

INTRODUCTION

La Basse Normandie est une région où l'activité équine est dynamique avec des zones où la densité de chevaux est la plus forte de France. Compte tenu du nombre croissant de chevaux, les structures hippiques sont de plus en plus souvent confrontées au problème d'évacuation du fumier de cheval.

Ce produit avait autrefois une valeur marchande auprès des champignonnières, des pépiniéristes, des horticulteurs... Cependant, ce type de marché perd de son importance et le fumier trouve aujourd'hui de moins en moins de preneurs. De plus, les autorités gouvernementales prennent de plus en plus conscience des problèmes environnementaux qui amènent des règlements en matière de stockage de fumier de plus en plus contraignants, l'interdiction de le brûler et des restrictions d'épandage. L'évacuation du fumier de cheval constitue donc une problématique importante pour les exploitations qui ne disposent pas de solution en interne et cela amène à s'interroger sur la création de nouveaux modes d'évacuation et de valorisation de ce fumier.

Ayant une valeur agronomique certaine mais aussi une valeur énergétique, le fumier pourrait être évacué non pas comme un déchet comme la réglementation l'entend mais dans le but d'être valorisé.

C'est dans cette perspective que le Conseil des Chevaux de Basse Normandie a demandé la réalisation d'une étude technico-économique des filières de valorisation du fumier de cheval sur la région Basse Normandie. L'objectif de ce mémoire est donc de mettre en évidence les différents gisements potentiels de ce fumier et les différentes voies par lesquelles il pourrait être valorisé (agronomique et énergétique).

Pour cela, nous nous intéresserons dans un premier temps aux différentes caractéristiques du fumier de cheval afin d'élaborer le questionnaire d'évaluation de la quantité produite par cheval et par an et ainsi déterminer les gisements potentiels de développement d'une plateforme de valorisation. Par la suite, nous aborderons le contexte de l'étude afin de mettre en évidence la problématique du fumier de cheval. Puis nous évoquerons la méthodologie d'étude appliquée à cette problématique pour enfin terminer par une analyse succincte des résultats statistiques obtenus par l'enquête suivit de l'étude technique et économique des différentes filières de valorisation du fumier de cheval.

I. LE FUMIER DE CHEVAL ET L'ENVIRONNEMENT.

1. Définitions du fumier.

D'après le Larousse Agricole (2003), « le fumier est un mélange solide de déjections animales et de litière, la plus prisée étant la paille de blé. Le fumier est utilisé comme amendement organique». Cet engrais de ferme peut être défini plus précisément comme «un mélange plus ou moins décomposé de litière et de déjections animales, dont le taux de matière sèche varie entre 20 et 30%. C'est un produit hétérogène dans lequel la paille et les déjections solides sont bien individualisées» (Leclerc, 1995).

2. La production de fumier de cheval.

La production de fumier équin est très aléatoire et reste très difficile à évaluer (tableau 1 ci-contre). D'une part, les conditions environnementales d'élevage ne sont pas homogènes. D'autre part, la physiologie propre à chaque cheval fait que les quantités excrétées par animal ne sont pas identiques et ce d'autant plus que la quantité d'aliment ingérée est importante (figure 1 ci-contre).

On estime que la quantité de fumier peut varier, d'à peine 4 tonnes par an et par cheval à plus de 15 tonnes, en fonction du poids des animaux, de la quantité et du type de litière (annexe 1-tableau 1) et des heures de présence en boxes, données très contrastées en fonction du type de structure.

Quant aux urines, la production peut s'estimer à environ 4 litres par cheval et par jour, soit de 1 à 1,5 m³ par cheval et par an. Cette quantité est absorbée par la litière et participe à la constitution du fumier (de la Farge, 1995).

3. Les caractéristiques du fumier de cheval.

31. La composition et les valeurs agronomiques du fumier de cheval.

Le fumier est un engrais organique et un amendement humique contenant des éléments nutritifs tels que l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) ainsi que du soufre, du calcium, du magnésium, du cuivre, du fer, du bore, du zinc, du sélénium, de l'iode, du cobalt, du chlore, du chrome et du molybdène en quantité moindre (Laurency, 2001). Chaque fumier a sa propre valeur agronomique selon l'espèce animale à laquelle il appartient (annexe 1 - tableau 2) selon le type et le poids des animaux (annexe 1 - tableau 3) et selon les conditions environnementales d'élevage (alimentation, type et quantité de litière, fréquence de curage et temps de stockage). Le tableau 2 ci-contre nous présente la composition et les valeurs agronomiques du fumier équin de différents auteurs.

32. Les parasites du fumier équin.

Les chevaux sont principalement parasités par les grands strongles et les petits strongles (les plus courants), les ascaris, les gastérophiles et les cestodes (Mage *et al.*, 1995). Ces parasites présentent des cycles biologiques de développement complexes en deux phases, exogène et endogène avec pour certains (Spiures ou Ténias), la présence d'un hôte intermédiaire.

L'incidence économique et sanitaire due à ces pathologies est conséquente pour l'exploitation et les éleveurs de chevaux ne peuvent désormais plus supporter des charges trop importantes. Une bonne gestion du fumier apporterait certainement des améliorations dans la maîtrise de la pression parasitaire. En effet, le fumier de cheval, bien souvent stocké dans de mauvaises conditions, comme par exemple en bordure de prairie sur sol nu, peut être un facteur important de contamination des pâtures. Le délitage et le ruissellement des déjections animales causé par les pluies (abondantes dans la région) disséminent les œufs sur la pâture qui peuvent ainsi entamer leur cycle biologique de développement.

De même, l'épandage du fumier sur les pâtures peut être lui aussi un facteur de contamination des prairies en disséminant les œufs sur toute la surface. Le fumier se décompose par fermentation

avec une élévation de température qui permet d'éliminer les œufs de parasites si celle-ci est assez élevée. Or cette température est parfois insuffisante et ne permet pas d'éliminer les œufs qui peuvent par conséquent se retrouver lors de l'épandage sur les prairies augmentant ainsi le risque d'infester les animaux.

4. Le Règlement Sanitaire Départemental.

Le Règlement Sanitaire Départemental (RSD, 1973) ne concerne pas spécifiquement les chevaux. Il englobe l'ensemble des espèces domestiques hormis les lapins et les volailles.

Selon l'arrêté du 24/12/02 de la direction de la prévention des pollutions et des risques, « les effluents d'élevage sont des déjections liquides ou solides, ainsi que les fumiers, les eaux de pluies qui ruissellent sur les aires découvertes accessibles aux animaux et les eaux usées issues de l'activité d'élevage ».

L'article 155 du RSD concernant l'évacuation et le stockage des fumiers, stipule que les litières provenant des logements des animaux doivent être évacuées dès que cela est nécessaire et que le lieu de stockage de ces fumiers ne doit pas entraîner de pollution des ressources en eaux.

«L'implantation du dépôt (figure 2 ci-contre) doit satisfaire aux prescriptions relatives à un périmètre de protection d'au moins 35 mètres, des berges des cours d'eau, rivières, sources, puits, captages ou prises d'eau, ou de toute installation souterraine ou semi-enterrée utilisée pour le stockage des eaux destinées à l'alimentation en eau potable ou à l'arrosage des cultures maraîchères. Ce périmètre de protection de 35 mètres est également «applicable à la distance réglementaire vis-à-vis des habitations, des zones de loisirs ou de tout établissement recevant du public. Tout dépôt situé à proximité des voies de communication est interdite ».

La circulaire du 24/12/02, relative à la protection des eaux contre la pollution par les nitrates d'origine agricole ou provenant de sources agricoles, dit que « tout rejet d'effluents dans les eaux souterraines ainsi que tout rejet d'effluents non traités dans les eaux superficielles douces et marines est strictement interdit ». L'arrêté de cette circulaire concerne également la protection et la mise en valeur du paysage, en effet, « les exploitants ont le devoir de prendre des dispositions appropriées afin d'intégrer au mieux leur élevage dans le paysage ».

Actuellement, au niveau des directives européennes de mises aux normes, il n'y a pas d'intégration des éleveurs, entraîneurs ou centres équestres qui ne possèdent pas aujourd'hui les infrastructures nécessaires au bon stockage du fumier. Si ces normes devenaient « applicables », ces acteurs seraient contraints d'investir massivement dans des structures adaptées. Face à cette menace, la mise en place d'une filière de valorisation du fumier de cheval s'avère être une solution indispensable pour les professionnels du secteur. En effet, les exploitants équins n'investiraient que dans des structures de stockage moins importantes et seraient régulièrement débarrassés de leur fumier.

II. OBJET DU PROGRAMME D'ETUDE APPLIQUEE.

1. Le fumier, avant tout un déchet « organique ».

Selon la loi du 15 juillet 1975, est considéré comme constituant un **déchet** « *tout résidu d'un processus de production, de transformation ou d'utilisation, toute substance, matériau ou produit, ou plus généralement tout bien meuble abandonné ou que son détenteur destine à l'abandon* ».

Cette définition est complétée par la **notion de déchet ultime**: « *un déchet résultant ou non d'un traitement d'un déchet, qui n'est plus susceptible d'être traité dans des conditions techniques et économiques du moment, notamment par extraction de la part valorisable ou par réduction de son caractère polluant ou dangereux* » et précisée par la circulaire d'avril 98 « *les déchets ultimes sont les déchets dont on a extrait la part récupérable ainsi que les divers éléments polluants comme les piles et accumulateurs* ».

La définition de « déchets organiques » n'est pas établie en tant que telle dans la réglementation mais la liste des déchets de ce type auxquels il est fait référence par ce terme peut être déduite de l'analyse de la nomenclature des déchets du 11 novembre 1997. Ce sont l'ensemble des résidus ou sous-produits organiques engendrés par l'agriculture, les industries agroalimentaires ou les collectivités répondant à la définition « déchet » ci-dessus.

La notion de déchet est subjective. Un déchet est un résidu que les hommes jugent inutile dans un contexte donné, autrement dit, le fumier de cheval qui n'est pas utilisé comme amendement organique sur les terres est un déchet.

2. Mais aussi considéré comme de la « biomasse ».

Selon l'article 29 de la loi de programmation sur l'énergie du 13/07/2005 : *La biomasse est la fraction biodégradable des produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture, y compris les substances végétales et animales, de la sylviculture et des industries connexes ainsi que la fraction biodégradable des déchets industriels et ménagers.*

3. Des effectifs qui vont croissant.

Comme nous le montre les données d'immatriculations des chevaux de race enregistrées par le SIRE (figure 3 ci-contre), on peut voir très distinctement que les effectifs d'équidés, durant ces trente dernières années, ont considérablement augmenté. Malgré une nette diminution ces deux dernières années, le nombre de chevaux présents sur la région amène des quantités d'effluents d'élevage importantes à gérer que les éleveurs souhaitent valoriser.

4. Un Code de Bonnes Pratiques Agricoles imminent.

Dans le cadre général du Code de Bonnes Pratiques Agricoles et la filière équine faisant maintenant partie intégrante de l'agriculture (la Loi de finances 2004 ayant inscrit au régime des bénéfices agricoles toutes les activités liées au cheval), celle-ci est soumise à un certain nombre de règles (stockage des déjections, cahier d'épandage...) applicables dans un proche avenir. En effet, les questions environnementales occupent une place centrale dans l'évolution générale de la réglementation et en particulier dans la politique agricole commune (PAC), qui veille à la fois à

l'intégration des considérations environnementales dans les règles de la PAC et au développement de pratiques agricoles respectueuses de l'environnement et du paysage. Le cheval, quoique relevant de l'agriculture, n'a ni encadrement ni protection au titre de la PAC. La réforme de la PAC de 2003 a mis davantage l'accent sur l'écoconditionnalité, qui est devenue obligatoire pour les agriculteurs et risque de le devenir pour les éleveurs de chevaux. La mise en place de directives européennes serait un coup porté aux éleveurs qui ne possèdent pas les infrastructures nécessaires à la bonne gestion de leurs effluents.

De plus, il existe plusieurs types de fumier surtout dans l'élevage de chevaux avec une utilisation de différentes litières n'ayant pas toutes les mêmes caractéristiques à l'épandage. En élevage de pur-sang par exemple, l'utilisation de paille en grande quantité comme litière avec un entretien des installations journalier amène à produire un fumier très pailleux non épandable en l'état. Il doit être par conséquent associé à d'autres matières organiques comme le fumier de bovin ou être composté.

5. Des débouchés traditionnels de valorisation qui se tarissent.

Les éleveurs de chevaux avaient jusqu'ici des débouchés et une valorisation économique de leur fumier au travers des champignonnières essentiellement (en 1998, le fumier était encore racheté environ 160 francs la tonne (24,50€/tonne) au transporteur) mais aussi des horticulteurs et des maraîchers. A titre indicatif, il faut environ 2100 tonnes de fumier pour produire 650 tonnes de champignons.

Mais la production a chuté, en 2004 la France produisait 170 000 tonnes de champignons contre 210 000 en 1994 (Figure 4 ci-contre). Cette chute de la production est due à la concurrence de la Hollande, de la Chine et des pays de l'Est avec la mise au point de cultures en chambres industrielles et à la diminution de la consommation de champignons. Tout ceci a entraîné de profondes modifications techniques et institutionnelles de la filière. Par conséquent, les stocks ont augmenté de 40% passant de 18000 tonnes en 1998 à 48000 tonnes en 2002. Les champignonnières françaises sont donc en perte de vitesse et plusieurs entreprises ont déjà « disparu ». Aujourd'hui, 130 exploitations agricoles spécialisées assurent la production française de champignon qui se situe au 2ème rang européen.

Les horticulteurs et maraîchers se sont tournés quant à eux vers l'utilisation d'un compost végétal à un prix 10 fois moins élevé que celui du fumier de cheval.

6. Une évacuation de plus en plus difficile.

L'évacuation du fumier de cheval est un problème pour l'ensemble des structures hippiques (Genty, 2001). L'enlèvement est un réel problème surtout pour les structures hippiques situées en zone périurbaine ou en centre ville comme c'est le cas pour certains Haras nationaux (Baudouin, 2001). En France, certains élevages arrivent encore à se faire enlever le fumier gratuitement, mais la proportion d'éleveurs payant le ramassage du fumier augmente chaque année. Les éleveurs n'arrivant pas à évacuer leur fumier, et ce même en le donnant sont contraints parfois de le brûler, malgré sa valeur fertilisante et l'interdiction de procéder ainsi (Genty, 2001). Une enquête interne des Haras nationaux a confirmé cette situation en comparant les modalités de ramassage du fumier dans 23 dépôts d'étalons

entre 1994 et 1998. Il en ressort qu'en 1994, 75% des dépôts vendaient ou donnaient leur fumier alors que 4 ans plus tard, plus d'un tiers des dépôts payait pour l'enlèvement du fumier.

Ainsi, les éleveurs auparavant rémunérés pour leur fumier sont aujourd'hui contraints de payer son enlèvement. Le transport du fumier représente une charge supplémentaire pour l'exploitation s'expliquant par des coûts de manutention élevés. D'une part, les éleveurs ne sont bien souvent pas équipés de matériel approprié pour le chargement de leur fumier. D'autre part, la densité du fumier très aléatoire (très pailleux à peu pailleux) amène à transporter par exemple 15 tonnes de fumier dans une benne pouvant en contenir 25.

7. Problématique.

Pour résumer, les producteurs de fumier s'estiment désormais pris en otage avec un fumier de plus en plus envahissant, des conditions d'enlèvement de plus en plus strictes, des normes sanitaires et environnementales grandissantes et des débouchés traditionnels de valorisation qui se tarissent peu à peu. La mise en place de nouvelles filières de valorisation pérennes dans le temps et permettant un enlèvement régulier du fumier de cheval à moindre coût permettrait de répondre et d'anticiper les attentes de l'ensemble des professionnels de la région.

La filière équine occupe une place importante dans l'économie bas-normande ainsi que dans l'occupation de l'espace et la valorisation du territoire. Tous les secteurs sont implantés dans la région (courses, selle et trait...) où particuliers, éleveurs amateurs, micro-entreprises et grandes structures se côtoient. Le fumier, auparavant valorisé et rémunérateur pour les éleveurs de chevaux représente aujourd'hui une charge supplémentaire non négligeable pour l'exploitation. La question est de savoir comment la filière équine à l'équilibre économique fragile peut-elle faire face à une perte de valorisation de son fumier ? Ma mission, par une approche agronomique globale sera de réaliser une étude inventoriant toutes les solutions techniques et économiquement viables pour valoriser les ressources régionales de fumier de cheval afin d'accompagner durablement l'activité équine au sein de la région.

III. METHODOLOGIE.

1. Objectifs.

Face à une activité équine croissante et à la disparition progressive des solutions concernant la prise en charge du fumier de cheval à l'état brut, le tout couplé à une application imminente des normes environnementales relatives aux Directives Européennes, le Conseil des Chevaux de Basse-Normandie et le Pôle de compétitivité Filière Equine ont demandé la réalisation d'une étude technico-économique des filières de valorisation des ressources régionales de fumier de cheval permettant d'aider les éleveurs à trouver un débouché technique et économiquement viable à long terme (Représentation schématique de la démarche méthodologique figure 5 ci-contre).

2. Méthodologie d'enquête.

21. Mode de traitement des données.

Après un premier temps de familiarisation avec le protocole d'étude, j'ai rencontré par entretien semi-directif les différents partenaires (annexe 2) afin d'effectuer un état des lieux et de définir les besoins nécessaires au bon développement du projet. Il en est ressorti qu'une étude des gisements était nécessaire afin de déterminer les quantités de fumier produites sur la région. Par la suite, une recherche bibliographique sur la production de fumier a permis d'estimer de manière exhaustive la quantité produite par animal et par an permettant l'élaboration du questionnaire d'enquête (annexe 3).

a) L'élaboration du questionnaire d'enquête.

Suite au recueil des données bibliographiques, un questionnaire d'enquête portant sur la production annuelle des effluents d'élevages a été réalisé en fonction de l'effectif moyen annuel de chevaux, du temps de présence en bâtiment et de la quantité de litière consommée (figure 6 ci-contre).

b) Validation du questionnaire.

Un échantillon d'une trentaine d'éleveurs, entraîneurs et centres équestres a reçu ce questionnaire. 12 réponses ont été obtenues ce qui a permis d'apporter les corrections qui s'avéraient nécessaires, tel que l'ajout de questions concernant l'engagement de fourniture du fumier, le financement de l'évacuation du fumier et le temps de présence en bâtiment basé sur trois périodes de l'année (printemps, été, hiver).

c) La diffusion des enquêtes.

Le choix de la diffusion des enquêtes par courrier a été retenu afin d'être le plus exhaustif possible. 1501 enquêtes ont été envoyées auprès des élevages de plus de 5 juments saillies, des entraîneurs galop et trot et des centres équestres sur les trois départements que compte la région : l'Orne, le Calvados et la Manche. Les éleveurs de moins de 5 juments saillies ont été volontairement écartés jugeant que leur production de fumier n'était pas problématique dans leur gestion. La totalité des enquêtes a été envoyée tardivement en raison de difficultés logistiques avec un retour autorisé jusqu'au 20 Juillet 2006.

22. Analyse des résultats.

A partir des données collectées, une base de données Tableur Excel a été élaborée afin de réaliser un certain nombre d'analyses statistiques (monovariées, bivariées, et multivariées) permettant de réaliser une typologie des exploitations équine qui rencontrent des problèmes de gestion et de trouver un rapport entre production de fumier de cheval et nombre de chevaux. Ces analyses statistiques ont été effectuées à partir du logiciel informatique SPAD qui a permis de réaliser un certain nombre de mappings représentatifs de la situation actuelle. A partir de ces données recueillies, une cartographie utilisant les technologies SIG (Système d'Information Géographique) et représentant les gisements de fumier sur la région va être élaborée en partenariat avec les services du Conseil Régional

de Basse-Normandie. Cette cartographie permettra d'avoir une vue d'ensemble de la production de fumier avec les gisements les plus importants sur la région afin d'élaborer par la suite un schéma de développement local et/ou régional des filières de valorisation du fumier de cheval.

3. Méthodologie d'étude des filières de valorisation du fumier.

Parallèlement à l'enquête, une recherche bibliographique ainsi que de nombreux contacts téléphoniques et entretiens semi-directifs avec les professionnels de la valorisation des effluents d'élevage ont été effectués. 4 filières de valorisation présentées dans la dernière partie du mémoire ont été retenues : le compostage, la combustion (chaudière), la méthanisation et la gazéification. Une filière supplémentaire sur l'utilisation d'une nouvelle litière à base de fibres d'épeautre réduisant considérablement les volumes d'effluents et permettant d'être épandu sur les terres à l'état brut n'a pas été développée ici mais mériterait néanmoins d'être approfondie (Magiclitière).

IV. RESULTATS DE L'ENQUETE ET ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE DES FILIERES DE VALORISATION DU FUMIER.

1. Résultats statistiques.

L'ensemble des résultats statistiques est présenté dans un rapport annexé (annexe 4) au mémoire. Les réponses obtenues nous ont permis de dégager une typologie des exploitations avec les entraîneurs, les centres équestres et les élevages.

LES ENTRAINEURS :

- ☞ possèdent en moyenne 25 chevaux et produisent 160 tonnes de fumier en moyenne.
- ☞ ont majoritairement des chevaux de race « trotteur » (78%), très peu d'entraîneurs de chevaux de race pur sang ont répondu au questionnaire d'enquête.
- ☞ utilisent principalement de la paille comme litière (98%) avec un entretien journalier des installations ce qui amène des quantités de fumier importantes à gérer.
- ☞ sont prêts à fournir leur fumier dans une démarche collective de valorisation (68%).
- ☞ valorisent actuellement leur fumier auprès d'un voisin agriculteur mais cette voie de valorisation simplement basée sur le bon vouloir des agriculteurs n'est pas pérenne à long terme.
- ☞ 44% d'entre eux rencontrent des difficultés de gestion de leur fumier pour une moyenne de 28 chevaux. Autrement dit, les entraîneurs qui possèdent plus de 28 chevaux ont des problèmes de gestion. On peut donc considérer qu'avec une voie de valorisation non viable dans le temps et une moyenne générale de 25 chevaux/entraîneur, tous se trouveront concerner par des difficultés de gestion. Dans le cadre d'une démarche collective de valorisation du fumier de cheval, il s'avère donc nécessaire de considérer l'ensemble des entraîneurs.
- ☞ ne sont pas prêts à financer l'évacuation de leur fumier (88%).

LES CENTRES EQUESTRES :

- ☞ possèdent en moyenne 29 chevaux et produisent 198 tonnes de fumier en moyenne.
- ☞ ont majoritairement des chevaux de « selle » (79%) et des poneys (48%),

- ☞ utilisent principalement de la paille comme litière (93%) avec un entretien journalier des installations ce qui amène des quantités de fumier importantes à gérer. On peut également remarquer que les centres équestres avec un pourcentage non négligeable (24%) utilisent des copeaux de bois comme litière. Cette utilisation de plus en plus courante laisse sous entendre des difficultés de gestion de leur fumier de plus en plus prononcées. En effet, les centres équestres, possédant peu de surfaces ne peuvent pas valoriser leur fumier sur leurs terres. Ils se retrouvent donc contraints d'utiliser ce type de litière afin de limiter les quantités trop importantes que procure la paille et ce malgré les valeurs de bien-être animal reconnues (la paille est ingérée par l'animal et permet de l'occuper tout au long de la journée).
- ☞ sont prêts à fournir leur fumier dans une démarche collective de valorisation (86%).
- ☞ valorisent actuellement leur fumier auprès d'un voisin agriculteur (45%) mais cette voie de valorisation simplement basée sur le bon vouloir des agriculteurs n'est pas pérenne à long terme. De même, certains d'entre eux, principalement situés en région urbaine ont recours aux services d'un transporteur (20%).
- ☞ 48% d'entre eux rencontrent des difficultés de gestion de leur fumier pour une moyenne de 35 chevaux. Autrement dit, les centres équestres qui possèdent plus de 35 chevaux ont des problèmes de gestion. On peut donc considérer qu'avec une voie de valorisation non viable dans le temps et une moyenne générale de 29 chevaux/centre équestre, tous se trouvent concernés par des difficultés de gestion. Dans le cadre d'une démarche collective de valorisation du fumier de cheval, il s'avère donc nécessaire de considérer l'ensemble des centres équestres.
- ☞ ne sont pas prêts à financer l'évacuation de leur fumier (86%).

LES ELEVAGES :

- ☞ possèdent en moyenne 59 chevaux et produisent 309 tonnes de fumier en moyenne.
- ☞ ont majoritairement des chevaux de race « pur-sang et trotteur » (respectivement 48% et 45%).
- ☞ utilisent principalement de la paille comme litière (98%) avec un entretien journalier des installations ce qui amène des quantités de fumier importantes à gérer.
- ☞ sont prêts à fournir leur fumier dans une démarche collective de valorisation (75%).
- ☞ valorisent actuellement leur fumier sous différentes formes de valorisation avec dans l'ordre : épandage, agriculteur, transporteur et compostage.
- ☞ 46% d'entre eux rencontrent des difficultés de gestion de leur fumier pour une moyenne de 82 chevaux. Autrement dit, les élevages qui possèdent plus de 82 chevaux ont des problèmes de gestion. On peut donc dire que seuls les élevages possédant plus de 82 chevaux en moyenne sont à considérer dans une démarche collective de valorisation de leur fumier. A ce titre, une cartographie sommaire des élevages susceptibles de posséder plus de 82 chevaux (figure 7 ci-contre) nous permet de voir qu'ils sont concentrés au nord-est de la région. En appliquant un rapport de production de fumier en fonction du nombre de chevaux, on peut estimer la production de fumier à 13 000 tonnes. Au vu des conclusions précédentes, à savoir que l'ensemble des entraîneurs et centres équestres sont à considérer dans une démarche collective de valorisation

du fumier de cheval, le tonnage susceptible d'être présent sur cette zone s'avère conséquent. Le développement d'une unité de valorisation du fumier de cheval s'avère donc envisageable. Néanmoins, un travail cartographique afin de voir la situation géographique des entraîneurs et des centres équestres ainsi qu'un travail de terrain afin de déterminer le tonnage de fumier (à partir du nombre de chevaux) et l'engagement de fourniture du fumier des structures hippiques s'avèrent indispensables au bon développement du projet qui sera envisagé.

☞ ne sont pas prêts à financer l'évacuation de leur fumier (86%).

Cette enquête nous a permis de mettre en évidence les structures hippiques qui rencontrent des difficultés de gestion. A partir de ces résultats, différentes voies de valorisation possibles du fumier de cheval ont été étudiées et vont être détaillées ci après.

2. Etude technico-économique des filières de valorisation des ressources régionales de fumier de cheval en Basse-Normandie.

21. Le compostage (annexe 5).

a) Principe.

Le principe (figure 8 et 9 ci-contre) est simple et consiste en une décomposition et une transformation contrôlées de déchets organiques biodégradables d'origine végétale et/ou animale, sous l'action de populations microbiennes diversifiées évoluant en milieu aérobie. Il se décompose en deux phases principales (figure 10 ci-contre) :

☞ **Une phase de fermentation / décomposition (mésophile, Thermophile, Refroidissement)** : dégradation rapide de la matière organique fraîche par les micro-organismes avec dégagement de chaleur permettant, par un maintien de la température à 60°C pendant 4 jours, l'hygiénisation du compost. Cette activité bactérienne nécessite un approvisionnement en eau et en oxygène important. Elle s'étend sur une durée qui varie de quelques jours à quelques semaines. On observe, suite aux réactions métaboliques de dégradation, une réduction du volume (30 à 50 %) et de la masse (40 à 60 %) du tas de compost, par perte d'eau et de gaz carbonique.

☞ **Une phase de maturation** : biosynthèse de l'humus très lente, ne nécessitant ni eau, ni oxygène et pouvant durer plusieurs mois, selon le degré de maturation souhaitée. Au bout de quelques semaines, le produit obtenu est un compost jeune, qui évoluera avec le temps de stockage vers une structure proche de l'humus, au terme d'un processus d'environ 6 mois.

Remarque : il est nécessaire d'effectuer un certain nombre de retournements des andains afin de dégrader l'ensemble du produit et d'obtenir un compost plus homogène (figure 11 ci-contre).

b) Références.

Beaucoup de références existent sur le compostage mais non spécifiques au fumier de cheval. Néanmoins, deux guides ainsi qu'un site internet sur la gestion du fumier de cheval existent :

☞ Steven WISBAUM en 2002 édite The horse owner's guide to composting, qui présente un protocole à suivre pour composter son fumier en fonction du nombre de chevaux que l'on possède,

☞ WHEELER *et al.*, en 2002 édite Horse Stable Manure Management, qui présente un protocole technique de la gestion du fumier de cheval allant de l'implantation des bâtiments jusqu'au compostage,

☞ « *Manure and Pasture Management for Recreational Horse Owners* ». 2000
<http://www.extension.umn.edu/distribution/naturalresources/DD7540.html> WEGNER, D., HALBACH, R., présente un protocole technique de la gestion des pâtures et du fumier de cheval.

c) Economie de projet.

L'investissement sur une plateforme de compostage (tableau 3, 4 et 5 ci-contre) peut extrêmement varier en fonction du degré d'équipement que l'on acquiert. Néanmoins, d'après les simulations économiques réalisées en annexe 5, on peut voir que le coût de revient pour une plateforme de compostage de 1500 tonnes par an varie de 136 à plus de 1000 € par tonne traitée (ce qui paraît peu envisageable pour une exploitation équine) et de 51 à 181 € pour une unité de 10 000 tonnes par an (Biomasse Normandie).

Concernant la valorisation de ce compost, on peut voir que le coût de revient pour les petites unités est plus élevé ce qui amène des prix de vente conséquents pour le consommateur. Il apparaît donc évident que la meilleure valorisation possible d'un compost pour les petites structures soit agronomique sur les propres terres de l'exploitant. En revanche, sur les unités de forte production, le coût de revient par tonne traitée s'avère beaucoup moins prohibitif et une solution de valorisation par la vente est envisageable. Néanmoins, la filière équine étant soumise depuis peu au régime agricole a désormais la possibilité de créer des formes sociétaires de type CUMA. Ces CUMA peuvent permettre aux éleveurs de s'associer et de créer ainsi des plateformes de compostage plus importantes amenant en aval des possibilités de valorisation économique plus abordable auprès des particuliers, des collectivités, des agriculteurs, des jardinerie ou encore des pépiniéristes...

d) Atouts et faiblesses du compostage.

<u>ATOUS</u>	<u>FAIBLESSES</u>
☞ Désodorisation	☞ Demande de la technicité, un lieu de stockage et des équipements
☞ Valorisation agronomique	☞ Le processus est long
☞ Réduction des volumes	☞ Accroît la charge de travail
☞ Assainissement des adventices, parasites et germes pathogènes	☞ Peut nécessiter de gros investissements
☞ Épandage facilité	☞ Peut nécessiter l'ajout d'adjuvants, activateurs et additifs
☞ Pas de pertes d'appétence pour le bétail	

e) Conclusion.

L'intérêt du compostage est essentiellement agronomique et environnemental : on traite le fumier en améliorant ses qualités fertilisantes pour une valorisation postérieure sur les cultures ou les prairies en place, mais aussi économique : moins de temps d'épandage par diminution du volume et donc moins de coût. Néanmoins, vu l'hétérogénéité des fumiers rencontrés sur la région et malgré des vertus agronomiques prouvées, une phase expérimentale s'avère indispensable afin de déterminer le processus et les différents paramètres à respecter sur la production d'un bon compost réalisé à partir de fumier de cheval.

22. La combustion.

a) Principe.

Le principe (figure 12 ci-contre) est simple et consiste à incinérer le fumier de cheval qui a un Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) d'environ 2000 kWh/t seul ou en mélange, dans un four (figures 13 ci-contre) spécialement conçu pour ce type de combustible. Cette incinération permet de produire de la chaleur qui peut être utilisée par l'exploitant pour chauffer ses bâtiments (figure 14) et de l'électricité qui peut être revendu à EDF selon un tarif spécifique. On s'intéresse ici à des petites structures de type chaudière pour une exploitation mais aussi aux unités plus importantes du type UIOM (Unités d'Incinération des Ordures Ménagères permettant de produire de l'électricité et/ou d'alimenter un réseau de chaleur).

b) Références.

ONYX aujourd'hui devenu VEOLIA exploite en Asie à Macau une usine d'incinération dans laquelle le fumier de cheval représente environ 5% des déchets incinérés. Sur l'hypothèse d'une unité d'une capacité de 50 000 tonnes de fumier de cheval par an et sur la base d'un PCI moyen de 2000 kWh/t de fumier avec un rendement de 80% la combustion du fumier permettrait de produire environ 80 000 MWhe (Méga Watt heure électrique) / an sous forme de vapeur Haute Pression. La détente de cette vapeur dans une turbine à vapeur avec un soutirage de 3 MW permettrait de générer environ 17 600 MWhe par an (le rendement pour ce type d'installation étant faible, 22%).

Selon SCHLOSMACHER de la société Intertec fabricant de chaudières individuelles, ce type de combustible brûle très bien qui plus est du fumier de cheval réputé très pailleux. Toutefois, cette particularité pose les problèmes suivants :

- ☞ problèmes de corrosion dus à la présence de chlore,
- ☞ problèmes de l'alcalinité des cendres qui fondent à basse température et se colmatent sur les faisceaux,
- ☞ encrassement des faisceaux dû à un taux de cendre élevé,
- ☞ stratification des parois due à la présence de silice d'où la nécessité d'avoir un foyer en inox réfractaire.

Mais, comme nous l'avons vu en introduction de ce rapport, le fumier est considéré comme un déchet et l'incinération de ce type de produit est interdite du fait des objectifs imposés par la Directive Européenne 2000/76 CE qui dit:

- ☞ les risques de rejets atmosphériques de dioxine ne doivent pas être supérieurs à 0,1 ng/Nm³ (Normaux mètres cubes : Débit réel ramené aux conditions normatives 0°C et 1 bar absolu),
 - ☞ les risques de rejets atmosphériques de poussières ne doivent pas être supérieurs à 50 mg/Nm³.
- Il est à noter que le concept STERCUS (intertec) présenté ici a été testé sur la valorisation énergétique de fientes de volailles et répond entièrement à ces exigences avec un taux de dioxine inférieur à 0,1 ng/Nm³ (grâce à un dôme anti-dioxine) et un taux de filtration des poussières se situant aux alentours de 10 mg/Nm³.

c) Economie de projet.

L'investissement pour une installation de cogénération fonctionnant à partir du fumier de cheval avec une capacité de 50 000 tonnes / an est estimé à environ 15 000 k€.

Ce type d'installation bénéficie d'une obligation d'achat d'électricité produite sur la base d'un contrat conclu pour une durée de 15 ans. Toutefois, il existe un flou concernant l'arrêté à appliquer pour une installation fonctionnant à partir de fumier de cheval, selon que l'on considère ce produit comme étant un déchet ou de la biomasse :

- ☞ Arrêté du 16 Avril 2002 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal l'énergie dégagée par la combustion de matières non fossiles d'origine végétale. L'application de ce tarif conduit dans le meilleur des cas à un prix d'achat de 64 € HT / MWh.
- ☞ Arrêté du 13 Mars 2002 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations qui éliminent des déchets animaux bruts ou transformés. Si ce tarif devait être appliqué le prix moyen annuel de l'électricité produite ne serait que de 50 € HT / MWh.
- ☞ Arrêté de 10 juillet 2006 fixant les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal l'énergie dégagée par la combustion ou l'explosion de gaz résultant de la décomposition ou de la fermentation de produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture. L'application de ce tarif conduit dans le meilleur des cas à un prix d'achat de 125 € / MWh.

Dans le cadre de notre hypothèse et du tarif d'achat le plus favorable :

Vente d'électricité : $17\,600 \text{ MWhe} \times 90\% (10\% \text{ d'autoconsommation}) \times 125 \text{ € / MWhe} = 1\,980 \text{ k€ / an}$.

Néanmoins, il en ressort d'une simulation financière rapide (tableau 6 ci-contre), qu'il faudrait facturer l'enlèvement du fumier au moins 21 € HT / tonne pour viabiliser le projet, coût qui semble difficilement acceptable pour les éleveurs de la filière équine (synthèse statistique : 84% des éleveurs ne sont pas prêts à financer l'évacuation de leur fumier, le coût étant aujourd'hui de 1,50 € HT / tonne). De plus, ce coût estimé ne sera effectif qu'en fonction de la revente d'électricité auprès des centrales électriques. Or, aucune référence technique du fumier de cheval pour ce type d'installation n'est

aujourd'hui disponible. Une phase expérimentale s'avère donc indispensable afin de déterminer la puissance électrique que ce type de produit pourrait fournir.

Par contre, le coût d'une installation individuelle (chaudière simple STERCUS Intertec) reviendrait à 30 000 €. D'après les premiers tests réalisés sur du fumier de volaille sec, celui-ci permet de produire environ 2,2 kW / kg de MS (Matière Sèche) et seulement 35 kW sont nécessaires pour chauffer 1500 m² de bâtiments. Par le biais d'une telle installation, l'éleveur pourrait subvenir à ses besoins en chaleur pour chauffer ses bâtiments ainsi que son habitation. De plus, différentes expérimentations sont aujourd'hui en cours de réalisation sur des exploitations avicoles où la chaleur produite est utilisée pour sécher la litière (réduisant ainsi les problèmes sanitaires dus à une litière trop humide) ou pour fabriquer du froid. Ce type d'installation correspondrait davantage à la filière équine rendant plus autonome l'éleveur dans la gestion de son exploitation, l'objectif premier de ce type d'installation étant de faire des économies.

d) Atouts et faiblesses de la combustion.

<u>ATOUPS</u>	<u>FAIBLESSES</u>
<ul style="list-style-type: none"> ☞ Production d'énergie électrique, ☞ Production d'énergie thermique (chaud froid), ☞ Rendement élevé pour une installation individuelle, ☞ Réduction des coûts énergétiques de 75%. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Investissements + ou - importants, ☞ Directive Européenne 2000/76 CE, ☞ Engagement sur 15 ans pour les éleveurs.

e) Conclusion.

La combustion du fumier de cheval dans le cadre d'une unité valorisant d'importante quantité de fumier conduit à des coûts de traitement (transport) trop élevés pour la filière équine et ne représente donc pas une solution pertinente à la problématique. En revanche, la combustion de fumier de cheval par le biais d'une chaudière individuelle (figure 15 ci-contre) apparaît comme une solution plus abordable pour la filière équine.

Un autre élément non pris en compte ici et qui pénaliserait la combustion du fumier est le stockage à l'extérieur du fumier de cheval qui est donc soumis aux intempéries. De ce fait, l'humidité moyenne du fumier pourrait être élevée, ce qui est défavorable à l'efficacité énergétique de la combustion.

23. La méthanisation (annexe 6).

a) Principe.

La méthanisation consiste en une dégradation anaérobie de la matière organique dans un digesteur (figure 16 ci-contre). Cette réaction s'effectue dans des conditions précises d'humidité et de température et nécessite un temps de séjour dans le digesteur allant de 15 à 30 jours. Elle s'articule autour de trois phases : une phase de digestion anaérobie, une phase de traitement du biogaz et une

phase de maturation du digestat. La méthanisation génère un biogaz (principalement constitué de méthane), un digestat (valorisé en compost : 300 kg de compost / tonne de fumier) et éventuellement des effluents liquides. Ce biogaz après épuration peut être valorisé :

- ☞ en combustion pour produire de la chaleur,
- ☞ dans un groupe électrogène pour produire de l'électricité,
- ☞ au travers d'une cogénération pour produire de l'électricité et de la chaleur.

b) Références.

Il n'existe aucune référence dans le domaine de la méthanisation du fumier de cheval.

Toutefois, SOLAGRO, une association spécialisée dans la réalisation d'installations à la ferme (figure 17 ci-contre) nous indique qu'à la vue des caractéristiques du fumier de cheval (rapport C/N de 30 et taux de matière sèche entre 20 et 50%), sa méthanisation ne devrait pas poser de difficultés. Il existe en France et surtout en Allemagne de nombreuses unités artisanales qui fonctionnent à partir de fumier de bovins (fumier plus liquide que le fumier de cheval). Le biogaz ainsi produit est en partie autoconsommé pour la méthanisation, l'excédent étant utilisé pour le chauffage des bâtiments de l'exploitation et éventuellement la production d'électricité.

À l'échelle industrielle (figure 18 ci-contre), VALORGA INTERNATIONNAL ou encore BIOMASSE NORMANDIE exploite des unités de méthanisation de biodéchets (entre 30 000 et 40 000 tonnes de déchets par an). De même, ANDIGEN, une société américaine de l'UTAH propose un nouveau procédé de méthanisation par un mécanisme de digestion anaérobie IBR (Induced Blanket Reactor) en flux continu en 5 jours au lieu des 20 à 30 jours habituels. Tous indiquent que ce type d'installation doit être orienté vers la codigestion de déchets ou de biomasse de différentes origines (fumiers, lisiers, boues de STEP...) permettant ainsi de diminuer les coûts spécifiques de traitement.

Sur l'hypothèse d'une unité de biogaz traitant 50 000 tonnes de fumier par an :

- ☞ 200 à 500 kg de MS / tonne de fumier
- ☞ 200 à 350 Nm³ de biogaz / tonne de MS
 - Soit entre 40 et 175 Nm³ de biogaz / tonne de fumier.
 - Soit pour 50 000 tonnes de fumier : entre 2 000 000 et 8 750 000 Nm³ de biogaz/an
- ☞ 5,5 kWh / Nm³ de PCI
 - Soit entre 11 000 et 48 125 MWh / an.
 - ☞ Chaleur seule : soit entre 9 350 et 40 906 MWh / an (85% rendement)
 - ☞ Electricité seule : soit entre 4 400 et 19 250 MWh / an (40% rendement)
 - ☞ Cogénération :
 - Chaudière Haute Pression + Turbine A Vapeur (TAV) à contrepression :
 - Entre 1 402 et 6135 MWh / an pour l'électricité (hypothèse rendement moyen TAV 15%)
 - Entre 7 550 et 33 042 MWh / an pour la chaleur (hypothèse pertes 5%)

- Moteur à gaz (MAG) + récupération thermique :
Entre 3 300 et 14 437 MWh / an pour la chaleur (hypothèse rendement 70%)
Entre 4 400 et 19 250 MWhe / an pour l'électricité (hypothèse rendement MAG 40%)

c) Economie de projet.

D'après SOLAGRO, les coûts d'investissement d'une unité de méthanisation s'élève à 700 € / tonne de Matière Sèche. Il faut rajouter à cela, l'investissement pour un groupe électrogène adapté à la valorisation du biogaz de l'ordre de 1 200 à 1800 € / kW et 20 à 30% de coûts supplémentaires divers. Concrètement le coût de traitement pour une unité de méthanisation reviendrait à 45,75 € par tonne traitée pour des conditions optimales de mise en œuvre (ADEME).

Par contre, la réalisation d'une installation de 50 000 tonnes de fumier de cheval par an, avec une unité de compostage et une valorisation énergétique du biogaz représenterait un investissement de l'ordre de 15 000 k€.

D'un point de vue réglementaire, la *circulaire du 28 juin 2001 relative à la gestion des déchets organiques* introduit les principes qui fondent une valorisation biologique sûre et durable des déchets organiques (intégration dans un système durable de gestion des déchets, qualité irréprochable des amendements et des fertilisants organiques issus de composts et de digestats, reconversion ou réhabilitation des installations de tri-compostage sur fraction résiduelle des ordures ménagères). De plus et comme pour la combustion, l'arrêté de 10 juillet 2006 fixe les conditions d'achat de l'électricité produite par les installations utilisant à titre principal l'énergie dégagée par la combustion ou l'explosion de gaz résultant de la décomposition ou de la fermentation de produits, déchets et résidus provenant de l'agriculture. L'application de ce tarif conduit dans le meilleur des cas à un prix d'achat de 12,5 c€/ kWh. Ce type d'installation bénéficie d'une obligation d'achat d'électricité produite sur la base d'un contrat conclu pour une durée de 15 ans.

Dans le cadre de notre hypothèse et du tarif d'achat le plus favorable :

- ☞ Vente d'électricité : $19\,250\text{ MWhe} \times 90\% \times 125\text{€} / \text{MWhe} = 2\,165\text{ k€}/\text{an}$
(10% d'autoconsommation)
- ☞ Vente de chaleur : $14\,437\text{ MWh} \times 20\text{€} / \text{MWh} = 289\text{ k€}/\text{an}$
- ☞ Vente de compost : $15\,000\text{ t}/\text{an} \times 10\text{€ HT} / \text{tonne} = 150\text{ k€}/\text{an}$

Néanmoins, comme pour la combustion mais avec des rendements plus importants, il en ressort d'une simulation financière rapide, qu'il faudrait facturer l'enlèvement et le traitement du fumier au moins 21 € HT / tonne pour viabiliser le projet, coût qui semble difficilement acceptable pour les éleveurs de la filière équine (synthèse statistique : 84% des éleveurs ne sont prêts à financer l'enlèvement de leur fumier et le coût de l'enlèvement du fumier est aujourd'hui de 1,50 € HT / tonne). De plus, ce coût estimé ne sera effectif qu'en fonction de la revente d'électricité auprès des centrales électriques. Or, aucune référence technique du fumier de cheval pour ce type d'installation n'est

aujourd'hui disponible. Une phase expérimentale s'avère donc indispensable afin de déterminer la puissance électrique fournie par ce produit.

d) Atouts et faiblesses de la méthanisation.

<u>ATOUPS</u>	<u>FAIBLESSES</u>
<ul style="list-style-type: none"> ☞ Production d'énergie électrique, ☞ Production d'énergie thermique, ☞ Amélioration des valeurs agronomiques, ☞ Économie de fumure minérale et produits phytosanitaires. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Investissements importants, ☞ Mesures de sécurité conséquentes, ☞ Les charges polluantes contenues dans les déjections animales ne sont réduites que de 10 à 20%. ☞ Engagement sur 15 ans pour les éleveurs

e) Conclusion.

La méthanisation du fumier de cheval dans le cadre d'une unité valorisant d'importante quantité de fumier conduit à des investissements et des coûts de traitement (transport) trop élevés pour la filière équine et ne représente donc pas une solution pertinente à la problématique. En revanche, la méthanisation à la ferme (figure 19 ci-contre) apparaît comme une solution plus abordable pour la filière équine rendant l'éleveur plus autonome dans la gestion de ces effluents. Par contre, ce procédé ne permet pas de réduire la teneur en azote des effluents traités. La grande majorité de l'azote du digestat se retrouve sous forme ammoniacale en phase soluble. Donc, en terme environnemental, les émissions d'ammoniac lors des épandages peuvent être importantes et les excédents de fertilisants épandus sur les surfaces agricoles ne peuvent être réglées par la méthanisation.

Un essai pilote dans une unité de méthanisation s'avère donc indispensable afin de déterminer et de valider la faisabilité technique, le rendement de production de biogaz et ses caractéristiques, ainsi que celles du digestat.

24. La gazéification.

a) Principe (figure 20 ci-contre).

La gazéification est une transformation thermo-chimique d'un solide combustible (charbon, bois, paille, ...) en présence d'un composé gazeux (O₂, air, CO₂, vapeur d'eau...). Le but de cette transformation est généralement de convertir le solide en un mélange gazeux combustible. Le gaz est essentiellement composé de CO et d'H₂ (pour sa part combustible) et il n'existe aucun rejet atmosphérique entre l'introduction dans le gazéificateur et l'échappement des moteurs. Les rejets d'échappement sont quant à eux traités de manière traditionnelle pour ce type de rejet (pot catalytique en particulier).

Dans notre étude, le principe utilisé est un procédé de gazéification à lit fixe à contre-courant (figure 21 ci-contre). Le combustible solide introduit dans la partie supérieure descend par gravité dans le réacteur et réagit au contact de l'agent oxydant. Le résidu solide, appelé cendres de gazéification, est

recupéré en partie basse du réacteur. L'agent oxydant, qui est dans ce cas généralement de l'air, traverse le réacteur. Les gaz formés quittent le réacteur en partie haute dans les procédés à contre-courant (updraft gasifier), entraînant avec eux une quantité non négligeable de produits de pyrolyse et de particules. La température du lit est à plus de 1000°C et peut monter jusqu'à 1200°C si le produit le permet. La limite est dictée par la température de fusion des cendres (vitrification risquant de boucher les admissions d'air). De même, la présence de certains composants comme le potassium en proportion excessive accentuera ce phénomène de vitrification.

L'essentiel de la gazéification est autant un problème de température que de contrôle du flux d'air (quantité d'O₂ apporté à la réaction thermique). C'est essentiellement dans la recherche de cet équilibre que réside la difficulté de l'exercice et sans vérification en « réel » du produit, il est aujourd'hui délicat de fixer une température et un flux d'air optimum. Le principal avantage des procédés à lits fixes réside dans leur simplicité de construction.

b) Références.

Il n'existe aucune référence dans le domaine de la gazéification du fumier de cheval. Toutefois, SOREA et sa consœur ENERIA sont spécialisées dans la construction d'unités de production d'énergie renouvelable à partir d'éolien ou de production de gaz par oxygénation thermique de déchets verts. Ce procédé offre des performances supérieures à la méthanisation en éliminant plus de carbone et en produisant moins de déchets résiduels (maxi 10% contre 30 à 35% pour la méthanisation). Une unité a été mis en service en Juin 2006 à Moissannes en Limousin qui à partir de 10 000 tonnes par an de biomasse (bois) peut fournir une puissance de 1 MW soit de quoi alimenter en électricité 1033 foyers.

BABCOCK WILCOX VOLUND au Danemark est une entreprise qui travaille essentiellement sur la production d'énergie à partir de biomasse et de déchets, par incinération et gazéification. Ils ont à ce titre réalisé une fiche technique résumant les caractéristiques et les performances de la gazéification à partir de bois et de paille. Il en ressort qu'un approvisionnement de 500kg de paille par heure permet de produire 667 kWh.

Donc, sur l'hypothèse d'une unité de gazéification traitant 10 000 tonnes de fumier par an, celle-ci permettra de produire 13 340 MWh / an. Ce résultat montre l'efficacité de ce type d'installation avec une production électrique équivalente à celle de la méthanisation mais utilisant une quantité de matière première 5 fois inférieure.

Mais, comme nous l'avons vu pour la combustion, le fumier est considéré comme un déchet et l'incinération de ce type de produit est interdite du fait des risques de rejets atmosphériques (Directive Européenne 2000/76 CE) et ce même si aucun rejet atmosphérique n'est à constater.

c) Economie de projet.

Le coût d'investissement pour une unité traitant 10 000 tonnes de fumier de cheval par an serait de l'ordre de 6 000 k€. Cette unité se finance en partie par la vente de l'électricité à EDF qui par l'arrêté du 16 avril 2002 oblige le rachat sur une durée de 15 ans. Actuellement le tarif d'achat de la

biomasse par gazéification est en suspens pour des raisons d'ordre législatif. Par conséquent, le coût de transport ainsi que la rentabilité d'une telle installation est inconnue (figure 22 ci-contre).

Néanmoins, après une simulation financière rapide, le coût de transport et de traitement du fumier équivaldrait au moins à 42 € HT / tonne de fumier (tableau 7 ci-contre). Mais, ce coût estimé ne sera effectif qu'en fonction de la revente d'électricité auprès des centrales électriques et aucune référence technique du fumier de cheval pour ce type d'installation n'est aujourd'hui disponible. Une phase expérimentale s'avère donc indispensable afin de déterminer la puissance électrique fournie par ce produit.

d) Atouts et faiblesses de la gazéification.

<u>ATOUS</u>	<u>FAIBLESSES</u>
<ul style="list-style-type: none"> ☞ Production d'énergie électrique, ☞ Production d'énergie thermique, ☞ Rendement élevé, ☞ Pas de rejets atmosphériques. 	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Investissements importants, ☞ Coût de rachat de l'électricité inconnu, ☞ Engagement sur 15 ans pour les éleveurs, ☞ Besoin d'un fumier homogène tout au long de l'année.

e) Conclusion (figure 23 ci-contre).

La gazéification de la biomasse à grande échelle avec des rendements plus intéressants que la méthanisation est un procédé complexe qui apparaît comme une solution envisageable pour la filière équine. Des tests (annexe 7) en laboratoire ont été faits approuvant que le fumier de cheval puisse être gazéifié.

Toutefois, un essai pilote dans une unité de gazéification serait nécessaire afin de valider la faisabilité technique, le rendement de production de biogaz ainsi que ses caractéristiques.

CONCLUSION GENERALE

Ce mémoire avait pour objectifs de réaliser une étude de gisement du fumier de cheval en mettant en évidence les différentes structures hippiques qui rencontrent des difficultés de gestion et de réaliser une étude technique et économique des différentes voies de valorisation de ce fumier.

Les résultats statistiques ont mis en évidence que l'ensemble des centres équestres et des entraîneurs de la région sont concernés par une problématique de gestion et doivent dans ce cas être englobés dans une démarche collective de valorisation. En revanche, seuls les élevages possédant plus de 82 chevaux sur leur exploitation semblent concerner par cette démarche.

Quatre filières de valorisation du fumier de cheval ont été retenues.

Les solutions dites « centralisées » à savoir la mise en place d'importantes unités de valorisation nécessitent des investissements très importants avec des engagements de fourniture de fumier de longue durée. A la vue des réponses obtenues durant l'enquête, ces solutions ne constituent pas dans l'état actuel des solutions satisfaisantes à la problématique de la filière équine. En effet, très peu d'éleveurs sont aujourd'hui prêts à financer l'évacuation de leur fumier et les coûts de transport pour ce type d'installation risquent de ne pas être acceptés.

Les solutions dites « décentralisées » (compostage, méthanisation, combustion à la ferme) semblent être mieux adaptées à cette problématique en rendant les éleveurs techniquement et économiquement plus autonomes dans leur démarche. De plus ces solutions nécessitent des investissements beaucoup moins conséquents.

La valorisation du fumier de cheval par compostage apporte principalement un intérêt agronomique et environnemental (apport de matière organique sur les terres) mais aussi économique (épandage facilité par diminution du volume d'où une diminution du temps de travail donc une diminution des coûts). De plus, les éleveurs ont aujourd'hui la possibilité de créer des formes sociétaires telles que les CUMA leur apportant une valorisation quantitative et économique plus importantes.

Néanmoins, cette solution nécessite une phase expérimentale afin de déterminer le processus, les différents paramètres à respecter et la valeur agronomique (efficacité et innocuité) du compost produit.

La méthanisation et la combustion ont quant à elles un intérêt principalement économique en permettant à l'éleveur de générer de l'énergie (électricité et chaleur) qu'il peut valoriser soit en interne en utilisant l'énergie produite pour chauffer ses bâtiments soit en externe par la vente auprès de centrale électrique. Néanmoins, ces solutions nécessitent d'être approfondies par une phase expérimentale afin de déterminer la faisabilité technique et le rendement de production de ce type d'installation.

En revanche, d'un point de vue réglementaire, le fumier est considéré comme un déchet, le libellé proposé par la liste européenne des déchets est « fèces, urine et fumier (y compris paille souillée), effluents, collectés séparément et traités hors site ». Par conséquent, l'incinération de ce type de produit est interdite. Ainsi la combustion et la gazéification sont aujourd'hui en suspens face à une réglementation interdisant son utilisation pour ce type de produit.

Le bilan de ce stage s'avère positif sur différents plans. D'un point de vue professionnel, le projet m'ayant été confié a été mené à bien et répond aux attentes du Conseil des Chevaux de Basse-Normandie. D'un point de vue pratique, toutes les compétences acquises au cours de la formation du master et de mon cursus antérieur m'ont été fort utiles et ont été approfondies tout au long de ce stage.

Néanmoins, dans le cadre de la réalisation de cette étude, les quelques difficultés logistiques rencontrées, un taux de retour d'enquêtes peu important et le temps imparti ne m'ont pas permis de réaliser une cartographie SIG des gisements de fumier de cheval sur la région.