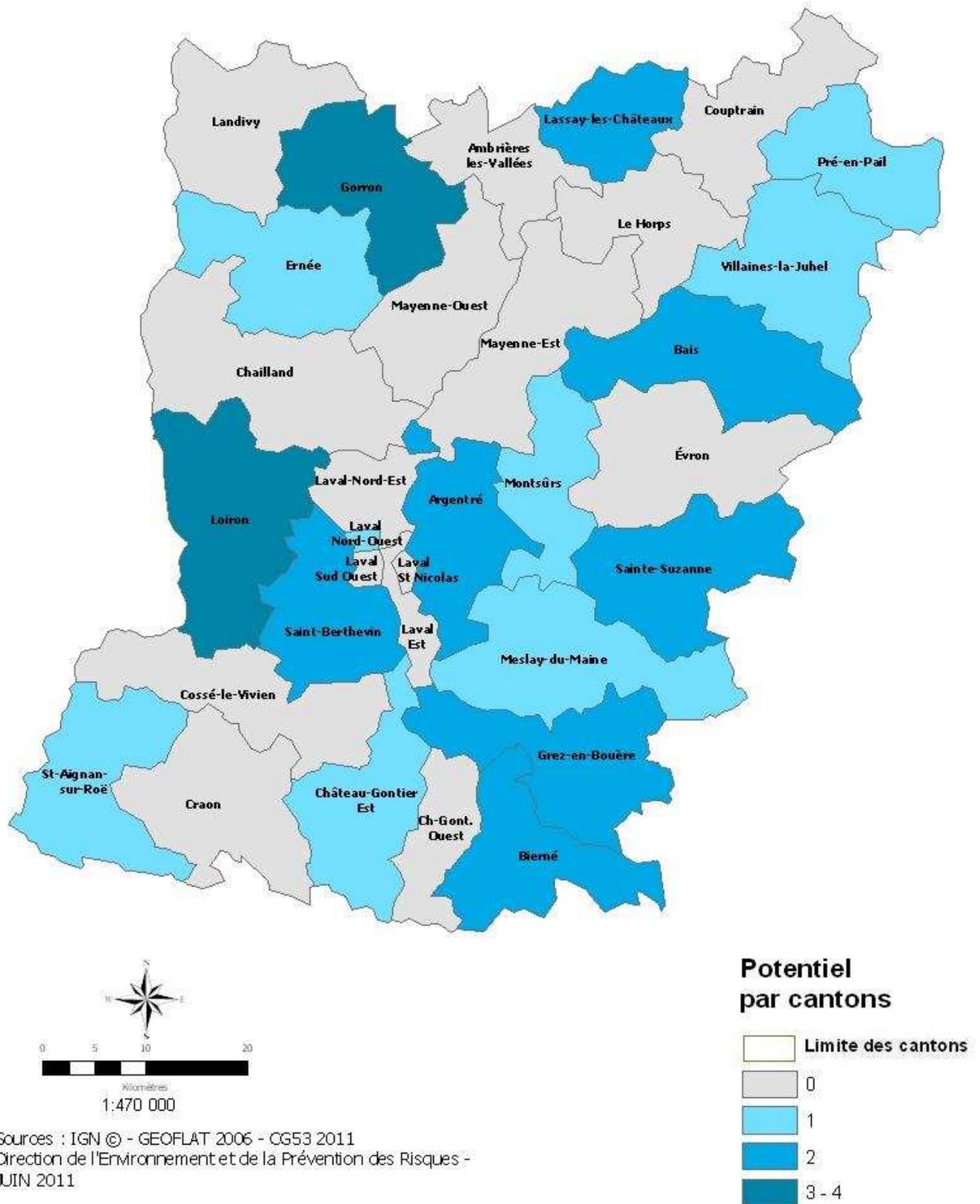


Sources : IGN © - GEOFLAT 2006 - CG53 2011  
Direction de l'Environnement et de la Prévention des Risques -  
JUN 2011

## Annexe n° 12 :



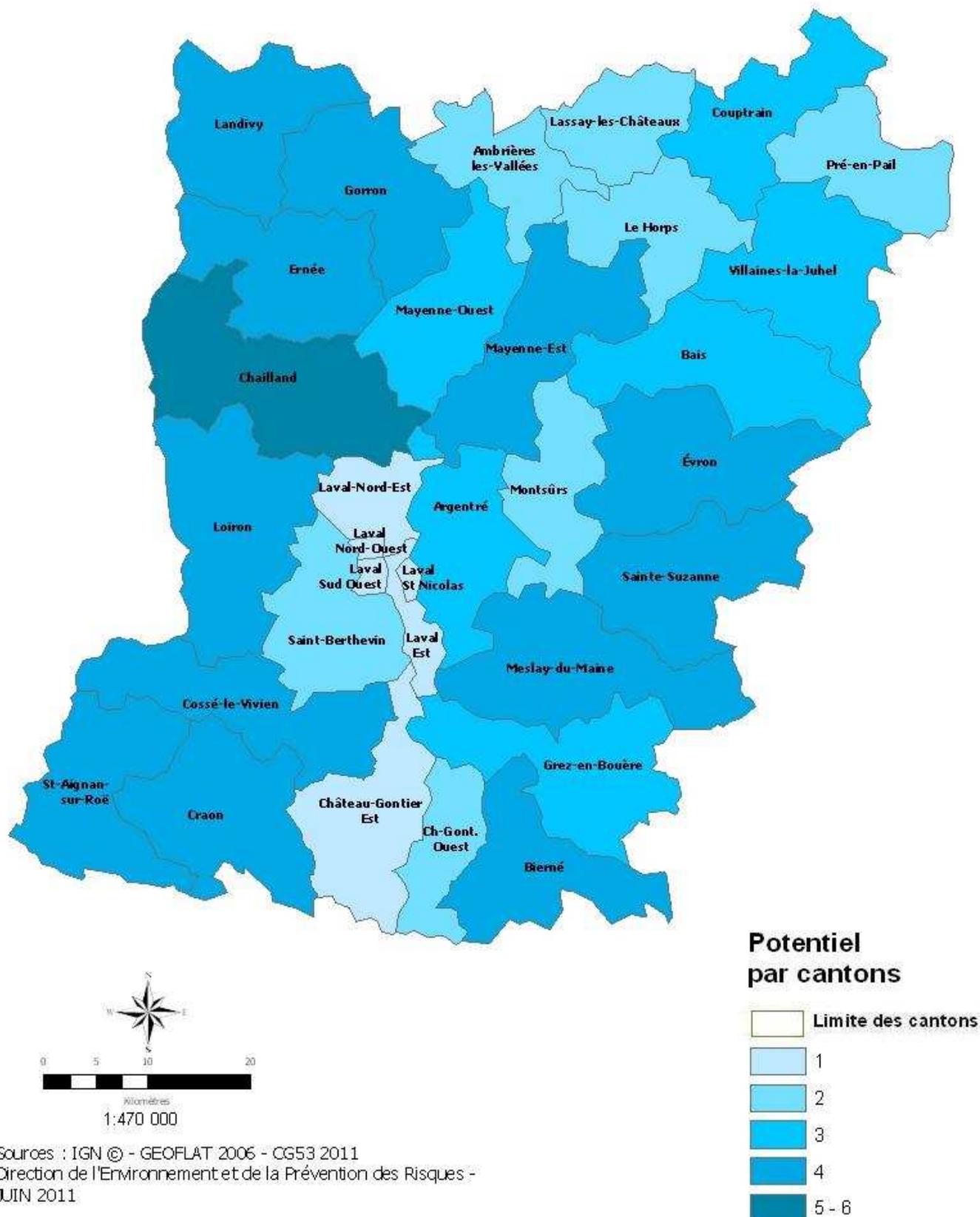
### Répartition des Projets Agricoles Potentiels en Voie Liquide



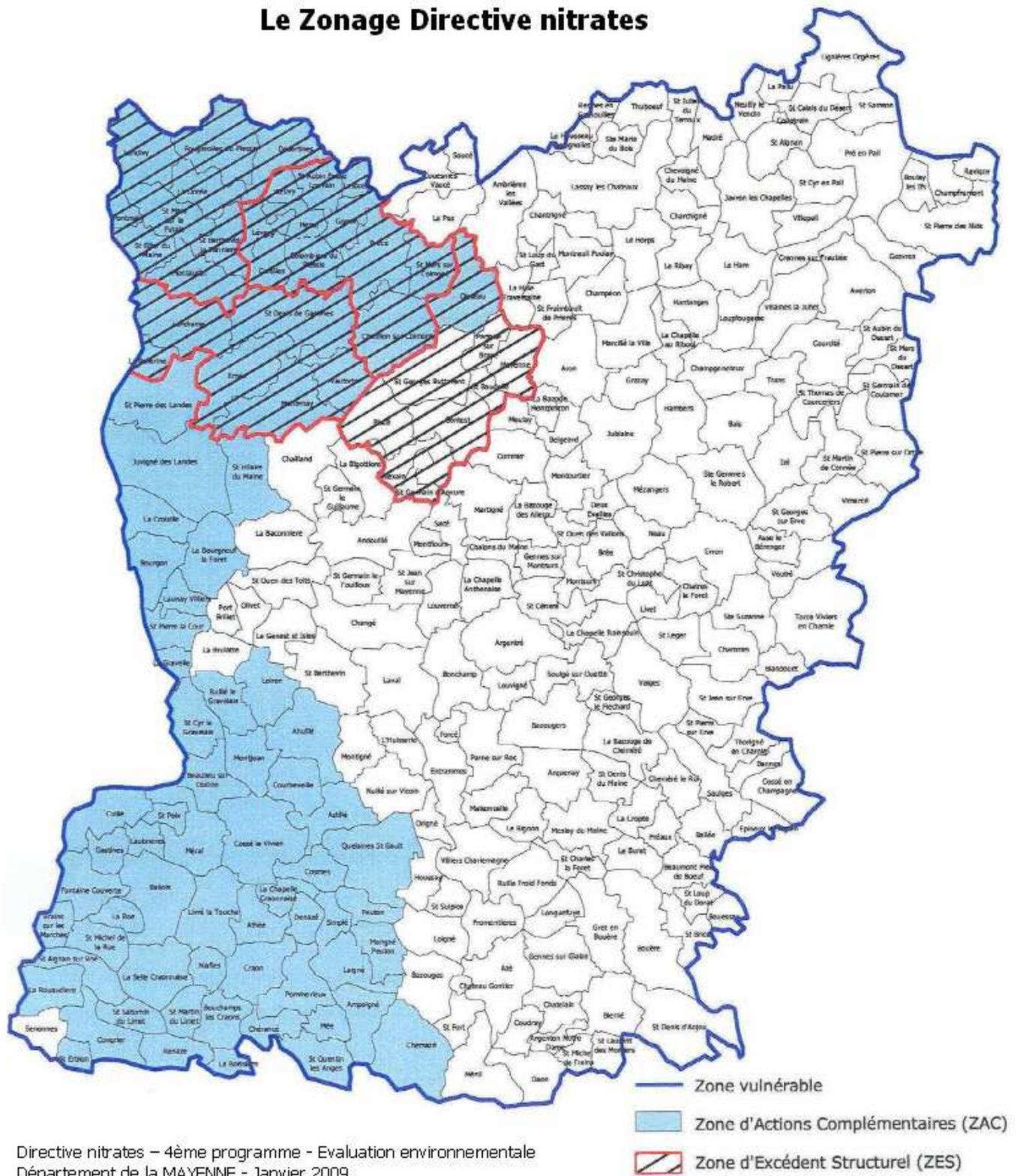
Annexe n° 13 :



## Répartition des Projets Agricoles Potentiels en Voie Sèche



## Le Zonage Directive nitrates



Directive nitrates – 4ème programme - Evaluation environnementale  
Département de la MAYENNE - Janvier 2009

**Annexe n° 15 :**

**Surfaces nécessaires à l'épandage du digestat**

Code_insee	Cantons	Surfaces disponibles		Surfaces nécessaires pour une année		Surfaces nécessaires sur trois ans	
		Cultures	Prairies	Cultures	Prairies	Cultures	Prairies
		01	Ambrières-les-Vallées	5526	5040	165	165
02	Argentré	5468	5977	185	185	555	555
03	Bais	7968	8896	280	280	840	840
04	Bierné	7409	5341	356	356	1 068	1 068
05	Chailland	10421	11825	536	536	1 609	1 609
06	Château-Gontier-Ouest	7368	3961	295	295	884	884
07	Cossé-le-Vivien	10393	6405	371	371	1 112	1 112
08	Couptrain	5757	6742	297	297	891	891
09	Craon	10156	7064	432	432	1 296	1 296
10	Ernée	7925	8759	288	288	864	864
11	Évron	5141	9369	261	261	784	784
12	Gorron	7774	8037	348	348	1 045	1 045
13	Grez-en-Bouère	7116	5698	345	345	1 034	1 034
14	Le Horps	5861	6174	183	183	550	550
15	Landivy	7365	8735	354	354	1 062	1 062
16	Lassay-les-Châteaux	5469	3555	185	185	554	554
17	Laval-Nord-Est	604,8	582,8	39	39	117	117
18	Laval-Nord-Ouest	604,8	582,8	41	41	122	122
19	Loiron	9033	8752	513	513	1 539	1 539
20	Mayenne-Est	7477	8605	380	380	1 139	1 139
21	Mayenne-Ouest	6589	5463	278	278	833	833
22	Meslay-du-Maine	10778	7495	455	455	1 366	1 366
23	Montsûrs	4310	5776	140	140	421	421
24	Pré-en-Pail	3809	5023	110	110	331	331
25	Saint-Aignan-sur-Roë	8431	6322	469	469	1 408	1 408
26	Sainte-Suzanne	4852	7576	324	324	973	973
27	Villaines-la-Juhel	6441	6246	289	289	868	868
28	Laval-Est	604,8	582,8	34	34	102	102
29	Laval-Sud-Ouest	604,8	582,8	35	35	106	106
30	Laval-Saint-Nicolas	604,8	582,8	32	32	97	97
31	Château-Gontier-Est	4011	2792	311	311	932	932
32	Saint-Berthevin	4919	4617	156	156	467	467
	<b>TOTAL</b>	<b>190 791</b>	<b>183 149</b>	<b>8 489</b>	<b>8 489</b>	<b>25 467</b>	<b>25 467</b>