



# RAPPORT FINAL

---

## Évaluation du potentiel de valorisation des boues d'usines d'abattage et de découpe

Présenté au:  
Conseil d'administration du  
Fonds de développement de la transformation alimentaire  
9001, boul. de l'Acadie, bureau 200  
Montréal (Québec)  
H4N 3H7

Par :  
Rémi Gagnon, Directeur Procédés industriels  
Maria Barriga, Directrice Innovation  
Geneviève Martin, Chargée de projets  
*Groupe R&D, Produits et procédés*

Le 14 novembre, 2005

## **TABLE DES MATIÈRES**

---

<b>Résumé .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Objectif du projet.....</b>	<b>4</b>
<b>2. Démarche et plan de travail.....</b>	<b>4</b>
2.1 Portrait des boues retrouvées dans le secteur des viandes fraîches .....	4
2.2 Caractérisation de chaque catégorie de boues .....	5
2.3 Évaluation des opportunités de valorisation des boues .....	5
2.4 Préfaisabilité technique .....	5
<b>3. Résultats .....</b>	<b>5</b>
3.1 Portrait des boues retrouvées dans le secteur des viandes fraîches .....	5
3.2 Caractérisation de chaque catégorie de boues .....	8
3.3 Évaluation des opportunités de valorisation des boues d'usine d'abattage et de découpe.....	10
3.4 Préfaisabilité technique .....	17
<b>4. Conclusion et recommandations.....</b>	<b>21</b>

## **Annexes**

- |            |  |
|------------|--|
| Annexe I   | Grille d'évaluation des boues                                      |
| Annexe II  | Analyse des boues : teneur en acides aminés et analyse élémentaire |
| Annexe III | Références   |



## RÉSUMÉ

---

Le présent projet consiste à répertorier les utilisations actuelles et caractériser les boues issues de l'abattage et de la découpe des viandes ainsi qu'à évaluer les nouvelles possibilités de valorisation des types de boues du secteur des viandes fraîches des points de vue économique, commercial (valeur ajoutée) ainsi que du point de vue faisabilité.

Les représentants de Cintech et du F.D.T.A. (Fonds de développement de la transformation alimentaire) ont sélectionné 17 usines d'abattage et de découpe en fonction de la filière et de la taille pour faire partie de l'étude. Ces entreprises ont reçu une grille d'évaluation concernant notamment la production annuelle de l'établissement, la quantité et la variété de boues recueillies ainsi que l'utilisation actuelle de ces dernières. Les usines d'abattage et de découpe qui ont voulu s'impliquer nous ont ouvert leurs portes afin de visualiser les pratiques industrielles au niveau des boues et prélever des échantillons. Les boues ont été analysées du point de vue de leur composition nutritionnelle, des contaminants (métaux lourds) présents et de leur profil élémentaire (carbone, hydrogène, oxygène et azote) et microbiologique. Une revue de littérature concernant les différentes options de valorisation a été effectuée. La préfaisabilité économique de l'option la plus prometteuse a été évaluée.

Les boues d'usines d'abattage et de découpe sont destinées principalement à l'enfouissement, au compostage et en moindre mesure à la valorisation agricole. Trois principales opportunités de valorisation ont été répertoriées : la production de biogaz, celle de biodiesel ainsi que la production simultanée d'huile, de gaz, de charbon et de minéraux.

Le gras est la composante à plus haute valeur ajoutée et une des plus présentes dans les boues (entre 25 et 64 % sur base sèche). La production de biodiesel à partir du gras des boues constitue, à notre avis, l'option à privilégier, étant donné que le biodiesel a une valeur marchande supérieure à celle des autres produits pouvant être générés à partir des boues. Cependant, avec l'option biodiesel les composantes protéiques et glucidiques de la boue demeurent non valorisées. Des procédés demandant un séchage, telle la pyrolyse, sont automatiquement exclus pour la valorisation des boues, car leur humidité initiale est trop élevée (supérieure à 80 %), compromettant ainsi la rentabilité du procédé. Les protéines et les minéraux sont assez présents.



La production de gaz, peu développée au Québec, a surtout du sens si elle est combinée à la production simultanée de biodiesel et de minéraux, ayant une valeur non négligeable, surtout s'il est utilisé comme source d'énergie pour les opérations de l'entreprise. *Enerkem technologies*, une entreprise québécoise, propose justement une technologie combinant les opportunités de valorisation énoncées.

L'étude de préfaisabilité a révélé que le traitement d'au moins 80 000 tonnes métriques de boues par année (ce qui correspond aux boues générées par les entreprises ayant participé à l'étude) est techniquement et économiquement possible à partir d'une boue de composition moyenne selon les analyses effectuées pour produire directement de la bio-huile, des minéraux et du gaz. Le gaz et une proportion de la bio-huile générée fournissent l'énergie au procédé. La proportion restante de la bio-huile est transformée en biodiesel et en glycérine. Ces différents produits (excluant la glycérine) génèrent des revenus de 2 122 027 \$.

L'investissement, quant à lui, a été estimé à 8 500 000 \$. Si on calcule l'amortissement sur 10 ans, les dépenses annuelles seraient de l'ordre de 1 700 000 \$ pour l'infrastructure et de 1 800 000 \$ pour les frais d'opération tels que la main-d'œuvre et les consommables (d'autres dépenses tel l'entretien des installations sont probablement incluses et demeurent à préciser avec *Enerkem*). Les dépenses annuelles totalisent 3 500 000 \$, générant un déficit de 1 377 973 \$. Ce déficit pourrait être comblé par des droits de disposition d'un minimum de 17,22 \$/tonne. Actuellement, les droits d'enfouissement ou de compostage des boues d'usine d'abattage et de découpe varient entre 24 et 33 \$/tonne. Ceci impliquerait des réductions allant de 6,78 \$ à 15,78 \$/tonne pour les utilisateurs de la technologie.

Nous avons constaté, lors de nos consultations, que le secteur des viandes représente un potentiel réel pour la production de bioénergie et bioproduits à partir des boues d'usine d'abattage et de découpe. Sa concentration géographique, de même que le volume de boues générées sont des conditions favorables. Nous recommandons :

- de répertorier et quantifier tout autre résidu issu de l'élevage, de l'abattage et de la transformation des viandes non considéré dans le présent projet, de façon à augmenter la capacité de traitement et, par conséquent, la rentabilité d'une éventuelle usine.
- d'effectuer une étude de faisabilité technique du procédé *Enerkem* à l'échelle pilote afin de valider les rendements calculés et la qualité des produits obtenus tels que l'engrais et la glycérine.
- de valider la composition et la variabilité des boues en fonction de l'approvisionnement (teneur en humidité, gras, protéines et minéraux) et évaluer les conséquences sur la rentabilité du procédé.



- d'évaluer la demande et la valeur marchande de l'engrais minéral et de la glycérine.
- de faire une étude précise au niveau géographique, concernant la concentration de générateurs de boues et autres résidus potentiels pour l'alimentation d'une usine centrale de production de biocombustible et d'engrais, car les coûts de transport pourraient compromettre la viabilité du projet. L'emplacement d'une éventuelle usine centrale constitue un enjeu stratégique.
- que l'industriel même (ou une association) exploite la future usine de production de biocombustibles et utilise les biocarburants produits pour en augmenter ainsi la rentabilité.

---

Rémi Gagnon  
Directeur Procédés industriels  
Groupe R&D, Produits et procédés

---

Date

---

Maria Barriga  
Directrice  
Groupe R&D, Produits et procédés

---

Date



## **1. OBJECTIF DU PROJET**

Le Fonds de développement de la transformation alimentaire inc. (F.D.T.A.), regroupant des intervenants majeurs du secteur, désire s'impliquer pour aider l'industrie du secteur des viandes fraîches à saisir les nouvelles opportunités en valorisation de boues d'usine d'abattage et de découpe. L'industrie souhaite des solutions de valorisation économiquement rentables. Le présent projet évaluera la possibilité de valoriser la boue telle quelle, de même que ses constituants.

L'objectif du projet consiste à répertorier, caractériser et évaluer les possibilités d'utilisation des types de boues du secteur des viandes fraîches, des points de vue économique et commercial (valeur ajoutée) ainsi que du point de vue faisabilité.

## **2. DÉMARCHE ET PLAN DE TRAVAIL**

### **2.1 Portrait des boues retrouvées dans le secteur des viandes fraîches**

Dans un premier temps, la liste des usines d'abattage et de découpe du Québec, incluant les cinq (5) secteurs des viandes fraîches et les usines sous inspections provinciale et fédérale, a été dressée par filière. Les représentants de Cintech et de l'entreprise cliente ont sélectionné 17 usines d'abattage et de découpe en fonction de la filière et de la taille pour faire partie de l'étude.

Parallèlement, la grille d'évaluation des boues a été élaborée. Cette grille permet d'évaluer d'abord la production annuelle de l'établissement, la quantité et la variété de boues recueillies ainsi que l'utilisation actuelle de ces dernières. Le questionnaire a été acheminé aux entreprises agroalimentaires par courrier, suite à une brève explication du projet au téléphone et à la validation de leur intérêt à participer au projet. La grille figure à l'Annexe I.

Un suivi régulier a été effectué pendant 3 mois. Les entreprises ayant répondu au questionnaire ont été rencontrées afin d'effectuer une visite des usines d'abattage et de découpe pour visualiser les pratiques industrielles au niveau des boues et prélever des échantillons de boues.



Cette étape vise également à déterminer de quelle façon les pratiques industrielles devraient être adaptées à l'utilisation des boues comme matière première.

## **2.2 Caractérisation de chaque catégorie de boues**

Les analyses ciblées englobent la composition nutritionnelle : matière sèche, gras, protéines, acides aminés, fibres, sucres, profil des minéraux incluant le phosphore, l'azote total, l'ammoniaque, les contaminants tels que les métaux lourds (cadmium, chrome, zinc, cuivre, plomb, mercure), le pH et le profil élémentaire (carbone, hydrogène, oxygène et azote) et microbiologique (compte totaux et coliformes totaux et fécaux).

## **2.3 Évaluation des opportunités de valorisation des boues**

Une revue de littérature a été effectuée dans le but de recenser les opportunités de valorisation des boues. Les banques de données d'Agricola, de l'Office de la propriété intellectuelle, des revues spécialisées, telles les publications d'Agriculture Canada, ont été consultées.

## **2.4 Préfaisabilité technique**

La problématique des boues des usines d'abattage et de découpe de viandes a été présentée de façon détaillée à *Enerkem Technologies*, entreprise québécoise spécialisée dans la conversion thermo-chimique de biomasse forestière et agricole pour produire du gaz de synthèse. Cette entreprise a évalué la préfaisabilité d'appliquer sa technologie aux boues d'usines d'abattage et de découpe en fonction des données telles que les volumes, les analyses élémentaires et de composition de boues.

# **3. RÉSULTATS**

---

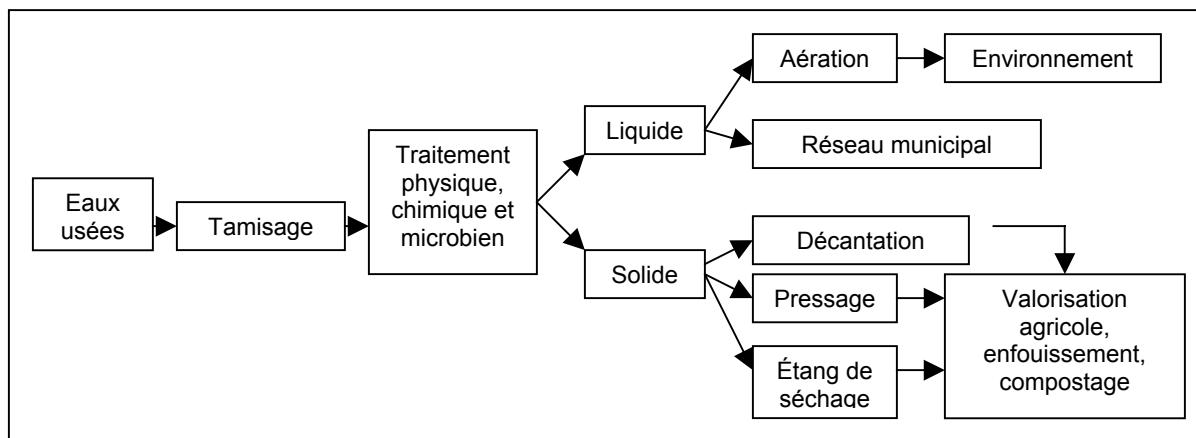
## **3.1 Portrait des boues retrouvées dans le secteur des viandes fraîches**

Le portrait a été établi à partir de 13 établissements représentant 4 filières : bœuf, veau, porc, volaille.



Le Schéma 1 résume de façon très générale, de manière à respecter la confidentialité, les différents traitements appliqués aux eaux usées et aux boues résultantes dans les usines d'abattage et de découpe visitées. En général, les eaux usées contenant les agents de lavage, le sang, le gras, les intérieurs d'intestins et tout autre morceau assez petit pour traverser les grilles de plancher, arrivent à la station d'épuration en ayant déjà subi des tamisages plus ou moins fins en fonction de la taille de l'usine d'abattage et de découpe et de la sophistication du système. Par la suite, les plus petites entreprises séparent les solides et les liquides essentiellement par des traitements physiques, parfois accompagnés de traitements biologiques. Les plus grosses entreprises ajoutent, en plus, des traitements chimiques (ajusteurs de pH, coagulants polymériques). Les liquides obtenus sont, soit aérés et relâchés dans l'environnement, soit conduits au réseau municipal. Les solides (boues) sont transportés, soit dans des étangs de séchage, soit pressés à l'aide de presses à vis ou décantés avant d'être transportés dans des sites d'enfouissement ou de compostage. Les traitements ne varient pas en fonction de la filière.

**Schéma 1 : Traitement des eaux usées des usines d'abattage et de découpe**



Le Tableau 1 présente les informations recueillies de façon générale, tout en respectant la confidentialité. L'abattage des animaux génère actuellement 80 000 TM/année de boues d'usines d'abattage et de découpe, qui sont généralement destinées à l'enfouissement, à la valorisation agricole ou au compostage. Le traitement de telles boues coûte à l'industrie environ 2 400 000 \$ excluant le transport. Nous pensons que cette somme est sous-estimée par certains de nos répondants, en excluant des dépenses reliées à la manipulation, aux analyses et à l'entreposage des boues.



**Tableau 1 – Portrait des boues recensées dans l'étude**

<b>Production annuelle (têtes)</b>	34 320 bœufs 96 000 veaux 4 100 000 porcs 8 300 000 dindons 73 000 000 poulets
<b>Activités</b>	Abattage, désossage, découpe, transformation
<b>Récupération des boues</b>	Voir Schéma 1
<b>Quantité de boues/ année</b>	80 000 tonnes métriques
<b>Parties animales dans les boues</b>	Gras/sang
<b>Particularités saisonnières</b>	Non
<b>Analyses</b>	Eau à des fréquences variables, boues selon les prérequis des sites d'enfouissement et compostage
<b>Disposition des boues</b>	Enfouissement Compostage Valorisation agricole occasionnelle
<b>Coûts traitement boues/année</b>	2 400 000 \$

Plus globalement, l’Institut de la statistique du Québec<sup>1</sup> estimait le nombre de têtes abattues au Québec en 2002 à :

- 7 878 000 porcs;
- 136 695 000 poulets et dindons;
- 193 000 veaux;
- 204 000 bœufs.

À partir de ces chiffres et en extrapolant les données de l’étude à l’échelle de la province, la production de boues d’usines d’abattage et de découpe a été estimée à 140 000 tonnes métriques par année.

<sup>1</sup> Institut de la statistique du Québec, *Profil sectoriel de l’industrie bioalimentaire du Québec, Les filières animales*; [http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/economie/prof\\_bio\\_pdf.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/economie/prof_bio_pdf.htm)



### 3.2 Caractérisation de chaque catégorie de boues

Les Tableaux 2 et 3 présentent la composition des boues étudiées, sur base humide (tel que prélevées) et sur base sèche (calcul théorique) respectivement.

**Tableau 2 – Composition des boues d'usine d'abattage et de découpe sur base humide**

Analyse*	Boeuf	Veau	Porc	Poulet
pH	7,9	5,3	6,1	5,3
Humidité %	83	90	93	86
Matières grasses %	3,8	6,4	2,0	6,0
Fibres brutes %	3,1	0,14	<0,1	0,15
Protéines %	4,5	1,3	2,8	2,8
Sucres %	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Cendres %	4,2	0,5	1,4	1,3
<b>Minéraux</b>				
Azote ammoniacal mg/kg	10 000	3 500	7 500	2 500
Phosphore total mg/kg	800	1 100	15 000	12 000
Potassium mg/kg	90	220	540	290
Calcium mg/kg	26 000	14 000	7 900	4 800
Sodium mg/kg	210	1700	13 000	1 900
Magnésium mg/kg	900	400	540	360
<b>Contaminants</b>				
Chrome mg/kg	89	5	36	16
Cuivre mg/kg	190	21	180	49
Chlorure mg/kg	220	1 100	6 000	850
Cadmiun mg/kg	0,7	<0,4	<0,4	<0,4
Mercure mg/kg	0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Plomb mg/kg	12	6	<5	<5
Zinc mg/kg	700	120	710	170

\*Analyses effectuées par Bodycote, Essais de matériaux Canada inc.

\*\* Les résultats correspondent à un échantillon par filière.



**Tableau 3 – Composition des boues d'usine d'abattage et de découpe sur base 100 % matière sèche**

Analyse	Boeuf	Veau	Porc	Poulet
pH	7,9	5,3	6,1	5,3
Matières grasses %	22,3	64,0	28,6	42,9
Fibres brutes %	18,2	1,4	<1,4	1,1
Protéines %	26,5	13,0	40,0	20,0
Sucres %	<1,8	<3,0	<4,3	<2,1
Cendres %	24,7	5,0	20,0	9,3
<b>Minéraux</b>				
Azote ammoniacal mg/kg	58 824	20 588	44 118	14 706
Phosphore total mg/kg	4 706	6 471	88 235	70 588
Potassium mg/kg	529	1 294	3 176	1 706
Calcium mg/kg	152 941	82 353	46 471	28 235
Sodium mg/kg	1 235	10 000	76 471	11 176
Magnésium mg/kg	5 294	2 353	3 176	2 118
<b>Contaminants</b>				
Chlorure mg/kg	1 294	6 471	35 294	5 000
Zinc mg/kg	4 118	706	4 176	1 000
Cuivre mg/kg	1118	124	1 059	288
Chrome mg/kg	524	29	212	94
Plomb mg/kg	71	35	<29	29
Cadmium mg/kg	4,1	<2,3	<2,3	<2,3
Mercure mg/kg	<0,06	<0,06	<0,06	<0,06

\*Analyses effectuées par Bodycote, Essais de matériaux Canada inc.

\*\* Les résultats correspondent à un échantillon par filière

On constate que la teneur en humidité dans les boues est assez importante et malgré les différences observées pour les paramètres analysés, on peut dire de façon générale que le gras, les protéines et les minéraux sont les principales composantes des boues. Parmi les minéraux, les teneurs en azote ammoniacal, calcium et phosphore sont les plus élevées. Les chlorures, venant probablement des agents d'assainissement, sont aussi présents. Il y a peu ou pas de présence de métaux lourds dans les boues évaluées. Les différences observées s'expliquent par la diversité de traitements subis par les boues ainsi que la filière de laquelle elles sont issues.



**Tableau 4 – Profil de la microbiologie des boues évaluées**

Analyse*	Boeuf	Veau	Porc	Poulet
Coliformes fécaux NPP / gph	170	33	3 500	16 000
Compte total ufc / gph	3 500 000	5 500	2 000 000	2 500 000
Coliformes totaux NPP / gph	79	13	7 000	140 000
<i>Escherichia coli</i> NPP / gph	110	33	1 300	16 000

\*Analyses effectuées par Bodycote, Essais de matériaux Canada inc.

Il est difficile de tirer des conclusions générales à partir des résultats obtenus. Le nombre de microorganismes dépend du traitement effectué, du type et de la durée d'entreposage des boues prélevées, entre autres. Cependant, il est clair que les pathogènes comme *E. coli* sont présents et demandent des précautions dans la manipulation des boues et un traitement d'hygiénisation lors des applications particulières telle la valorisation agricole. Les coliformes fécaux font partie des coliformes totaux. Cependant, les coliformes fécaux sont présents en plus grand nombre dans les boues issues de bœuf et de veau. La méthode de dénombrement utilisée explique ce phénomène.

### 3.3 Évaluation des opportunités de valorisation des boues d'usines d'abattage et de découpe

Excluant le compostage, trois opportunités principales ont été répertoriées :

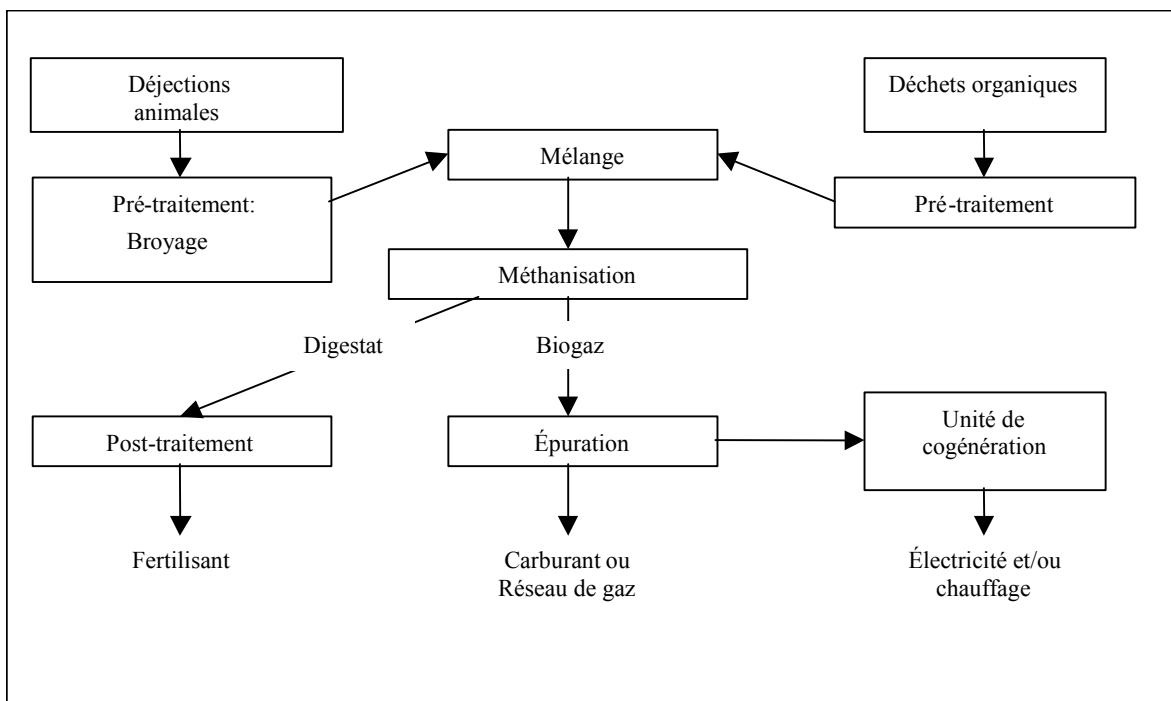
- la production de biogaz;
- la production de biodiesel;
- la production simultanée d'huile, de gaz, de charbon et de minéraux.

#### 3.3.1 Production de biogaz

La méthanisation ou décomposition de la matière organique, par un ensemble de microorganismes, en absence d'oxygène, produit du biogaz. Le procédé de méthanisation est illustré au Schéma 2.



**Schéma 2 – Procédé de méthanisation<sup>2</sup>**



Les matières premières utilisées pour la méthanisation incluent des déchets animaux (lisier, fumier, etc.), des déchets de l'industrie agroalimentaire (viandes, fruits et légumes) et autres déchets domestiques organiques<sup>2</sup> (tontes de pelouse) dont l'humidité idéale se situe entre 85 et 90 %<sup>3</sup>.

La valorisation de déchets organiques par méthanisation fournit<sup>4</sup> :

- 30 à 60 % de digestat : solide stable, inodore, ayant une faible DCO (demande chimique en oxygène), pouvant être utilisé comme amendement organique (compost);
- 10 à 15 % de biogaz;
- 20 à 40 % d'eau.

<sup>2</sup> Biogaz de ferme d'élevage et de bâtiments d'exploitation; Benoît Sylvestre; Environmental Technologiy & management; Hogeschool Brabant, Breda, Pays-Bas.

<sup>3</sup> Méthanisation ou fermentation méthanique; [http://www.emse.fr/~brodhag/traiteme/fich18\\_4.htm](http://www.emse.fr/~brodhag/traiteme/fich18_4.htm)

<sup>4</sup> Cercle National du recyclage; Le traitement biologique des déchets organiques; <http://www.cercle-recyclage.asso.fr/publi/dossiers/divers/bio06.htm>



La composition du biogaz varie en fonction de la matière première utilisée. De façon générale, on parle de<sup>5</sup> :

- 50 à 70 % de méthane ;
- 30 à 40 % de gaz carbonique ;
- traces d'autres gaz.

La production de biogaz estimée à partir des principaux constituants de la matière organique est la suivante<sup>5</sup> :

- 1,2 m<sup>3</sup> de biogaz par kg de lipides;
- 0,8 m<sup>3</sup> de biogaz par kg de glucides;
- 0,7 m<sup>3</sup> de biogaz par kg de protéines.

Le biogaz est un combustible efficace : 100 Nm<sup>3</sup>/h (Newton mètres cubes à l'heure) de biogaz génèrent 2,2 GJ/h (gigajoules à l'heure) ou 2 085 000 BTU (British Thermic Units ) selon les données de *Enerkem*. De plus, le procédé de méthanisation ne consomme que de 10 à 20 % de l'énergie générée<sup>6</sup>.

Selon le ministère de l'Environnement du Québec<sup>7</sup>, les émissions de gaz carbonique provenant de la biomasse ne sont pas considérées à effet de serre. De plus, la valorisation du biogaz assure l'élimination du méthane en le transformant en gaz carbonique. Ceci réduit davantage les émissions de gaz à effet de serre, car le méthane a un potentiel de réchauffement de 21 fois supérieur à celui du gaz carbonique. De plus, la valorisation peut remplacer l'utilisation d'un combustible fossile, amenant ainsi d'autres réductions des émissions de gaz à effet de serre.

La méthanisation est très populaire en Europe : la Suisse compte 18 installations industrielles de méthanisation<sup>6</sup>; *Berin*, société française, envisage la construction d'une usine de biogaz d'une capacité de 20 000 tonnes par an<sup>8</sup>. En Suède (2002), 44 % des résidus utilisés pour faire du biogaz étaient des résidus d'usines d'abattage et de découpe<sup>9</sup>. La revue de littérature révèle peu de données au Canada : en Alberta, *Biogem*<sup>10</sup> se spécialise dans la vente d'unités de méthanisation.

<sup>5</sup> Méthanisation ou fermentation méthanique; [http://www.emse.fr/~brodhag/traiteme/fich18\\_4.htm](http://www.emse.fr/~brodhag/traiteme/fich18_4.htm)

<sup>6</sup> Biogas forum; Le biogaz c'est quoi?; <http://www.biogas.ch/wasist.htm>

<sup>7</sup> Centre d'information sur l'environnement, la faune et les parcs; Mme Anne-Marie Roy. Tel : (418) 521-3830

<sup>8</sup> Peverelli C., Les déchets animaux comme sources d'énergie renouvelable; Magazine de l'OVF; 1/2004

<sup>9</sup> Nordberg A. Treatment of animal waste in codigestion biogas plants in Sweden; JTI- Swedish Institute of Agricultural and environmental Engineering

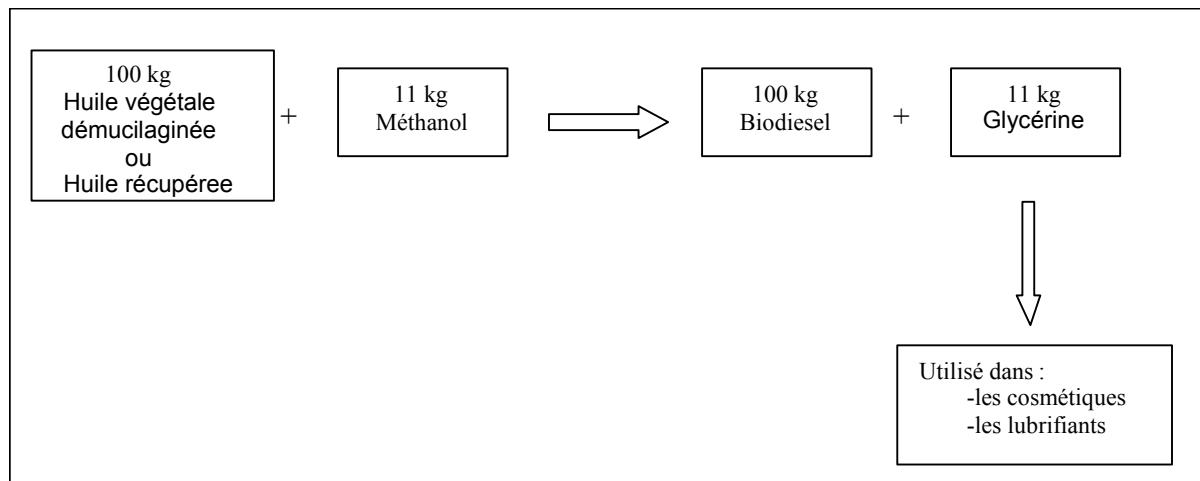
<sup>10</sup> RBC Banque Royale - Agriculture et affaires agricoles – référence- technologie; L'Odeur de l'argent; [http://www.rbcbanqueroyale.com/agriculture/reference/technologie/tech\\_jul\\_2003\\_001.htm](http://www.rbcbanqueroyale.com/agriculture/reference/technologie/tech_jul_2003_001.htm)



### 3.3.2 Production de biodiesel

Le biodiesel peut être obtenu par transestérification (substitution d'un groupement alcool par un méthoxyl dans les acides gras, à l'aide du méthanol) ou par le procédé de Fischer-Tropsch, plus complexe et moins rentable, présentement inutilisable à grande échelle.

Schéma 3 – Procédé de transestérification<sup>11</sup> :



Le biodiesel est obtenu essentiellement à partir de matières grasses. Une étape de séparation du gras est donc nécessaire pour permettre la transformation des boues d'usines d'abattage et de découpe en biodiesel.

Le biodiesel est beaucoup moins polluant que le diesel ordinaire. Son indice de cétane (équivalent à l'indice d'octane pour l'essence) est élevé, ce qui implique moins de gaz d'échappement, un démarrage plus facile, moins de bruit ou de cognement du moteur et un meilleur rendement. Le biodiesel pur se solidifie entre - 3 °C et 12 °C, raison pour laquelle il ne pourrait pas être utilisé pur dans les conditions hivernales<sup>12</sup>. Cependant, mélangé dans une proportion de 20 % au diesel (B20) il permet le fonctionnement des moteurs actuels (projet *Biobus*, Montréal).

<sup>11</sup> Huile végétale comme carburant de remplacement. Bureau National des grains. *Le bulletin bimensuel*. volume 6 # 8; 7 mai 1993.

<sup>12</sup> Turcotte C. *Portrait-Pour échapper à l'essence*. *Le Devoir*, édition Lundi 26 juillet 2004.



Rothsay/Laurencio possède une usine pilote située à Sainte-Catherine (au sud de Montréal) qui produit 5 millions de litres par année de biodiesel à base de déchets recyclables (huile végétale, graisse animale, huile de friture) et prévoit construire une usine d'une capacité de 35 millions de litres par année<sup>11</sup>.

Ils ont initié des projets comme BioBus en collaboration avec la Société de Transports de Montréal (STM) et Biomér qui ont permis d'évaluer la performance du biodiesel dans les autobus et les bateaux.

La société Biox (Ontario) a breveté un procédé rapide effectué en 2 étapes et produit 1 million de litres de biodiesel/an. L'entreprise prévoit que le carburant à la pompe contiendra 2 % de biodiesel d'ici 2007 et 5 % en 2010<sup>13</sup>.

En Ontario comme en Europe, les gouvernements favorisent l'utilisation des carburants de remplacement avec des incitations fiscales préférentielles. Les biocarburants peuvent ainsi concurrencer les combustibles fossiles.

### **3.3.3 La production simultanée d'huile, de gaz, de charbon et de minéraux**

Deux procédés thermiques ont été répertoriés : la pyrolyse ou thermolyse et la conversion thermique.

**3.3.3.1 La pyrolyse ou thermolyse** décompose la biomasse à très hautes températures, en absence d'agents oxydants pour donner trois produits : de la bio-huile (65 %), du gaz (20 %) et du charbon (15 %)<sup>14,15</sup>. Le Schéma 4 illustre le procédé de pyrolyse.

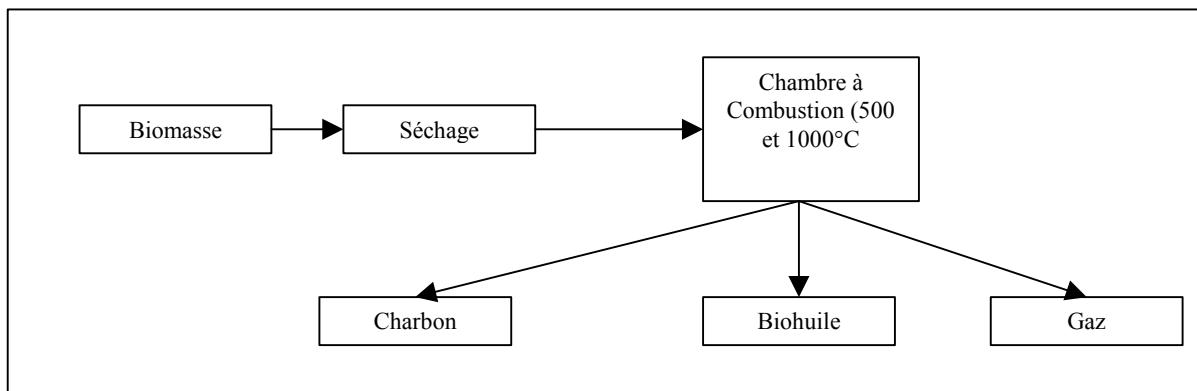
---

<sup>13</sup> *La voie agricole; Du biodiesel de chez nous dans nos véhicules!*; <http://www.lavoieagricole.ca/content/imprimer.cfm?newsid=3146&catid=17>

<sup>14</sup> Traitements thermiques alternatifs; <http://www.cieau.com/toutpubl/sommaire/texte/8/contenu/8581.htm>

<sup>15</sup> Ressources Naturelles Canada; [http://www.canren.gc.ca/tech\\_appl/index\\_f.asp?Cald=2&Pgld=278](http://www.canren.gc.ca/tech_appl/index_f.asp?Cald=2&Pgld=278)



**Schéma 4 – Procédé de pyrolyse**

Les matières premières pour la pyrolyse doivent être séchées avant d'entrer dans la chambre à combustion.

Il existe deux types de pyrolyse<sup>16</sup> :

- La pyrolyse lente (< 500 °C) favorise la fraction solide et liquide.
- La pyrolyse rapide favorise la production de liquide (< 600 °C) ou de gaz (> 1 000 °C).

Selon Ressources Naturelles Canada, la teneur élevée des bio-huiles en eau et en oxygène réduit leur pouvoir calorifique à moins de la moitié de celui du pétrole. Toutefois, la bio-huile possède une faible viscosité et brûle sans difficulté dans des chaudières, fours, turbines et moteurs diesels. De plus, on parvient, en ajoutant des agents de surfaces, à ajouter jusqu'à 40 % de bio-huile au carburant diesel régulier<sup>14</sup>.

Au Québec, le Groupe Pyrovac, faisant la pyrolyse sous vide de déchets organiques, écorces de bois et pneus usés a déclaré faillite en 2002. La cause probable est la mésentente entre les associés. En France, *Thide Environment*<sup>17</sup> a bâti une unité pilote de démonstration de 500 kg/h (1994) et la communauté urbaine d'Arras a ouvert une nouvelle usine de thermolyse, *Arthelyse®* traitant 50 000 tonnes de déchets par an (ordures ménagères, déchets de l'artisanat et du petit commerce et boues de la station d'épuration voisine) en 2004. Au Japon à Nakaminato, une unité de pyrolyse traitant une tonne de déchets bruts (de 30 à 55 % d'humidité) à l'heure a vu le jour en 1999.

<sup>16</sup> Énergies et développement, L'énergie biomasse; <http://www.enerdev.org/biomasse/pyrolyse.html>

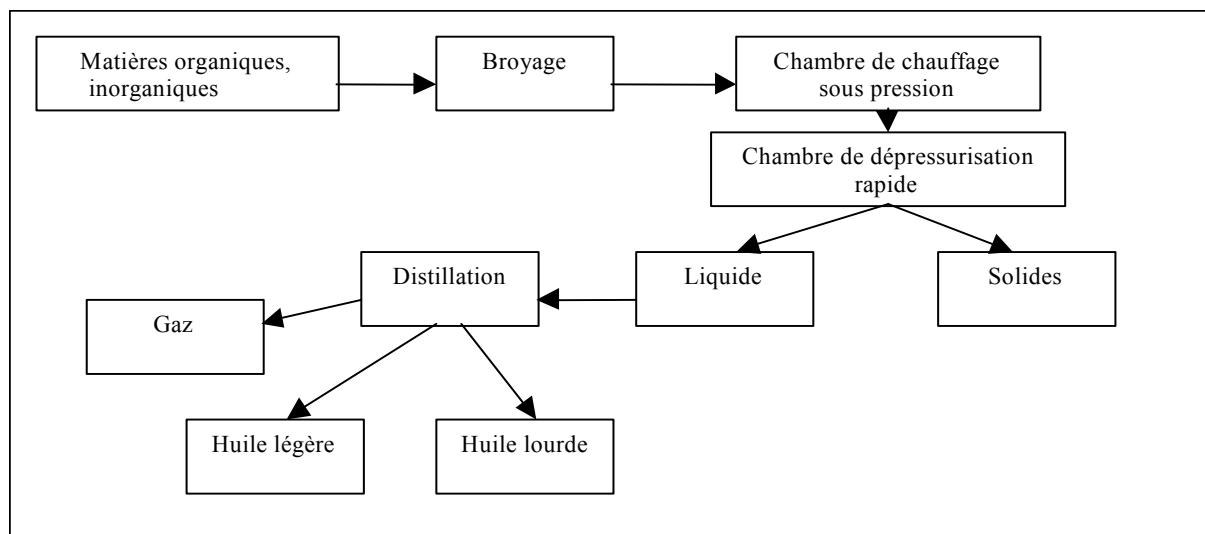
<sup>17</sup> Thide environnement; <http://www.thide.com>



### 3.3.3.2 La conversion thermique (TCP)

La conversion thermique est une imitation du procédé géologique qui produit naturellement les combustibles fossiles. Le produit fini est fonction de la matière première et de la combinaison spécifique de température, pression et du temps de résidence utilisé. Les produits obtenus sont : le gaz, l'huile (hydrocarbone et acide gras) et un solide (charbon et minéraux)<sup>18</sup>.

**Schéma 5 – Procédé de conversion thermique (TCP)<sup>18</sup>**



Ce procédé se différencie de la pyrolyse parce qu'il fonctionne avec une matière première humide (humidité idéale entre 15 et 20 %), parce qu'il permet l'obtention d'une gamme de produits finis facilement séparables et parce que les gaz se produisent à basse température.

L'entreprise *Changing World Technology inc.*<sup>19</sup> possède maintenant deux usines : une pilote à Philadelphie et une industrielle à Cathage, Missouri en partenariat avec *Conagra Food*. Cette dernière compte transformer 200 tonnes de résidus d'abattage de dindes par jour.

<sup>18</sup> Thermal conversion process : <http://encyclopedia.thefreedictionary.com/thermal+conversion+process>

<sup>19</sup> Changing world Technologies inc.; <http://www.changingworldtech.com>



### 3.4 Préfaisabilité technique

Le Tableau 5 résume les principaux avantages et désavantages des options de valorisation des boues des usines d'abattage et de découpe de viandes, en lien avec les résultats des analyses effectuées.

**Tableau 5 – Avantages et désavantages des options présentées**

Options	Avantages	Désavantages
Biodiesel (trans estérification)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fonctionnel à l'échelle industrielle</li> <li>Rendement de 100 %</li> <li>Coût de revient du biodiesel supérieur à celui du gaz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Applicable seulement aux résidus graisseux</li> <li>Les composantes protéiques et glucidiques demeurent non valorisées</li> </ul>
Méthanisation	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bilan énergétique positif</li> <li>Procédé fonctionnel avec des matières premières humides</li> <li>Diminution des gaz à effet de serre</li> <li>Digestat sans odeur</li> <li>Fonctionnel à l'échelle industrielle</li> <li>Valeur ajoutée par rapport au compost</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Exige un prétraitement des déchets organiques (broyage)</li> <li>Coût de revient du gaz inférieur à celui du biodiesel</li> </ul>
Pyrolyse ou Thermolyse	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produit des huiles à faible viscosité, elles brûlent mieux</li> <li>Produit également du charbon</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ne s'appliquerait pas au traitement des boues de façon rentable à cause de leur teneur en humidité</li> <li>Disponible à l'échelle industrielle</li> </ul>
Procédé de conversion thermique	<ul style="list-style-type: none"> <li>Utilise toutes sortes de déchets (organiques, inorganiques et minéraux)</li> <li>Les produits finaux sont facilement séparables</li> <li>Bilan énergétique positif</li> <li>Production d'une gamme de produits : huile, charbon, fertilisants</li> <li>Rendement théorique supérieur à <i>Enerkem</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>N'a pas fait encore ses preuves à l'échelle industrielle</li> <li>Licences non disponibles</li> <li>Demande des investissements importants actuellement</li> <li>Les matières premières humides compromettent la rentabilité du procédé</li> </ul>
Proposition <i>Enerkem</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Combine les avantages de la méthanisation, la production de bio-huile</li> <li>Production d'une gamme de produits : huile, fertilisant, glycérine</li> <li>Technologie développée et disponible au Québec actuellement</li> <li>Investissements inférieurs à TCP</li> <li>Énerkem détient également un brevet TCP</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Rendement théorique inférieur à TCP</li> <li>La combinaison de technologies n'a pas fait ses preuves à l'échelle industrielle</li> </ul>



**Les conclusions principales sont les suivantes :**

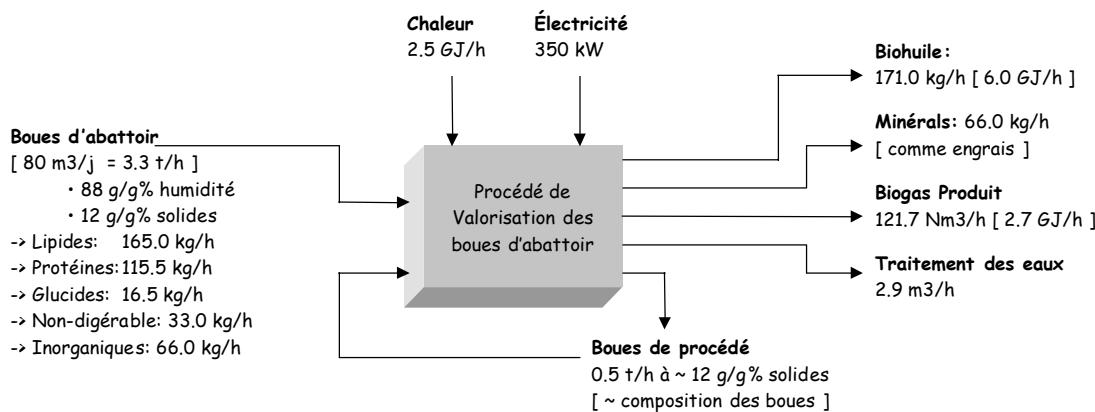
- Le gras est la composante à plus haute valeur ajoutée et une des plus présentes dans les boues (entre 25 et 64 % sur base sèche). La production de biodiesel à partir du gras des boues constitue, à notre avis, l'option à privilégier, étant donné que le biodiesel a une valeur marchande supérieure à celle des autres produits pouvant être générés à partir des boues. Cependant, dans l'option biodiesel les composantes protéiques et glucidiques de la boue demeurent non valorisées. Le procédé de transestérification est connu au Québec et des usines pilotes et industrielles sont déjà installées et fonctionnent bien.
- Des procédés demandant un séchage, telle la pyrolyse, sont automatiquement exclus pour la valorisation des boues, car leur humidité initiale est trop élevée, ce qui compromet la rentabilité du procédé.
- La production de gaz, peu développée au Québec, a surtout du sens si elle est combinée à la production simultanée d'autres produits à valeur ajoutée et s'il est utilisé comme source d'énergie pour les opérations de l'entreprise. Ceci correspond à la proposition d'*Enerkem technologies*. Le Schéma 6 présente leur technologie de façon très simplifiée pour des raisons de confidentialité. Brièvement, les lipides sont transformés en bio-huile par un procédé chimique, les protéines et glucides en biogaz par un procédé biologique, soit en énergie consommée par le procédé (autosuffisant du point de vue énergétique). La portion inorganique est récupérée en tant que minéraux comme engrais et le non-digérable est recirculé dans le système.



Schéma 6 – Technologie de Enerkem



INFORMATION PROTÉGÉE



**Valorisation des boues intégrales**

**Applicable aux boues biologiques du traitement des eaux et les boues agricoles (fumiers inclus)**

Note : Les données sur le schéma doivent être multipliées par 2,75 de façon à pouvoir les appliquer au traitement de 80 000 TM de boues par année.

Note : La composition des boues ayant servi pour les calculs présentés dans le schéma est de 41,6 % de gras, 29,2 % de protéines, 16,6 % de cendres, 4,2 % de glucides.

Le traitement d'au moins 80 000 TM de boues par année (ce qui correspond aux boues générées par les entreprises ayant participé à l'étude) est techniquement et économiquement possible à partir d'une boue de composition moyenne selon les analyses effectués pour produire directement de la bio-huile, des minéraux et du gaz. Le gaz et une proportion de la bio-huile générée sont consommés par le procédé, autosuffisant en termes d'énergie. La proportion restante de la bio-huile est transformée en biodiesel et en glycérine. Ces différents produits, excluant la glycérine, génèrent des revenus de 2 122 027 \$ (Voir Tableau 6).

L'investissement, quant à lui, a été estimé à 8 500 000 \$. Si on calcule l'amortissement sur 10 ans, les dépenses annuelles seraient de l'ordre de 1 700 000 \$ pour l'infrastructure et de 1 800 000 \$ pour les frais d'opération tels que la main-d'œuvre et les consommables (d'autres dépenses tel l'entretien des installations sont probablement incluses et demeurent à préciser avec Enerkem). Les dépenses



annuelles totalisent 3 500 000 \$ générant un déficit de 1 377 973 \$. Ce déficit pourrait être comblé par des droits de disposition d'un minimum de 17,22 \$/tonne. Actuellement, les droits d'enfouissement ou de compostage des boues d'usine d'abattage et de découpe varient entre 24 et 33 \$/tonne. Ceci impliquerait des réductions allant de 6,78 à 15,78 \$/tonne pour les utilisateurs de la technologie.

**Tableau 6 – Estimation du potentiel économique de la technologie Enerkem**

	Production annuelle	Besoins du système GJ	Production nette	Revenus <sup>7</sup> \$
Bio-huile (L)	5 149 237 <sup>1</sup>	25 535 <sup>5</sup>	4 245 862	1 486 051
Glycérine (kg)			566 416 <sup>6</sup>	
Engrais minéral (kg)	1 589 940 <sup>2</sup>		1 589 940	635 976
Gaz (GJ)	65 043 <sup>3</sup>	65 043		
Total		90 578 <sup>4</sup>		2 122 027

<sup>1</sup>  $(171 \text{ kg/h} \times 2,75 \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ j})/0,8 = \text{L/année}$

<sup>2</sup>  $66 \text{ kg/h} \times 2,75 \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ j} = \text{kg/année}$

<sup>3</sup>  $2,7 \text{ GJ/h} \times 2,75 \times 24 \text{ h} \times 365 \text{ j} = \text{GJ/année}$

<sup>4</sup> Calcul du besoin énergétique du système:  $350 \text{ kW} = 1,26 \text{ GJ}$  la consommation totale =  $1,26 \text{ GJ} + 2,5 \text{ GJ} = 3,76 \text{ GJ}$ .  $3,76 \text{ GJ} \times 2,75 \times 24 \times 365 \text{ jours} = 90 578 \text{ GJ/année}$

<sup>5</sup> 1/5 de la production de bio-huile doit être brûlée de façon à générer l'énergie nécessaire au fonctionnement du système

<sup>6</sup> pour 100 kg de diesel on produit 11 de glycérine (voir Schéma 3)

<sup>7</sup> 0,35 \$/Litre de biodiesel et 400 \$ /tonne d'engrais minéral (voir sources à l'Annexe III)

Dans ces conditions avec un investissement (infrastructure) de 8,5 millions, une usine d'une capacité de 80 000 tonnes par année serait viable. Ces estimations ne tiennent pas compte du coût de transport des boues. Une rencontre et une entente de confidentialité entre les utilisateurs potentiels et *Enerkem technologies* permettraient d'avoir des informations plus détaillées.



#### **4. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS**

Dans le contexte politique actuel, avec la guerre en Irak pour le contrôle de l'énergie fossile ou encore, avec l'engagement du Canada à respecter l'accord de Kyoto (qui consiste en une réduction des gaz à effet de 5 % pour 2012), nous croyons que le projet présenté (préfaisabilité technique) prend tout son sens. Le gouvernement fédéral, dans son plan pour atteindre les objectifs de Kyoto, devrait annoncer très prochainement des mécanismes et des programmes permettant la réalisation de ce type d'initiative.

Dans le contexte économique actuel, le Québec et le Canada doivent réduire leur dépendance aux combustibles fossiles non-renouvelables pour se concentrer sur des énergies vertes telles que l'électricité éolienne et des barrages hydroélectriques. Cependant, nos besoins en combustibles fossiles ne diminueront pas rapidement et leurs coûts ne peuvent qu'augmenter. Ce phénomène est déjà bien amorcé et on s'en rend compte en comparant les prix des combustibles des 10 dernières années à l'échelle mondiale. Ceci sans compter que les gouvernements pourraient inciter la consommation de biocombustibles en augmentant les taxes sur les combustibles fossiles et rendant ainsi ces derniers moins compétitifs.

Nous avons observé et constaté lors de nos consultations que le secteur des viandes, par sa concentration géographique, de même que par le volume de boues disponibles, représente un potentiel réel pour la production de bioénergie à partir des boues d'usines d'abattage et de découpe.

Nous recommandons :

- de répertorier et quantifier tout autre résidu issu de l'élevage, de l'abattage et de la transformation des viandes non considéré dans le présent projet, de façon à augmenter la capacité de traitement, et par conséquent, la rentabilité d'une éventuelle usine.
- d'effectuer une étude de faisabilité technique du procédé *Enerkem* à l'échelle pilote afin de valider les quantités calculées et la qualité des produits tels l'engrais et la glycérine.
- d'évaluer la demande et la valeur marchande de l'engrais minéral et de la glycérine.
- de valider la composition et la variabilité des boues en fonction de l'approvisionnement (teneur en humidité, gras, protéines et minéraux) et évaluer les conséquences sur la rentabilité du procédé.



- de faire une étude précise au niveau géographique, concernant la concentration de générateurs de boues et autres résidus potentiels pour l'alimentation d'une usine centrale de production de bio combustible et d'engrais, car les coûts de transport pourraient compromettre la viabilité du projet. L'emplacement d'une éventuelle usine centrale constitue un enjeu stratégique.
- que l'industriel même (ou une association) exploite la future usine de production de biocombustible et utilise les biocarburants produits pour en augmenter ainsi la rentabilité.

Ce présent rapport a été réalisé avec la collaboration de madame Geneviève Martin, Chargée de projet, membre de l'équipe de Cintech agroalimentaire.

---

Maria Barriga  
Directrice R&D, Produits et procédés

---

Rémi Gagnon  
Directeur, R&D, Produits et procédés

---

Date

---

Date



## **Annexe I**

### **Grille d'évaluation des boues**

---



## **PRÉSENTATION DU PROJET AU TÉLÉPHONE**

**Nom de l'entreprise :** \_\_\_\_\_

**Numéro d'établissement :** \_\_\_\_\_

**Usine sous inspection fédérale ou provinciale?** \_\_\_\_\_

**Nom de la (ou des) personne(s) ressource(s) :** \_\_\_\_\_

**Titre :** \_\_\_\_\_

**Date :** \_\_\_\_\_

Nous sollicitons votre participation dans un projet conjoint du Fonds québécois d'adaptation des entreprises agroalimentaires inc. (F.Q.A.E.A) et Cintech agroalimentaire : « Évaluation du potentiel de valorisation des boues d'abattage<sup>20</sup> ». Le Fonds québécois d'adaptation des entreprises agroalimentaires inc. (F.Q.A.E.A), regroupant des intervenants majeurs du secteur, désire s'impliquer pour aider l'industrie du secteur des viandes fraîches à saisir les nouvelles opportunités de valorisation des boues. Cintech agroalimentaire, centre de transfert de technologie œuvrant dans le domaine alimentaire, de la conception à la commercialisation des produits, a le mandat de répertorier et de caractériser les types de boues du secteur des viandes fraîches et d'évaluer des possibilités d'utilisation des points de vue économique, commercial et technique.

Les industriels participant au projet pourraient en retirer des nombreux bénéfices tels que :

- la diminution des coûts reliés à la disposition et au traitement des boues;
- la possibilité d'arriver à des options de valorisation ayant une valeur ajoutée;
- devenir membre partenaire régulier de Cintech agroalimentaire gratuitement<sup>21</sup>;
- recevoir les résultats de la présente étude.

Votre participation consiste à répondre à un questionnaire que vous recevrez par la poste (une quinzaine de questions portant sur votre entreprise et les pratiques en vigueur concernant la gestion de boues). Toutes les données restent confidentielles.

Merci de votre collaboration.

<sup>20</sup> Boues : matières résultant de l'épuration des effluents générés par les procédés d'abattage et/ou de découpe.

<sup>21</sup> Excluant les 5 heures d'assistance technique.



## **LETTRE ACCOMPAGNANT LE QUESTIONNAIRE**

Saint-Hyacinthe, le (date)

M.

Entreprise

Adresse

Nous sollicitons votre participation dans un projet conjoint du Fonds québécois d'adaptation des entreprises agroalimentaires inc. (F.Q.A.E.A.) et Cintech agroalimentaire : « Évaluation du potentiel de valorisation des boues d'abattage (boues)<sup>22</sup> ».

Le Fonds québécois d'adaptation des entreprises agroalimentaires inc. (F.Q.A.E.A.), regroupant des intervenants majeurs du secteur, désire s'impliquer pour aider l'industrie du secteur des viandes fraîches à saisir les nouvelles opportunités de valorisation des boues.

Cintech agroalimentaire, centre de transfert de technologie œuvrant dans le domaine alimentaire, de la conception à la commercialisation des produits, a le mandat de répertorier et caractériser les types de boues du secteur des viandes fraîches et d'évaluer les possibilités d'utilisation des points de vue économique, commercial et technique.

Les industriels participant au projet pourraient en retirer des nombreux bénéfices, tels que :

- la diminution des coûts reliés à la disposition et au traitement de boues;
- la possibilité d'arriver à des options de valorisation ayant une valeur ajoutée;
- devenir membre partenaire régulier de Cintech agroalimentaire gratuitement<sup>23</sup>;
- recevoir les résultats de la présente étude.

Votre participation consiste à répondre au questionnaire ci-joint sur votre entreprise et les pratiques en vigueur concernant la gestion de boues. Toutes les données restent confidentielles. Quelques entreprises seront retenues pour la réalisation d'une entrevue. Vous avez deux semaines pour nous retourner le questionnaire par la poste dans l'enveloppe ci-jointe, déjà affranchie.

Pour plus d'information, veuillez contacter :

Ty Diep

Tél. : (450) 771-4456, POSTE 316

Fax : (450) 771-4451

Merci de votre collaboration.

---

<sup>22</sup> Boues : matières résultant de l'épuration des effluents générés par les procédés d'abattage et/ou de découpe.

<sup>23</sup> Excluant les 5 heures d'assistance technique.

# **QUESTIONNAIRE**

## **– BOUES D'USINES D'ABATTAGE ET DE DÉCOUPE DE VIANDES FRAÎCHES –**

Évaluation du potentiel de valorisation des matières résultant de l'épuration des effluents générés par les procédés d'abattage et/ou de découpe (boues )

Nom de l'entreprise : \_\_\_\_\_

Numéro d'établissement : \_\_\_\_\_

Usine sous inspection fédérale ou provinciale? \_\_\_\_\_

Nom de la (ou des) personne(s) ressource(s) : \_\_\_\_\_

Titre : \_\_\_\_\_

Date : \_\_\_\_\_

1.1. Quel est le nombre d'employés de votre compagnie ?  

---

1.2. Quel est le volume de production annuelle (kg ou nombre de têtes abattues) ?  

---

1.3. Quelle est la nature de vos activités (abattage, découpe) ?  

---

1.4. Quel type de traitement effectuez-vous pour récupérer vos boues (ex : broyage, pressage, flocculation, séchage)?  

---

Quels sont les coûts associés à de tels traitements?  

---

1.5. Quelle est la quantité de boues générée par ces activités sur une base annuelle?  

---

1.6. Quelles sont les principales parties animales retrouvées dans les boues?  

---

1.7. Y a-t-il des particularités saisonnières qui pourraient affecter la composition des boues?  

---

1.8. Avez-vous fait des analyses sur vos effluents, boues et eau traitée? Lesquelles? Seriez-vous prêt à nous transmettre les résultats de telles analyses?  

---

1.9. Comment disposez-vous actuellement de vos boues?  

---

1.10. Quels sont les coûts associés à la disposition de boues sur une base annuelle?  

---

1.11. Quelle est la destination finale des boues?  

---

- 1.12. Avez-vous envisagé des possibilités de valorisation de la boue ou de certains constituants particuliers se retrouvant actuellement dans la boue, mais qui pourraient être valorisés?
- 

Si oui, serait-il possible de modifier les pratiques industrielles à court terme pour concrétiser cette idée ?

---

Sinon, pour quelles raisons? (ex : volumes insuffisants, peu ou pas de demandes, infrastructures non disponibles, pas d'usage connu)

---

- 1.13. Seriez-vous intéressé à participer à un projet pilote de valorisation de boues (dans leur totalité ou certaines composantes)?
- 

Commentaires :

---

## **Annexe II**

### **Analyse des boues : teneur en acides aminés et analyse élémentaire**

---

### Analyse élémentaire des boues évaluées

Analyse *(%)	Boeuf	Veau	Porc	Poulet
Carbone	69,1	47,6	60,5	47,2
Hydrogène	11,1	7,0	9,1	6,6
Oxygène	14,0	22,9	17,4	18,9
Azote	3,7	1,7	6,0	4,7

\*Analyses effectuées par Bodycote, Essais de matériaux Canada inc.

### Analyse des acides aminés des boues d'usines d'abattage et de découpe (base humide)

Analyse (%)	Boeuf	Veaux	Porc	Poulet
Acide aspartique	0,23	0,12	0,20	0,24
Thréonine	0,16	0,06	0,09	0,12
Sérine	0,17	0,06	0,09	0,13
Acide glutamique	0,34	0,17	0,23	0,32
Proline	0,18	0,07	0,11	0,16
Glycine	0,16	0,07	0,09	0,17
Alanine	0,15	0,07	0,11	0,19
Valine	0,14	0,07	0,12	0,19
Cystine	0,03	0,02	0,02	0,05
Methionine	0,05	0,04	0,03	0,08
Isoleucine	0,10	0,06	0,05	0,13
Leucine	0,20	0,11	0,20	0,25
Tyrosine	0,10	0,06	0,05	0,08
Phénylalanine	0,11	0,06	0,10	0,14
Lysine	0,14	0,09	0,15	0,18
Histidine	0,04	0,03	0,08	0,08
Arginine	0,16	0,06	0,09	0,14

\*Analyses effectuées par Bodycote, Essais de matériaux Canada inc.

### Analyse des boues d'usines d'abattage et de découpe (base sèche)

Analyse	Unité	Billette	St-Germain	Olymel Porcs	Olymel Poulets
Acide aspartique	% sec	1,35	1,20	2,86	1,71
Thréonine	% sec	0,94	0,60	1,29	0,86
Sérine	% sec	1,00	0,60	1,29	0,93
Acide glutamique	% sec	2,00	1,70	3,29	2,29
Proline	% sec	1,06	0,70	1,57	1,14
Glycine	% sec	0,94	0,70	1,29	1,21
Alanine	% sec	0,88	0,70	1,57	1,36
Valine	% sec	0,82	0,70	1,71	1,36
Cystine	% sec	0,18	0,20	0,29	0,36
Methionine	% sec	0,29	0,40	0,43	0,57
Isoleucine	% sec	0,59	0,60	0,71	0,93
Leucine	% sec	1,18	1,10	2,86	1,79
Tyrosine	% sec	0,59	0,60	0,71	0,57
Phénylalanine	% sec	0,65	0,60	1,43	1,00
Lysine	% sec	0,82	0,90	2,14	1,29
Histidine	% sec	0,24	0,30	1,14	0,57
Arginine	% sec	0,94	0,60	1,29	1,00

\*Analyses effectuées par Bodycote, Essais de matériaux Canada inc.

## **Annexe III**

## **Références**

---

## **MÉTHANISATION**

- ATEE club biogaz; Le Biogaz; <http://www.biogaz.atee.info/news/fullstory.php/aid/1> et
- Biogas forum; Ecologic, energetic and economic comparison of digestion, composition and incineration of biogenic waste; <http://www.biogas.ch/f+e/oekobil.htm>
- Biogas forum; Le biogaz c'est quoi?; <http://www.biogas.ch/wasist.htm>
- BIOGEM POWER SYSTEMS INC.;  
<http://www.bioalberta.com/ims/client/upload/biogem%20power%20systems%20inc..pdf>
- Cercle National du Recyclage; Le traitement biologique des déchets organiques;  
<http://www.cercle-recyclage.asso.fr/publi/dossiers/divers/bio06.htm>
- <http://www.biogaz.atee.info/news/fullstory.php/aid/24>
- Méthanisation ou fermentation méthanique;  
[http://www.emse.fr/~brodhag/traiteme/fich18\\_4.htm](http://www.emse.fr/~brodhag/traiteme/fich18_4.htm)
- Mortgat Bruno; Nouveau départ pour la méthanisation des déchets; Environnement & technique; n°27; juin 2003, page 27-30
- Nordberg Ake; Treatment of animal waste in codigestion biogas plants in Sweden; JTI-Swedish Institute of Agricultural and environmental Engineering
- Peverelli Chantal; Les déchets animaux comme sources d'énergie renouvelable; Magazine de l'OVF; 1/2004
- Ralph E. H. Sims; Biomass, bioenergy and biomaterials : future prospects; Biomass and agriculture : Sustainability, market and policies, OECD Publication service, Paris, September 2004 pages 37-62.
- RBC Banque Royale - Agriculture et affaires agricoles – référence- technologie; L'Odeur de l'argent;  
[http://www.rbcbanquieroyale.com/agriculture/reference/technologie/tech\\_jul\\_2003\\_001.htm](http://www.rbcbanquieroyale.com/agriculture/reference/technologie/tech_jul_2003_001.htm)
- Ressources naturelles Canada; Bioénergie, technologies et applications, Création de biogaz à partir de bactéries; [http://www.canren.gc.ca/tech\\_appl/index\\_f.asp?Cald=2&PgID=276](http://www.canren.gc.ca/tech_appl/index_f.asp?Cald=2&PgID=276)
- Roy Anne-Marie : Centre d'information sur l'environnement, la faune et les parcs;, 418-521-3830 ou 1 800-561-1616 (communication personnelle)
- Sylvestre Benoît; Biogaz de ferme d'élevage et de bâtiments d'exploitation;; Environmental Technology & management; Hogeschool Brabant, Breda, Pays-Bas.

## **BIODIESEL**

- Bio énergies; Biocarburants; <http://www.biovert.com/journal/articles/biocarbur.htm>
- Brochard Hubert; Du « biocarburants » dans mon tracteur; L'UTILI Terre, sempembre 2004, pages 18-22.
- Bulletin bimensuel; Huile végétale comme carburant de remplacement; Bureau National des grains, Le bulletin bimensuel; volume 6 # 8; 7 mai 1993
- Dubé Catherine; De l'huile à friture dans le moteur; Magazine Québec Science, avril 2004
- Higgins Kevin T.; Diesel fuel from waste; Food engineering; february 2004 pages 71-72
- La voie agricole; Du biodiesel de chez nous dans nos véhicules!;  
<http://www.lavoieagricole.ca/content/imprimer.cfm?newsid=3146&catid=17>
- Rothsay; <http://www.rothsay.ca/montreal.html#bio>
- Scheromm Pascale; Biocarburants : à vos marques; Biofutur- octobre 1993 pages 18-24
- STM; Projet Biobus; <http://www.stcum.qc.ca/info/biobus.htm>
- Turcotte Claude; Portrait-Pour échapper à l'essence; Le Devoir, édition Lundi 26 juillet 2004

## **PYROLYSE OU THERMOLYSE**

- Énergies et développement, L'énergie biomasse;  
<http://www.enerdev.org/biomasse/pyrolyse.html>
- La production de carburants par transformation thermochimique de la biomasse;  
[http://sfp.in2p3.fr/Debat/debat\\_energie/websfp/biomasse.htm](http://sfp.in2p3.fr/Debat/debat_energie/websfp/biomasse.htm)
- Ressources Naturelles Canada;  
[http://www.canren.gc.ca/tech\\_appl/index\\_f.asp?Cald=2&PgId=278](http://www.canren.gc.ca/tech_appl/index_f.asp?Cald=2&PgId=278)
- Ressources Naturelles, faune et parcs, Québec;  
<http://www.mrn.gouv.qc.ca/energie/energie/energie-sources-biomasse.jsp>
- Thide environnement; <http://www.thide.com>
- Traitements thermiques alternatifs;  
<http://www.cieau.com/toutpubl/sommaire/texte/8/contenu/8581.htm>

## **THERMAL CONVERSION PROCESS**

- Anything into Oil; Discover; May 2003 page 51-56
- Changing world Technologies inc.; <http://www.changingworldtech.com>
- Thermal conversion process :  
<http://encyclopedia.thefreedictionary.com/thermal %20conversion %20process>
- Enerkem technologies [www.abacom.com/~cetac/fiches\\_4/F4-11-96f.html](http://www.abacom.com/~cetac/fiches_4/F4-11-96f.html)

## **DONNÉES STATISTIQUES**

- Agence canadienne d'inspection des aliments, Liste des établissement agréés (2002-02-05); <http://active.inspection.gc.ca/active/reglst/RegResults.asp?1=F>
- Agriculture et agroalimentaire Canada; Revue du marché des bestiaux; [http://www.agr.gc.ca/misb/aisd/redmeat/almr2003\\_f.htm](http://www.agr.gc.ca/misb/aisd/redmeat/almr2003_f.htm)
- Institut de la statistique du Québec, Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire du Québec, Les filières animales; [http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/economi/prof\\_bio\\_pdf.htm](http://www.stat.gouv.qc.ca/publications/economi/prof_bio_pdf.htm)

## **PRIX**

- Comax : Prix de l'engrais minéral, Communication personnelle (3 mars 2005)
- Fertival : Prix du compost (ferti-mix) (octobre 2004) par téléphone [http://www.fertilval.com/f\\_produits.php](http://www.fertilval.com/f_produits.php)
- Gaz Métropolitain : Prix du gaz et du gaz de compression (octobre 2004); <http://www.gazmetro.com/index.asp>
- Régie de l'énergie : Prix du diesel et du Mazout, (29-10-2004); [http://www.regie-energie.qc.ca/energie/petrole\\_tarifs.html](http://www.regie-energie.qc.ca/energie/petrole_tarifs.html)