



Une étude préalable intitulée « Traitements de réduction du volume des sous-produits d'abattage par filtration-essorage-pressage » a permis d'identifier et de tester des techniques simples à mettre en place pour réduire les quantités de sous-produits à évacuer des sites d'abattage et de découpe. Cependant, la contrepartie majeure de ce système optimisé est de générer des jus relativement chargés en pollution organique. La méthanisation, processus naturel de dégradation biologique de la matière organique réalisé en absence d'oxygène, appelée aussi fermentation, aboutit à la formation d'un gaz combustible appelé biogaz (CH_4 et CO_2 pour l'essentiel) et d'un résidu liquide ou solide appelé digestat. Cette alternative, qui permet une dégradation de la matière organique couplée à une production de biogaz directement valorisable sur site, apparaît donc comme une solution d'intérêt à la problématique de la gestion des jus d'essorage-pressage des sous-produits d'abattage.

L'objectif principal de cette étude est donc d'évaluer la faisabilité d'un traitement des jus d'essorage-pressage des sous-produits d'abattage par méthanisation.

Devillers P.-H. et al. 2007. Étude Interbev/Ofival : Étude des traitements de réduction de volume des coproduits animaux par filtration, essorage, pressage

Vers une gestion durable
des effluents d'abattoirs

Méthanisation des jus d'essorage- pressage des sous-produits d'abattage

Les entreprises du secteur de l'abattage sont à l'origine de rejets liquides importants susceptibles d'être chargés en polluants organiques et ce d'autant plus qu'elle possède sur site des systèmes de pressage des sous-produits animaux. La méthanisation peut constituer une solution séduisante, car novatrice et durable, à cette problématique.

PROROT A.¹, MAGNY D.², DEVILLERS P.-H.³,
ALEYRANGUES X.³, DAGOT C.⁴, LEPRAT P.¹

¹ UMR Inra 1061, Institut GEIST, Université de Limoges,
87000 LIMOGES

² Ecole nationale supérieure d'ingénieurs (Ensil) 16, Rue Atlantis,
87068 LIMOGES Cedex

³ Adiv, ZAC Parc des Gravanches, 10, rue Jacqueline Auriol,
63039 CLERMONT-FERRAND Cedex

⁴ Groupement de Recherche Eau Sol et Environnement (Grese) – Institut
GEIST, Université de Limoges, 87000 LIMOGES

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les différents effluents analysés

L'ensemble des échantillons analysés dans cette étude ont été prélevés au sein de différents abattoirs participant à ce projet (tableau 1).

Techniques mises en œuvre lors de la caractérisation physico-chimique et biochimique des effluents

La caractérisation biochimique est réalisée pour chaque échantillon. Celle-ci comprend l'analyse des matières totales (MS et MV), des matières particulaires (MES et MVS), du phosphore total, de l'azote Kjeldhal, des lipides, de la DCO, de la DBO₅ et du pH. Le potentiel bio-méthanogène a également été déterminé individuellement pour chaque effluent.

Mélanges représentatifs des différentes typologies d'abattoirs

Les mélanges représentatifs des quatre typologies d'abattoir : « Mixte », « Dominant Ruminant », « Spécialisé Porc » et « Spécialisé Ruminant » ont été élaborés à partir des échantillons individuels. Ils sont constitués d'un mélange de huit effluents présents en différentes proportions (volumes) selon la typologie considérée (tableau 2).

Mesure du potentiel bio-méthanogène (PBM)

Les tests PBM sont réalisés dans des flacons type « pénicilline » dans lesquels 92 ml d'échantillons sont introduits. Des boues de digesteur de la station d'épuration de Limoges (inoculum contenant des micro-organismes) sont ensuite ajoutées à l'échantillon selon un ratio échantillon/inoculum égal à 4 (v/v). Cet inoculum constitue un apport en micro-organismes nécessaire aux différentes étapes de la méthanisation permettant ainsi une digestion optimale de l'effluent. D'autre part, toujours afin de se placer dans les conditions optimales, l'alcalinité du milieu est fixée par ajout de bicarbonate de sodium à 3 g/L.

Chaque flacon est ensuite fermé hermétiquement à l'aide d'un septum couplé à une bague de sertissage en aluminium puis placé à 33 °C dans un agitateur orbital (120 RPM). Le volume total du biogaz produit est mesuré régulièrement à l'aide d'un manomètre de type « U » relié à une aiguille. La composition de ce biogaz est déterminée grâce à un analyseur de gaz Innova (Airtech Instruments).

Essai en fermenteur

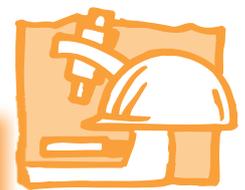
L'objectif de l'essai en fermenteur est identique à celui des tests PBM, c'est-à-dire qu'il consiste en une analyse quantitative et qualitative du biogaz produit à partir d'un échantillon donné. L'avantage de ce test par rapport au test PBM est sa représentativité puisque le volume d'effluent introduit est environ 38 fois supérieur à celui des tests PBM. L'essai en fermenteur a été réalisé sur le mélange « Spécialisé Ruminant » (tableau 2).

Tableau 1
DÉNOMINATION DES DIFFÉRENTS
ÉCHANTILLONS COLLECTÉS ET ANALYSÉS

Abattage	Dénomination	Diminutif
Mixte	Jus compactage refus de dégrilleur	Dégrilleur
Porc	Jus d'échaudage	Échaudage
Mixte	Jus de pressage des matières stercoraires	Mat. Sterc.
Mixte	Jus de compactage des refus de tamisage	Tamisage mixte
Mixte	Graisses de flottation	Graisses
Porc	Lavage des porcs après saignée	Lavage des porcs
Porc	Broyage fiel	Fiels
Porc	Vidage des boyaux (chaudins)	Chaudins
Porc	Jus de broyage des filandres	Filandres
Mixte	Eau de lavage de stabulation	Stabulation
Porc	Jus de compactage des refus de tamisage	Tamisage porcs
Porc	Jus d'épilage	Épilage
Porc	Jus de pressage des soies	Soies
Porc	Thermocoagulation sang clair	Sang clair
Porc	Thermocoagulation sang foncé (début process)	Sang foncé

Tableau 2
COMPOSITION DES MÉLANGES REPRÉSENTATIFS DES DIFFÉRENTES
TYPLOGIES D'ABATTOIR (%VOLUMIQUES)

	Composition du mélange			
	« Mixte »	« Dominant Ruminant »	« Spécialisé Porc »	« Spécialisé Ruminant »
Sang	3,60%	3,20%	3,90%	3,30%
Soies	0,20%	0,20%	0,60%	0,00%
Viscères : boyaux pleins	6,40%	5,30%	2,20%	8,10%
Matières stercoraires	13,20%	13,60%	0,00%	19,10%
Refus de tamisage	1,40%	1,40%	1,70%	1,30%
Graisse de dégraissage	1,30%	1,30%	1,50%	1,10%
Refus de dégrillage	1,00%	1,00%	1,20%	0,90%
Eau de lavage de stabulation	73,00%	74,00%	88,90%	66,30%
Total	100%	100%	100%	100%



RÉSULTATS ET DISCUSSION

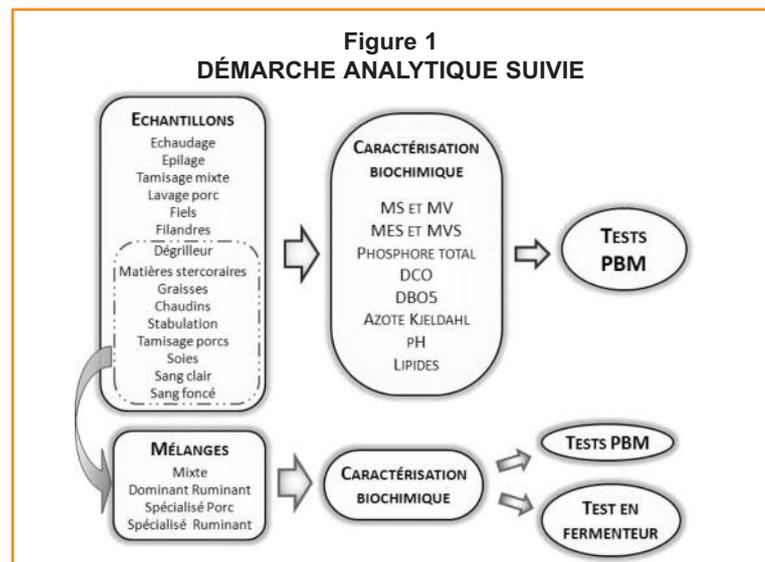
Démarche suivie

Pour évaluer l'aptitude des jus d'essorage - pressage à être méthanisés, chaque échantillon collecté a été caractérisé d'un point de vue biochimique et soumis à un test de potentiel bio-méthanogène. Les essais de faisabilité technique de la méthanisation ont ensuite été réalisés sur les quatre mélanges représentatifs des différentes typologies d'abattoir (tests PBM et test en fermenteur). La démarche analytique suivie au cours de cette étude est schématisée sur la figure 1.

Caractérisation biochimique des différents effluents

La caractérisation biochimique, réalisée individuellement sur chaque effluent, comprend l'analyse des matières particulaires (MES et MVS), des matières totales (MS et MV), du phosphore total, de l'azote Kjeldahl, des lipides, de la DCO, de la DBO₅ et du pH. Les résultats de ces différentes analyses sont résumés dans le tableau 3. Le potentiel bio-méthanogène a également été déterminé pour chaque effluent (figure 2).

Les caractéristiques biochimiques des échantillons sont très hétérogènes. Au niveau des matières totales et particulaires, certains échantillons, comme



les graisses et les fiels, sont très chargés en matières sèches (MS), alors que d'autres sont moyennement chargés, comme les matières stercoraires, les chaudins et les soies. Les autres jus sont relativement peu chargés et notamment les eaux de lavage de stabulation (tableau 2).

De la même façon, les concentrations en phosphore total et en azote Kjeldahl (NTK) sont très variables selon l'échantillon considéré. Les matières stercoraires sont très chargées en phosphore total (1 308 mg P-PO₄/L) et en NTK (3 080 mg N/L). Il en est de même pour les graisses et les jus d'épilage qui ont des concentrations en NTK égales à 9 800 et 9 240 mg N/L, respectivement.

Les échantillons les plus chargés en DCO sont les mêmes que ceux cités précédemment, c'est-à-dire les graisses (242 550 mg O₂/L), les matières stercoraires (35 360 mg O₂/L) et les fiels (183 550 mg O₂/L). Plus le rapport DBO₅/DCO, qui témoigne de la capacité de l'échantillon à se dégrader, est proche de 1, plus l'effluent est biodégradable. Les fiels, dont le rapport est égal à 0,02, présentent donc une très faible biodégradabilité en comparaison avec le jus de tamisage porcs (rapport = 0,74), qui lui, semble fortement biodégradable.

Le potentiel bio-méthanogène peut être exprimé de différentes manières.

Tableau 3
RÉSULTATS DE LA CARACTÉRISATION BIOCHIMIQUE DES JUS D'ESSORAGE-PRESSAGE DES SOUS-PRODUITS D'ABATTAGE

	MES (g/L)	MVS (g/L)	MS (g/L)	MV (g/L)	Ptot (mg P-PO ₄ /L)	NTK (en mgN/L)	Lipides (en mg/L)	DCO (mgO ₂ /L)	DBO ₅ (mg/L)	Rapport DBO ₅ /DCO	pH
Dégrilleur	0,43	0,39	6,61	1,1	89,6	602	45,25	4 341	1 100	0,25	7,01
Échaudage	0,43	0,51	1,47	1,01	152	770	126,25	1 865	1 000	0,54	7,02
Matières stercoraires	5,38	3,78	32,91	17,7	1 308	3 080	165,25	35 360	5 500	0,16	7,42
Tamisage mixte	0,32	0,32	6,21	0,86	99,6	238	124,25	4 091	1 200	0,29	7,03
Graisses	47,1	42,52	134,51	117,09	548	9 800	645	242 550	55 000	0,23	6,75
Lavage porcs	0,29	0,4	2,51	1,72	460	770	78,75	4 405	3 000	0,68	7,14
Fiels	12,66	13,04	100,48	90,25	332	6 380	893	183 550	4 000	0,02	6,99
Chaudins	9,59	9,09	24,47	22,8	420	1 162	108,5	15 820	5 200	0,33	6,37
Filandres	1,97	1,79	13,82	11,74	320,8	5 630	247,75	24 350	30 000	1,23	6,59
Stabulation	1,75	1,49	3,65	2,5	353,6	560	75,75	4 581	1 000	0,22	7,26
Tamisage porcs	1,28	1,39	3,76	2,55	230,4	728	49	5 915	4 400	0,74	6,95
Épilage	1	1,23	11,64	9,75	229,2	9 240	82	43 940	7 600	0,17	7,05
Soies	2,34	2,34	18,01	15,09	182,4	4 200	128,75	34 960	nd	nd	7,14
Sang clair	1,06	1,11	6,95	3,37	178,4	3 080	101	44 050	nd	nd	7
Sang foncé	1,56	1,45	15,65	7,28	450	7 560	137,25	42 975	nd	nd	6,94

GLOSSAIRE

pH - Le pH est la mesure de l'acidité d'une solution.

Une solution qui a un pH de 7 est neutre c.à.d. qu'elle n'est ni acide ni alcaline. Les valeurs de pH qui sont inférieures à 7 indiquent que le liquide est acide, lorsque les valeurs sont supérieures à 7, le liquide est alcalin.

DCO - demande chimique en oxygène

C'est la quantité d'oxygène qui est consommée par les processus d'oxydation non biologique pendant un laps de temps déterminé. La DCO donne une évaluation grossière de la quantité de matières oxydables présente dans l'échantillon considéré.

DBO₅ - demande biochimique en oxygène à 5 jours

Quantité d'oxygène dissous qui est consommée par les organismes vivants pour leurs besoins respiratoires pendant un laps de temps déterminé. La DBO₅ est la demande biochimique en oxygène sous 5 jours.

MES (ou M.E.S) - matières en suspension

Les matières en suspension (MES) représentent le matériel, organique ou inorganique qui est en suspension mais qui n'est pas en solution le liquide étudié. Les unités utilisées pour caractériser les MES sont g/L.

MVS (ou M.V.S) - matières volatiles en suspension

La fraction des solides volatiles est un autre paramètre qui permet d'évaluer le contenu en matière organique d'un échantillon de fumier/lisier ou une boue. La valeur des MVS est exprimée en pourcentage des MES sur une base de masse (%), ou sur une base massique pour un volume donné de matériel évalué (g/L).

MS - matières sèches (MS)

Quantité totale de matières sèches (dissoutes et solides) après séchage à 105 °C. Le pourcentage de matière sèche est le ratio entre le poids de la matière sèche et le poids de la matière non-sèche (hydratée). L'unité utilisée est généralement g/L.

MV - matière volatile

Quantité totale de matières restante d'un échantillon placé à 550 °C dans un four. L'unité utilisée est généralement g/L.

AGV - acides gras volatiles

Ils sont produits en grande quantité au cours des phases d'acidogénèse et lors des traitements thermiques. On identifie les composés allant de C1 à C8 ou C10, le plus connus étant les acides butyrique (odeur de rance) et valérique (odeur de sueur).

Figures 2 (A ET B)
POTENTIELS BIO-MÉTHANOGENES INDIVIDUELS DES ÉCHANTILLONS (EN V_{MÉTHANE CUMULÉ} (mL)/G_{MS})

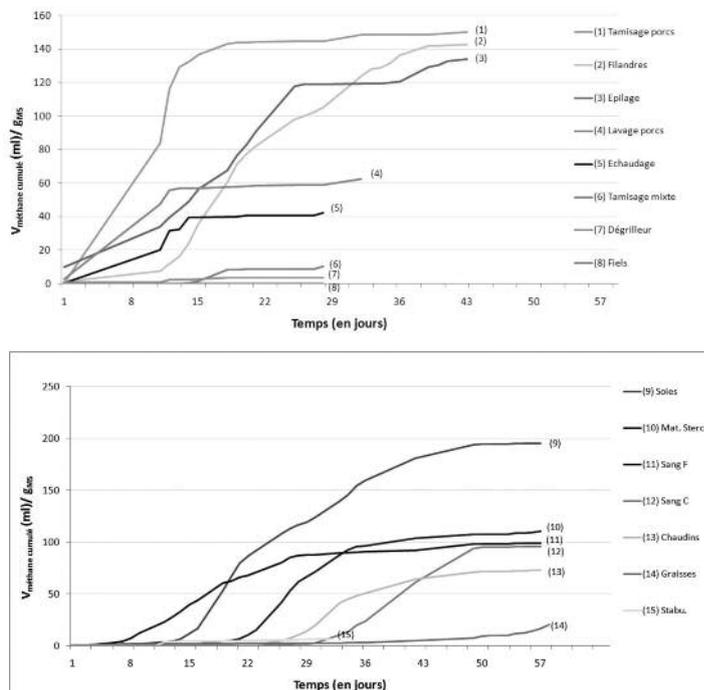
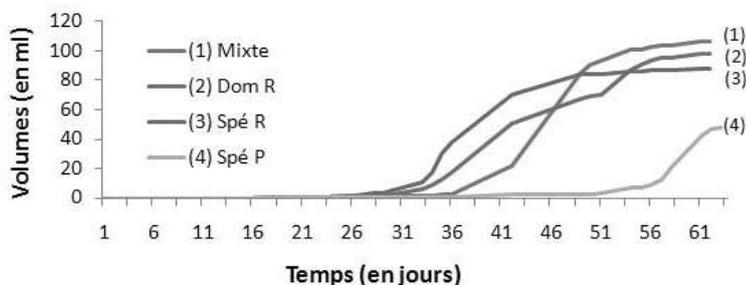


Figure 3
POTENTIELS BIO-MÉTHANOGENES DES MÉLANGES (EN V_{MÉTHANE CUMULÉ} (mL)/G_{MS})



Au cours de cette étude, la composition du biogaz produit a été analysée pour déterminer sa teneur en méthane. Il a donc été choisi d'exprimer le potentiel bio-méthanogène de chaque jus en volume de méthane cumulé (mL) par gramme de MS (g_{MS}) introduit (figure 2).

D'une manière globale, les courbes obtenues présentent une allure générale en trois phases, à savoir :
Phase 1 : faible augmentation au départ du volume de méthane produit,
Phase 2 : augmentation importante du volume produit,
Phase 3 : plateau avec atteinte du volume maximal de méthane produisible.

Ces trois phases correspondent aux différentes étapes de la méthanisation. La phase 1 a une durée plus ou moins longue selon les échantillons car la digestion est initiée plus ou moins rapidement en fonction des propriétés biochimiques de l'échantillon considéré. Le plateau final observé, témoignant de l'arrêt de la production de biogaz, indique que la digestion anaérobie est terminée.

Les échantillons qui produisent le plus de méthane par g_{MS} au cours de la digestion anaérobie sont les soies (195,5 ml/g_{MS}), les jus de tamisage porcs (149,9 ml/g_{MS}), les filandres (142,6 ml/g_{MS}) et les jus d'épilage (133,6 ml/g_{MS}). Ce sont

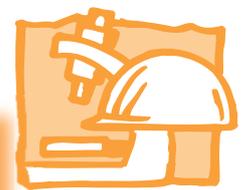
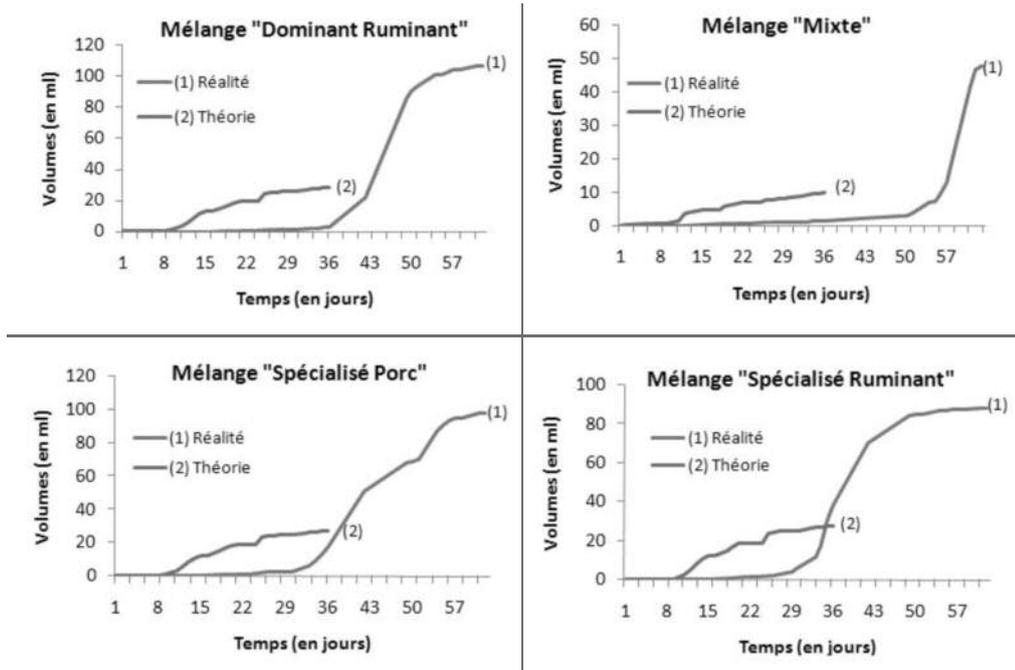


Figure 4
POTENTIELS BIO-MÉTHANOGENES THÉORIQUES ET RÉELS DES MÉLANGES
(EN $V_{\text{MÉTHANE CUMULÉ/G}_{\text{MS}}}$)



donc ces échantillons qui présentent le meilleur potentiel bio-méthanogène. De la même façon, il est intéressant de noter que les effluents qui présentent les plus faibles potentiels bio-méthanogènes sont les eaux de lavage de stabulation (6,7 ml/g_{MS}), le dégrilleur (3,3 ml/g_{MS}), les jus de tamisage mixte (10,3 ml/g_{MS}) et les fiels (0,03 ml/g_{MS}).

Mesure du potentiel bio-méthanogène des mélanges représentatifs des différentes typologies d'abattoirs

Dans cette partie, le devenir des différents mélanges (tableau 2) au cours de la digestion anaérobie est présenté. À partir de ces mélanges, deux types d'essais en laboratoire ont été réalisés :

- des tests PBM, réalisés dans les mêmes conditions que précédemment, ont été effectués à partir de chaque mélange (figures 3 et 4),
- un essai en fermenteur a été effectué à partir du mélange « Spécialisé ruminant » (figure 5).

Les courbes obtenues sur les quatre typologies d'abattoir ont la même allure générale en trois phases que celles obtenues pour les échantillons individuels. En revanche, la

phase 1, plus marquée, indique clairement que l'initiation de la méthanisation est beaucoup plus longue. En effet, la phase de production de méthane ne débute qu'au 30^e jour pour trois mélanges sur quatre. Le mélange « Spécialisé Porc » présente un retard plus important que tous les autres mélanges.

Comme les jus ont été testés individuellement et comme les proportions de chaque jus dans les mélanges sont connues, il est possible de déterminer le comportement théorique de chaque mélange et de le comparer à la production réelle observée (figure 4). Afin de déterminer la production de biogaz théorique des différents mélanges, les volumes de méthane produit par jour à partir de chaque échantillon composant le mélange ont été additionnés.

La comparaison des courbes théoriques et des courbes réelles (figure 4) fait apparaître des cinétiques de la digestion anaérobie très différentes. Les résultats obtenus mettent en évidence un temps de latence plus important sur l'allure réelle des mélanges par rapport à l'allure théorique prévue, ce qui laisse supposer un phénomène d'inhibition de la méthanisation lié à la présence d'un ou de plusieurs échantillon(s) inhibiteur(s) dans le mélange.

En revanche, quel que soit le mélange considéré, on constate une « surproduction » de la quantité totale de méthane produite par rapport à la production théorique de méthane, indiquant ainsi un phénomène de synergisme entre les échantillons composant les différents mélanges.

Il est intéressant de noter que l'échantillon, « eaux de lavage de stabulation », se retrouve dans des proportions très importantes (de 66,3 % à 88,9 %) (tableau 2) alors que son potentiel bio-méthanogène est faible. Par ailleurs, la proportion de cet échantillon est la plus importante dans le mélange « Spécialisé Porc » dont l'inhibition est la plus marquée. Il est donc probable que l'effluent « eaux de lavage de stabulation » soit à l'origine de l'inhibition observée pour chaque mélange, probablement en raison du fait qu'il contient peut être des produits lessiviels et/ou désinfectants.

Essai en fermenteur

En parallèle des tests PBM, un essai en fermenteur a été réalisé sur le mélange collecté dans l'abattoir « Spécialisé Ruminant ». L'avantage d'un tel essai est principalement sa plus forte représentativité par rapport aux tests PBM car le volume d'échantillon introduit est ici 38 fois

plus important que dans les tests PBM. Les résultats obtenus sont donc plus proches de la réalité d'une installation industrielle.

Sur la figure 5 sont représentées les courbes réelles et théoriques obtenues au cours de l'essai en fermenteur pour le mélange « Spécialisé Ruminant ». La production de méthane théorique (26,50 ml/g_{MS}) est nettement plus importante que la production de méthane réellement obtenue (1,96 ml/g_{MS}). L'inhibition observée lors de l'initiation de la méthanisation par rapport à la production théorique de méthane, confirme les résultats observés lors des tests PBM.

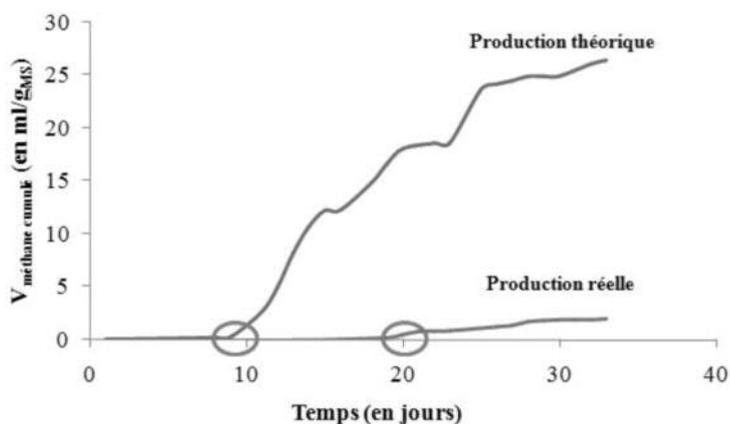
Les résultats de l'essai en fermenteur (figure 5) sont cohérents avec ceux obtenus par les tests PBM puisque la production de méthane s'accroît également à partir du 34^e jour (figure 4).

CONCLUSION

La méthanisation a été envisagée comme une solution durable et novatrice pour les abattoirs qui génèrent de nombreux produits fermentescibles issus de la biomasse animale. L'objectif de cette étude était donc de vérifier si la méthanisation pourrait être techniquement envisageable pour prétraiter les jus d'essorage-pressage des sous-produits d'abattage. La faisabilité technique de la digestion anaérobie sur plusieurs échantillons a donc été évaluée en laboratoire à partir de deux séries de tests : les tests PBM et un essai en fermenteur après une caractérisation biochimique complète des différents effluents.

Parmi les jus analysés individuellement, les résultats obtenus mettent en évidence un bon potentiel bio-méthanogène pour les jus de pressage des soies, les jus de compactage des refus de tamisage porcs

Figure 5
PRODUCTION DE MÉTHANE THÉORIQUE ET RÉELLE DU MÉLANGE « SPÉCIALISÉ RUMINANT » LORS DE L'ESSAI EN FERMENTEUR (V_{MÉTHANE CUMULÉ} (mL)/G_{MS})



et les jus d'épilage. En revanche, les eaux de lavage de stabulation produisent très peu de méthane cumulé par G_{MS} introduit. Pour étudier la faisabilité de la méthanisation sur les mélanges, des tests PBM et un essai en fermenteur (mélange « Spécialisé Ruminant ») ont été suivis en parallèle. Au cours de ces différents essais, une inhibition de la production de biogaz a clairement été identifiée, ce qui a permis par ailleurs de mettre en évidence une très bonne corrélation entre les différents essais réalisés à l'échelle du laboratoire.

D'une manière générale, la méthanisation permet une bonne élimination de la matière organique et des matières sèches.

Une analyse économique doit être réalisée pour préjuger de l'intérêt de la méthanisation en vue d'éliminer des effluents produits dans les abattoirs. La compréhension et la résolution de l'inhibition observée sur certains mélanges sont aussi des éléments à mieux comprendre.

Afin d'optimiser la digestion anaé-

robie sur ce type d'effluent, il serait judicieux de suivre plus régulièrement les paramètres (pH, AGV, DCO soluble, DCO dégradée) pour mieux appréhender les phénomènes et réactions biologiques influençant la méthanisation. D'autre part, l'optimisation de la méthanisation des mélanges nécessiterait de redéfinir les différents types d'effluents à inclure ainsi que leur proportion. Les eaux de lavage de stabulation sont relativement peu chargées en pollution organique par rapport aux autres échantillons. Elles pourraient certainement être prétraitées séparément avec un tamisage fin par exemple.

Enfin, il serait aussi peut-être possible d'optimiser la phase limitante d'hydrolyse de la méthanisation en plaçant en amont un dispositif adapté de prétraitement des jus de type mécanique, physico-chimique ou autre? La réponse à toutes ces interrogations doit nécessairement passer par la mise en œuvre de nouvelles études et la poursuite de nouveaux essais.