



Programme de recherche
sur la Biomasse

Valorisation bioénergétique de fumiers de volailles ("GALIGAZ")

Présenté par

**Yves Membrez, EREP SA, chef de projet; Elisabeth Clément-Arnold,
KADIMA INGÉNIEUR-CONSEIL; Jean-Paul Schwitzguébel, EPFL-LBE;
Bernard Dubois, EPFL-LBE; Christian Kuhn, EPFL-LBE; Claude Heckly,
OPTIGAL SA**

Sur mandat de
L'Office fédéral de l'énergie

Projet n°: 30 623
Contract n°: 70 540

Mars 2000

Rapport final

**VALORISATION BIOÉNERGÉTIQUE
DE FUMIERS DE VOLAILLES
“GALIGAZ”**

Contrat N° 70'540

RAPPORT

Mandataire

EREP SA
Chemin du Coteau 28
1123 ACLENS

Tél. : 021.869.98.87
Fax : 021.869.97.94
E-mail : erep@iprolink.ch

Responsable :
Yves MEMBREZ,
ing. dipl. ETS/UTS, EUR-ING

Partenaires

- Mme Elisabeth CLEMENT-ARNOLD
(KADIMA INGENIEUR CONSEIL)
1580 AVENCHES
- Dr Jean-Paul SCHWITZGUEBEL
M. Bernard DUBOIS
M. Christian KUHN
(EPFL – LABORATOIRE DE
BIOTECHNOLOGIE ENVIRONNEMENTALE)
1015 LAUSANNE
- M. Claude HECKLY
(OPTIGAL SA)
1010 LAUSANNE

Mars 2000

REMERCIEMENTS

Outre les producteurs de volaille qui ont fourni la matière première et ont manifesté leur intérêt pour cette étude, il a été particulièrement agréable et enrichissant de collaborer avec des spécialistes dont les compétences pour certains ont été sollicitées à plusieurs reprises : citons M. Widmer, de l'Ecole Suisse d'Aviculture (aviculture en Suisse, aspects techniques), M. Claude Chaubert, de la Station fédérale de recherches en production animale (additifs alimentaires), M. Stefan Heller, de l'Institut de recherches en agriculture biologique (élevages biologiques), M. Daniel Bohnenblust, de l'Office fédéral de la statistique (listes de statistiques avicoles en Suisse).

Nos remerciements s'adressent aussi à MM. Claude Heckly, Dr Anton Grub et Hansueli Reusser, de la société OPTIGAL SA, ainsi qu'à M. Thurre, responsable de l'usine OPTISOL à Saillon, qui nous a assistés et abondamment documentés dans la phase initiale du projet.

TABLE DES MATIÈRES

I. INTRODUCTION

II. PROJET INITIAL

- II.1 Objectifs
- II.2 Recherche bibliographique
- II.3 Description des fumiers de volaille
- II.4 Présentation de l'usine OPTISOL SA
- II.5 Essais de percolation / digestion
- II.6 Conclusions

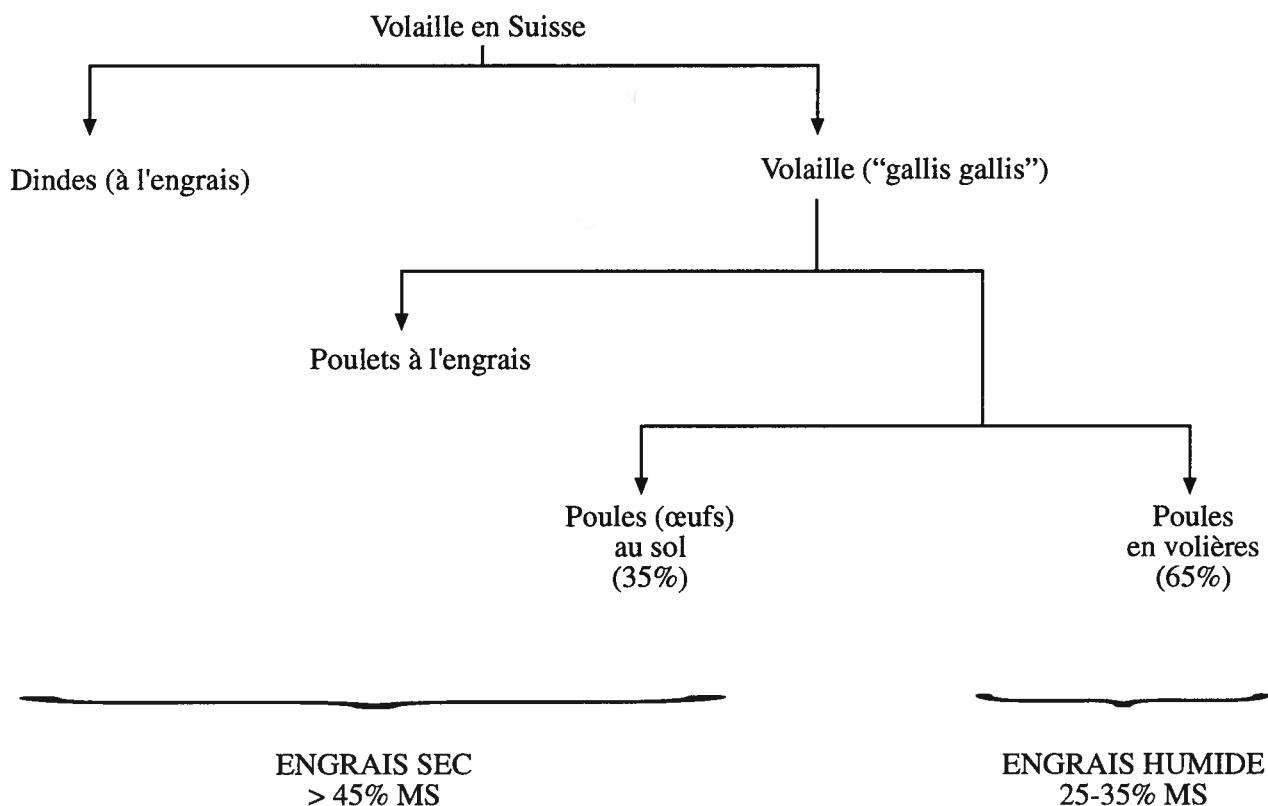
III. PROJET MODIFIÉ

- III.1 Nouveaux objectifs
- III.2 Essais de digestion de fientes fraîches
- III.3 Les exploitations avicoles en Suisse
- III.4 Sites possibles pour la méthanisation

IV. CONCLUSIONS / RECOMMANDATIONS

ANNEXES

- Références bibliographiques
- Photos des essais de percolation (été 1999)
- Analyses des fumiers selon les types de litières
- Photos de l'usine OPTISOL
- Evaluation industrielle : "BIOSELECT-PERCOLATOR"
- Photos des essais de digestion (automne 1999)
- Résultats des essais de digestion
 - boues digérées STEP MORGES : — tableau
— production biogaz
— DCO entrée / sortie
— NH4 entrée / sortie
— mat. volatiles entrée / sortie
 - boues bovines LULLY : — tableau
— production biogaz
— DCO entrée / sortie
— NH4 entrée / sortie
— mat. volatiles entrée / sortie
- Carte 1 : Répartition des districts de Suisse à densité importante de volaille
- Carte 2 : Communes de Suisse à densité importante de volaille, par type dominant de volaille (région est)
- Carte 3 : Communes de Suisse à densité importante de volaille, par type dominant de volaille (région centre)
- Carte 4 : Communes de Suisse à densité importante de volaille, par type dominant de volaille (région ouest)



I. INTRODUCTION

L'élimination ou la valorisation du fumier constitue un problème important pour l'engrangement professionnel de volailles et pour la production d'œufs. L'engrangement de volailles s'effectue pour l'essentiel sous contrat avec de grands distributeurs. Le marché est en Suisse dominé par OPTIGAL SA (MIGROS) et par SEG POULETS AG (COOP) qui, ensemble, en détiennent 75%. Ces deux entreprises sont en relation avec des agriculteurs exploitant près de 730 halles de poulets et de dindes.

La production annuelle de fumier de volailles se situe en Suisse à près de 75'000/80'000 t/a. Une part non négligeable de ces engrains de ferme n'est pas au bénéfice de contrats de reprise, si bien qu'on peut estimer qu'une valorisation énergétique permettrait de régler le problème posé par 15'000/20'000 t/a.

L'utilisation de fientes comme **combustible** a été démontrée à grande échelle industrielle par le groupe britannique FIBROWATT, lequel a développé un système de production électrique par turbinage de vapeur à 450°C produite dans des chaudières alimentées avec des fumiers de volailles. Le procédé dispose de trois sites de référence :

— EYE/Suffolk (GB) :

- 150'000 t/a de fumiers de volailles ramassés dans un rayon de 50 km autour de la centrale
- puissance électrique : – brute : 14 MWe
– nette : 12,7 MWe
- énergie produite : 101 GWh/a
- investissement : 22 Mio £
- mise en service : juillet 1992

— GLANFORD/North Lincolnshire (GB) :

- 170'000 t/a de fumiers de volailles
- stockage de 15'000 m³ (10 jours de fonctionnement)
- puissance électrique : – brute : 15,13 MWe
– nette : 13,5 MWe
- investissement : 24 Mio £
- mise en service : novembre 1993

— THETFORD/Norfolk (GB) :

- 450'000 t/a de fumiers de volailles
- stockage de 10'000 t (7 jours de fonctionnement)
- puissance électrique : – brute : 38,5 MWe
- énergie électrique produite : 308 GWh/a
- investissement : 69 Mio £
- mise en service : octobre 1998

Le résidu d'incinération représente 10% du tonnage entrant et constitue un fertilisant stérile et concentré en phosphore et en potassium. Ce produit appelé FIBROPHOS peut être épandu sur des surfaces agricoles. FIBROWATT annonçait pour 1999 la mise en chantier de 3 unités de 12,5, 20 et 35 MW en Italie.

Dans notre pays, et à une toute autre échelle, le projet “APOLLO I - Energiegewinnung aus Hühnermist”, soutenu par l'Office fédéral de l'énergie, vise à la **valorisation thermique** de fumiers de volailles (sous forme brute, de briquettes ou de pellets) dans des chaudières conçues pour du bois en bûches, dans des gammes de puissance correspondant à du chauffage individuel (<100 kWth).

Le projet “GALIGAZ” a pour but d'évaluer la faisabilité technique et économique de la **méthanisation** comme filière de valorisation des fumiers de volailles sous forme d'engrais et d'énergie (biogaz). Le concept envisagé consiste en une **centralisation** du traitement sur un site industriel par opposition à l'incorporation de ces fumiers dans des digesteurs agricoles traitant des purins ou des lisiers de bovins ou de porcs.

Il s'inscrit dans le respect de la législation en vigueur, laquelle prescrit :

- à l'art. 14, 2^e alinéa de la loi fédérale sur la protection des eaux (Leaux) que “les engrains de ferme doivent être utilisés dans l'agriculture, l'horticulture et le jardinage selon l'état de la technique et d'une manière compatible avec l'environnement”.
- à l'art. 9, 2^e alinéa de la loi fédérale sur la protection des eaux (Oeaux) que “les eaux à évacuer provenant du traitement des engrains de ferme, de la production hors sol et de procédés de production végétale ou analogue, doivent être utilisées dans l'agriculture ou dans l'horticulture, conformément à l'état de la technique et dans le respect des exigences de l'environnement”.

II. PROJET INITIAL

II.1 Objectifs

Les grands distributeurs du secteur alimentaire étant sollicités par les agriculteurs engrasant des volailles afin de reprendre et de traiter les fumiers, il a tout d'abord semblé opportun d'évaluer la possibilité d'intégrer une étape de méthanisation dans une chaîne comportant déjà le ramassage, le conditionnement et la commercialisation des fumiers de volailles. Ce système est pratiqué par la société OPTIGAL SA, filiale du groupe MIGROS, puisque les fumiers en provenance des halles de souches parentales, sont traitées dans une usine implantée à SAILLON (VS) et appartenant à la société OPTISOL, également filiale de MIGROS.

L'objectif du projet initial visait donc :

- à examiner la faisabilité technique de cette intégration;
- à établir un avant-projet pour une unité de démonstration.

Dans le cadre de l'évaluation technique, la démarche suivante a été suivie :

- recherche bibliographique sur la méthanisation des fumiers de volailles;
- enquête destinée à déterminer les caractéristiques de ces sous-produits;
- évaluation des possibilités d'intégration d'une unité de biogaz sur le site OPTISOL de SAILLON (VS);
- recherche technologique auprès de constructeurs d'installations de biogaz.

Au vu des résultats et données obtenus lors de ces étapes de travail, il s'est avéré nécessaire (pour des raisons qui sont exposées plus loin) de compléter cette phase par des :

- essais de percolation et de digestion de la partie liquide.

II.2 Recherche bibliographique

Le fumier de volailles est particulièrement nuisant en raison des odeurs dégagées et de sa charge polluante élevée. Dans de nombreux pays, les problèmes sont amplifiés par de larges concentrations d'animaux.

Les matériaux utilisés généralement pour la litière sont la sciure et les copeaux de bois, la paille de blé, les coques de cacahuètes ou de riz. Pendant l'engraissement de poulets en batterie, les déjections accumulées sont mélangées avec la litière. Le fumier reflète donc ce mélange de déjections et de litière : lors de son enlèvement, le fumier peut contenir au moins 25% de litière. Environ 1500 kg (poids sec) de fumier sont produits pour 1000 poulets sur un cycle de croissance de 10 semaines.

La production de fumier est influencée par :

- l'âge et la lignée de poulets;
- la densité du confinement;
- la ration alimentaire;
- le taux de conversion de la nourriture;
- le type et la quantité du matériau de la litière;
- la teneur en humidité de la litière;
- le type de plancher;
- les conditions climatiques durant l'accumulation du fumier;
- la matière organique et les pertes en azote.

Aussi bien les déjections que le fumier sont composés principalement d'eau et de carbone, avec une quantité plus faible d'azote, de phosphore et de potassium, et encore moins d'autres éléments comme Cl, Ca, Mg, Na, Mn, Fe, Cu, Zn et As.

Les déjections contiennent moins de carbone et de fer, mais plus d'azote, de phosphore, Cl, Ca, Na, Cu et Zn. Elles contiennent aussi beaucoup plus d'eau que le fumier, puisqu'elles ne sont pas mélangées avec la litière. La qualité et la quantité des déjections dépendent de nombreuses variables physiologiques et de management. Les paramètres de management sont nombreux : quantité et qualité de l'eau utilisée pour le nettoyage, le temps d'accumulation, l'endroit de la fosse où le déchet est prélevé, associé avec les systèmes de gestion des déjections, chacun pouvant affecter la qualité du déchet. Entre 13 et 17 kg (poids sec) de déjections sont produits par jour pour 1000 kg de poulets de batterie ou de poules pondeuses.

Le taux de mortalité atteint 3 à 5% pendant le cycle de production. Les oiseaux morts peuvent constituer une proportion non négligeable des déchets générés par la production de poulets en batterie et représentent un problème concret pour les producteurs. Toutefois, leur élimination n'est pas traitée dans le présent rapport.

Les déchets d'élevages de volailles étaient utilisés communément comme fertilisant, lorsque le volume à traiter était relativement faible et largement dispersé. En plus fortes quantités, ces déchets sont indésirables comme fertilisant à cause des mauvaises odeurs et de leur forte teneur en ammonium qui peut être nuisible pour les cultures. Les déchets de poulet contiennent plus de 37% de carbone, et des substrats carbonés en suffisance pour être convertis en produits à valeur ajoutée.

Trois grandes voies de valorisation sont possibles pour les fumiers : engrais pour les plantes, production d'énergie (méthane ou éthanol) et usages combinés (production de méthane et utilisation des résidus comme fertilisant (3, 5)).

II.2.1 Production de biogaz

Plusieurs variables influencent la génération de biogaz : pH, alcalinité, concentration d'acides volatiles, température, disponibilité en nutriments et matières toxiques. Les facteurs

opérationnels importants incluent la composition des substrats organiques, le temps de rétention, la concentration en substrats, le taux de charge organique, le degré de mélange et de chauffage.

Pour la digestion anaérobiose des déjections, on recommande un rapport C/N de 16/1, un temps de rétention de 40 jours, un taux de charge de 2,4 kg de solides volatiles par jour et par m³. Ainsi, un digesteur de 4 m³ semble approprié pour traiter les déjections de 1000 kg d'animaux. Une concentration en solides de 5 à 8% semble optimale.

Le fumier de poule n'est a priori pas très favorable pour un traitement par digestion anaérobiose à cause de ses caractéristiques physiques et chimiques. Les problèmes rencontrés incluent les aspects mécaniques tels que le mélange, le tamisage, le pompage et la tuyauterie, la formation d'une croûte, l'accumulation de matière solide sur les grillages.

II.2.2 Digestion anaérobiose à l'échelle laboratoire

- Les déchets de volaille ont une forte teneur en matière sèche (au moins 25%). Un processus batch semble approprié si ces déchets ne sont pas dilués. Un processus en continu nécessite une dilution avec de l'eau, la concentration optimale de matière sèche semblant se situer entre 6 et 8% (1, 14). Un inoculum important au départ (50%) semble nécessaire pour obtenir des résultats satisfaisants. Pour des déjections diluées à 6% de matière sèche et pour un temps de résidence de 15 jours, 338 l de biogaz (69% de méthane) sont produits par kg de matière sèche. L'effluent peut être utilisé comme fertilisant (1).
- Pour des déjections contenant initialement entre 26 et 38% de matière sèche, il est nécessaire de diluer au moins jusqu'à l'obtention d'une teneur en matière sèche de 11-14%. Le temps de rétention moyen se situe entre 27 et 28 jours dans un réacteur à lit fixe. L'effluent contient entre 4 et 6 g par litre d'azote ammoniacal, ce qui ne semble pas inhiber la production de biogaz. L'addition d'éléments traces (Fe, Co, Ni, Mo, Mn) est toutefois recommandée. Le processus de fermentation permet de réduire 40% de la DCO, d'éliminer les mauvaises odeurs, de réduire le nombre de microorganismes pathogènes et de graines, de produire du biogaz (environ 1 m³ par kg de matière organique dégradée) et de transformer l'azote organique en azote ammoniacal (9, 10, 11).
- Les eaux usées résultant du traitement de poulets élevés en batterie ont été traitées dans un réacteur à lit fixe alimenté en continu en flux ascendant ou descendant, ce dernier avec ou sans recirculation (6). Les eaux usées contiennent du sang, des matières graisseuses et huileuses et d'autres produits organiques. Une addition de 0,4-0,8 g/l de bicarbonate de sodium est nécessaire pour maintenir une alcalinité suffisante. Aucune différence notable n'a été observée entre les trois modes d'alimentation, avec toutefois un léger avantage pour le flux descendant sans recirculation. Pour des charges de 3 à 5 kg de DCO par m³ et par jour et un temps de résidence hydraulique de 10 h, le traitement est efficace, avec une élimination de 80 à 90% de la plupart des contaminants (DCO,

DBO₅, solides, substances graisseuses). Comme résultat du traitement l'azote ammoniacal augmente.

- Un système UASB a été utilisé avec succès à l'échelle laboratoire pour traiter la fraction liquide des déjections de poules, contenant 10 à 20 g/l de DCO. Pour une charge de 11-12 g de DCO par litre et par jour et un temps de résidence hydraulique de 1 à 2 jours, une réduction de la DCO de 70 à 75% a été obtenue et 3,5 litres de biogaz (80% méthane) ont été produits par litre et par jour (8).
- Lors du traitement du fumier de volaille ajouté à une concentration de 4% de matière solide volatile, 0,25 à 0,37 m³ de biogaz sont produits par kg de solide volatile ajouté, pour un temps de rétention compris entre 12 et 29 jours (16).
- Dans une autre étude (7), les déjections de volaille sont collectées et mélangées à des résidus de feuilles et de grains de maïs et la concentration initiale en matière solide est de 30 à 35%. La réduction des solides volatiles atteint seulement 23% et 0,35 m³ de méthane sont produits par kg de solides volatiles détruits.
- Les déjections de poules peuvent s'avérer difficiles à digérer en raison de la présence de lignine dans la litière. Un digesteur de 5 litres alimenté en continu en régime mésophile a atteint néanmoins une production comprise entre 259 et 359 ml biogaz par g de solides volatils ajoutés, pour une charge comprise entre 1,45 et 3,07 g SV/l et par jour. La réduction des solides volatils se situait entre 57 et 68% et la teneur en méthane 58%. Le temps de rétention était de 10 à 15 jours (17).
- Des tests de longue durée effectués sur un digesteur infiniment mélangé de 150 litres ont montré que des déjections contenant du sable provenant de l'aliment, des œufs brisés, des plumes et d'autres débris pouvaient être digérées. Après dilution à 6% de matière sèche, une production de 0,362 m³ de biogaz par kg de solides totaux ajoutés, avec un temps de rétention de 15 jours et une température de 35°C a été obtenue. La teneur en méthane était de 70%. La dégradation des solides totaux n'a été que de 23% à 20 jours de rétention. Une large part (25%) du biogaz produit provient de la décomposition des acides gras volatils contenus dans le lisier; ceux-ci se montaient à 10'000 mg/l et plus dans un lisier à 6% de matière sèche (18).

II.2.3 Installations à l'échelle pilote et industrielle

- Un digesteur bon marché a été construit à l'Université de Caroline du Nord pour traiter les déchets de 4000 poules pondeuses. C'est le seul procédé à fonctionner en thermophilie (50°C). La charge optimale se situe à 7,5 kg de solides volatiles par m³ et par jour, et la production de biogaz atteint 4 m³ par m³ et par jour (13). Le digesteur primaire a un volume total de 15 m³ et un volume utile de 8 m³ : sa température est contrôlée à 50°C. Le digesteur secondaire (30 m³ et 16 m³, respectivement) fonctionne plus comme une cuve de stockage et de sédimentation et sa température n'est pas

contrôlée strictement (température mesurée : entre 30 et 35°C). Le digesteur secondaire produit seulement 20% du volume de biogaz produit par le digesteur primaire.

- Le lisier issu d'une exploitation de 40'000 poules pondeuses représente quotidiennement 7 m³ à 20% de matière sèche. Il est traité dans un réacteur parfaitement mélangé (par recirculation du biogaz) de 380 m³ construit hors sol, et fonctionnant en continu. Les fientes fraîches sont raclées et dirigées dans une préfosse, où elles sont diluées jusqu'à 12% de matière sèche et homogénéisées avant d'être pompées dans le digesteur. Le temps de rétention est de 18 jours et les déjections digérées sont ensuite décantées et épaissees (ajonction de flocculants et dispositif d'essorage-extraction). Le résidu semi-solide passe ensuite dans un four alimenté avec le biogaz produit : les déjections séchées (85% de matière sèche) sont ensuite vendues comme engrais, alors que l'effluent sortant du digesteur n'a plus qu'une faible charge polluante (15).
- Afin de traiter les déjections de 7000 poules pondeuses, un réacteur parfaitement mélangé de 587 m³ de volume utile a été utilisé pendant 20 mois consécutifs, avec un temps de rétention de 22 à 24 jours. L'influent contient 6% de solides totaux et 3800 ppm d'azote ammoniacal, alors que l'effluent contient 3% de solides totaux et 4060 ppm d'azote ammoniacal. La production de biogaz atteint 0,38 m³ par kg de solides volatiles ajoutés et 0,58 m³ de solides volatiles détruits (12).
- Dans le sud de la France, une filiale du groupe Pillard a installé en 1983 une installation de digestion anaérobie pour traiter les déjections de 60'000 poules pondeuses (environ 5 tonnes par jour) en 16'000 pieds cubes de biogaz par jour (4). Les déjections sont mélangées avec de l'eau pour obtenir une valeur de matière sèche inférieure à 10%. Le volume total du réacteur parfaitement mélangé (agitation mécanique) est de 14'000 pieds cubes, alors que le volume utile est 12'250 pied cubes. Le temps de rétention optimal est de 14 jours. Le biogaz produit est utilisé essentiellement pour maintenir la température du digesteur et pour sécher les boues sortant du digesteur, le produit final étant vendu comme fertilisant. La publication est essentiellement axée sur la présentation technique de l'installation et sur une évaluation économique (probablement pas très actuelle), mais ne présente pas les résultats obtenus.
- Un digesteur infiniment mélangé, fonctionnant à 35°C et d'une capacité de 96,5 m³, a été chargé entre 1,6 et 2,0 kg de solides volatiles par m³ et par jour avec un temps de rétention de 30 à 52 jours. La production gazeuse était comprise entre 55 et 74 m³ par jour avec une teneur en méthane comprise entre 55 et 63%. La production nette d'énergie s'établissait entre 18% et 75% de la quantité brute. Des concentrations en azote ammoniacal variant entre 6200 et 8000 mg par litre peuvent expliquer les faibles productions de biogaz (18). Cette installation mise en service en octobre 1975 chez l'éleveur américain Wayne Gibbons traitait le lisier de 16'000 poules pondeuses (19).
- Une autre installation américaine comportant un digesteur de 950 m³ a été mise en service en 1977 dans l'Iowa pour traiter le fumier à 75% de matière sèche produit par 160'000 poules pondeuses. Le substrat était dilué entre 6 et 10% de matière sèche. La

production gazeuse n'était que de 400 m³ par jour en été et nulle en hiver. L'auto-consommation d'énergie était supérieure à la production brute, même en été. Une concentration en azote ammoniacal d'environ 12'000 mg/l ajoutée à plusieurs problèmes techniques peut expliquer cet échec (19).

- Des systèmes à alimentation discontinue ont également été appliqués à la méthanisation de fumier de volailles. L'Institut Technique des Céréales et Fourrage (ITCF) a exploité durant les années 1980 et 1981 un fermenteur "batch" de 15 m³, fonctionnant entre 35 et 40°C, à Boigneville/France.

Cette expérimentation a également permis d'analyser la composition des fumiers avant et après méthanisation (20).

Un chargement de fumier de poulet en litière accumulée durant huit semaines a été humidifié en cours de chargement et ramené ainsi de 56 à 36% de matière sèche. Une production de biogaz de 317 m³ par tonne de matière sèche a été enregistrée, le gaz ayant une teneur en méthane de 51%.

- Chez un agriculteur, M. LE PICARD à Locminé/France, 3 digesteurs de 70 m³, préfabriqués et enterrés, traitaient les fumiers de 12'000 dindes et 40'000 poulets. Cette installation a fait l'objet d'un suivi technique de l'été 1982 au printemps 1983. Le fumier très sec (environ 75% de matière sèche) était humidifié sur une aire de stockage (environ 40% de matière sèche) puis soumis à une aération durant 14 jours. La matière était ensuite immergée, ce qui avait pour effet de rabaisser la température à moins de 20°C en hiver. Les productions de gaz enregistrées furent très médiocres avec 7200 m³ produits en 385 jours. La composition du gaz était très variable avec en moyenne 55% de méthane et 0,34% d'hydrogène sulfuré. Ces fortes teneurs en soufre furent responsables d'un vieillissement rapide des matériels mal adaptés (21).
- Dans le cadre d'un programme de démonstration, l'Union Européenne a soutenu deux projets de digestion de fumiers/lisiers de volailles. Sur le domaine "Il Prato", près de Sassari/Italie, une installation comportant un digesteur primaire mésophile de 9000 m³ et un digesteur secondaire, - gazomètre de 340 m³ - traitait les déjections de 100'000 poules pondeuses, après dilution à 5,5% de matière sèche. Le biogaz produit, à hauteur de 1600 m³ par jour, servait à alimenter un cogénérateur d'une puissance électrique de 135 kWe (22).
- La ferme avicole RIJKERS à Nistelrode/Pays-Bas compte 45'000 poules pondeuses. Une installation de biogaz y a été construite au milieu des années huitante. Elle comporte un digesteur constitué par trois compartiments : le digesteur principal de 75 m³, un digesteur secondaire de 35 m³ situé au-dessus du précédent, ainsi qu'un canal de liaison. Les fientes relativement sèches sont diluées par adjonction de lisier porcin, par de l'eau et par l'effluent digéré. Le mélange optimal journalier est constitué par 6,1 m³ de fientes, 2,3 m³ de lisier porcin, 2,3 m³ de liquide recirculé et 1,9 m³ de boues flocculantes. Le biogaz produit présente une teneur en méthane de 64%; il permet d'alimenter un moteur de 95 kW couplé à une génératrice électrique, ainsi qu'une chaudière de 51 kW. Un programme de suivi réalisé en 1986 a permis de mesurer une production annuelle de biogaz de 236'436 m³/an (23).

- La codigestion de fientes de volailles est pratiquées en Allemagne sur l'installation de méthanisation de Zobes/Plauen, laquelle reçoit annuellement 6500 m³ de fientes, 10'500 t de déchets organiques ménagers, 900 t de déchets de cuisines, 2000 m³ de résidus de vidange de séparateurs de graisses, 800 t de sous-produits alimentaires et 2400 t de déchets organiques divers. Des essais de laboratoire destinés à examiner les possibilités d'optimalisation de cette installation ont prouvé qu'un passage à un régime de température thermophile améliorerait les rendements (24).

II.3 Description des fumiers de volailles

II.3.1 Introduction

La recherche bibliographique a mis en évidence les facteurs principaux pouvant influencer les teneurs des fumiers de volaille (voir page 8).

Actuellement, la production d'œufs et de viande de volaille en Suisse se fait dans des ateliers type : le système de détention, l'hybride utilisé (animal), l'aliment, la litière forment un tout correspondant à un type défini de produit (pondeuses détenues au sol, ou en volière, engrangement long, court, ultracourt, etc.).

Or, dans la littérature consacrée à la méthanisation de fumiers de volaille, ces derniers sont décrits quant à leurs teneurs, mais ne sont pas caractérisés quant à leur origine, notamment concernant les circonstances dans lesquelles ils ont été produits. En d'autres termes, il n'y a pas d'indications concernant les facteurs pouvant influencer les teneurs des fumiers tels que décrits ci-dessus.

Il est cependant de première importance de savoir dans quelle mesure les fumiers produits dans les systèmes de détention pratiqués couramment en Suisse peuvent être méthanisés, afin de faire aussi d'éventuelles suggestions concernant des systèmes de détention et de récolte de fiente qui permettraient de rendre praticable la méthanisation de ces fumiers.

II.3.2 Teneurs des fumiers produits dans les systèmes de garde usuels

La Revue Suisse d'Agriculture, dans son numéro consacré aux données de base pour la fumure (1994/6/4) décrit trois types principaux de fumier de volaille (226), selon le type de stabulation : les crottes de poules (25-35% de MS) en volière avec tapis roulant, le fumier de poule (40-50% de MS), en élevage au sol, avec grillage incliné ou caisse à crottes et le fumier de volaille d'engrais (55-75% de MS) qui correspond à l'engraisement sur litière profonde. Dans le premier cas, les fientes sont évacuées tous les 10 à 15 jours, dans les deux derniers cas, le fumier est sorti à la fin d'une série de ponte (12 à 15 mois) ou d'engraisement (40 à 50 jours).

Une teneur en matière sèche élevée pour le fumier de volaille est recherchée du point de vue agronomique pour les raisons suivantes (fiches SGS 8.3, 3) :

- 1) Les émanations d'azote et d'odeurs désagréables sont réduites.
- 2) La matière organique et l'azote (N) peuvent être mieux conservés (moins de décomposition).
- 3) La multiplication des agents pathogènes infectieux nuisibles au troupeau, en particulier d'une maladie redoutée, la coccidiose, est contenue.
- 4) La manutention et le transport d'un engrais de ferme sec sont à la fois plus faciles et plus économiques.

Cependant ce sont les poulaillers équipés de volières qui produisent une fiente fraîche susceptible d'être le plus facilement méthanisable. Des résultats d'analyses de fumiers comportant divers types de litières figurent en annexe.

II.3.3 Facteurs pouvant inhiber la méthanisation de fumiers de volaille

Teneur en matière sèche

La littérature nous indique qu'il est difficile d'induire une méthanisation avec de la matière de base qui dépasse un taux de 35 à 40% de MS. Le fumier de la volaille d'engraissement en particulier présente un taux élevé de matière sèche qu'il est impossible de méthaniser tel quel. Les pertes d'eau et la dégradation des substances organiques (fermentation) de la fiente au cours du stockage sont très importantes et peuvent atteindre en quantité les 2/3 de la valeur de la fiente fraîche (fiches SGS, 3.8, 3). Si l'évaporation est importante au début du stockage, elle est ensuite relayée par la fermentation après un long stockage. Les diminutions de poids et les pertes en matière sèche sont indiquées dans le tableau de la SGS (3.8, 4) selon le système de garde. SCHUCHARDT (1990, 37.6) par ailleurs présente les teneurs en matière sèche de fumiers de poules en relation avec sa teneur en paille : à durée égale de compostage, la teneur en matière sèche augmente avec celle de la paille dans le fumier.

Substances inhibitrices

WELLINGER et al. (1991) présentent les facteurs pouvant inhiber la production de biogaz : ceux-ci peuvent être soit un rapport C : N défavorable (trop d'ammoniac, p. 47, 16), soit la présence de substances inhibitrices, telles que des antibiotiques (liste p. 48) ou des désinfectants (liste p. 49).

Stimulateurs de performances anti-microbiens

Jusqu'au premier juillet 1999, des *stimulateurs de performance anti-microbiens* (SPA) étaient autorisés dans les aliments pour pondeuses et pour l'engraissement. Ces substances sont des antibiotiques (bacitracine de zinc, spiramycine, virginiamycine, flavomycine) qui peuvent se retrouver dans les fientes et éventuellement inhiber une fermentation.

Anticoccidiens

Les aliments pour poulettes contiennent des coccidiostatiques (amprolium, diclazuril, halofuginon) ainsi que les aliments pour la volaille d'engraissement qui contiennent des coccidiocides (lasalocide, monensine, narasin, salinomycine, maduramicin, nicarbazine) (Revue UFA, 1999/7-8/49). Ces substances sont des antibiotiques qui peuvent également inhiber une fermentation. Ces anticoccidiens ne sont pas autorisés pour les poules pondeuses.

La plupart des antibiotiques mentionnés comme inhibiteurs de la méthanisation (WELLINGER et al., 48) ne sont plus utilisés. Les échantillons de fumier de volaille à l'engrais traités avant le 1^{er} juillet peuvent contenir à la fois un anticoccidien et un SPA. Les échantillons de crottes de pondeuses prélevés après cette date ne devraient contenir aucun de ces deux types d'antibiotiques. En agriculture biologique, les antibiotiques ne sont pas autorisés et les poulettes sont immunisées contre la coccidiose par vaccin (paracox) et non au travers d'additifs dans l'aliment distribué. Dès lors aucun résidu ne peut se retrouver dans les excréments. Actuellement, on pourrait retrouver des traces d'antibiotiques uniquement anticoccidiens et seulement dans les fientes de poulets à l'engrais.

Désinfectants

Les désinfectants, utilisés après la fin d'une série de pondeuses ou d'engraissement pour le nettoyage d'une halle, ne se trouvent pas dans une liste officielle : l'utilisation et la commercialisation de ces produits est libre en Suisse, tant qu'ils ne sont pas enregistrés par l'Office fédéral de la Santé publique dans une classe de toxicité exigeant la présentation d'un permis d'utilisation. Dans la pratique, le choix du désinfectant est recommandé par le vétérinaire traitant. Il existe une liste (mars 1999) publiée par la Deutsche Bundestierärztekammer en Allemagne et il y a lieu de supputer que les mêmes produits sont utilisés de part et d'autre de la frontière. Un rapide coup d'œil sur la liste permet d'établir que les désinfectants les plus néfastes à la méthanisation ne s'y trouvent pas.

Une autre réflexion s'impose : les résidus de désinfectants qui pourraient se retrouver dans le fumier de la série suivante sont si minimes qu'il est impossible d'imaginer qu'ils puissent avoir une quelconque influence sur un processus de méthanisation. Il faut cependant être attentif au fait que l'eau de nettoyage d'une halle, dont la concentration en désinfectant est élevée, pourrait, elle, avoir une influence négative, si elle est déversée dans la fosse à purin.

II.3.4 Qualité des fumiers utilisés pour les essais de méthanisation

Afin de déterminer la faisabilité de la méthanisation du fumier de volaille, divers échantillons ont été prélevés et manipulés; ils sont caractérisés ci-dessous.

Essais de méthanisation de l'été 1999

Tableau 1 : Caractéristiques échantillons de fumier de volaille traités en méthanisation

| Dates | Production | Détention | Litière | Age du fumier | Densité | Hybride et aliment |
|---------|------------|-----------------------------|--|------------------------------|---------------------------|--|
| 10.6.99 | pondeuses | volière, tapis roulant | aucune | 10 jours | 12.5 têtes/m ² | ISA brown/LSL Standart Unionfutter |
| 10.6.99 | pondeuses | au sol, cage à crottes | aucune | 0 - 12 mois (moy. 6 mois) | 12.5 têtes/m ² | LSL Rivaliment |
| 24.6.99 | engrais | au sol, litière profonde | copeaux de bois (1,7 kg/m ²) | 0 - 41 jours | 14 têtes/m ² | Rosshybride UFA Standart |
| 26.7.99 | pondeuses | volière, tapis roulant | aucune | 0 - 7 jours | 12.5 têtes/m ² | LSL blanches Rivalor |

Essais de méthanisation de l'automne 1999

Afin d'éliminer d'éventuels problèmes liés à l'utilisation d'anticoccidiens antibiotiques dans l'élevage des poulettes, les échantillons ont été prélevés dans une exploitation biologique. Le choix s'est porté sur une exploitation détenant un nombre suffisamment élevé de poules pour que l'échantillonnage permette de récolter suffisamment de matière fraîche (voir encadré).

Tableau 2 : Caractéristiques des échantillons de fumier de volaille traités en méthanisation

| Dates | Production | Détention | Litière | Age du fumier | Densité | Hybride |
|----------|------------|---------------------------|---------|---------------|---------------------------|-------------|
| 3.11.99 | pondeuses | volière, tapis roulant | aucune | 0-8 jours | 12.5 têtes/m ² | Hisex brown |
| 17.11.99 | | | | | | |
| 01.12.99 | | | | | | |

L'aliment distribué (No 2504 Alb. Lehmann, Lindmühle, 5413 Birmensdorf AG) est fabriqué dans un moulin spécialisé en produits biologiques, à partir de matières premières fournies par l'exploitation. Les additifs introduits sont une préparation d'enterococcus faecium (Navetin® 50-S de Naveta, 5027 Herznach) mélangée à l'aliment par le système de distribution et de l'acide ascorbique (vitamine C) (Vital, Industriestrasse 30, 5036 Oberentfelden) distribué par l'eau de boisson au début de la série. Aucun traitement vétérinaire n'a été appliqué pendant la période de prélèvement des échantillons : en agriculture biologique, les ecto- et endoparasites sont traités avec des médicaments sur ordonnance, qui ne sont pas des antibiotiques.

II.4 Présentation de l'usine OPTISOL SA

L'usine OPTISOL est une unité de valorisation d'engrais organiques; elle a été construite en 1970 à SAILLON (VS) afin de répondre aux exigences de l'Ordonnance sur la protection des eaux (Oeaux). Ce texte précise que "les exploitations qui pratiquent l'aviculture ... ne sont pas tenues de disposer d'une surface utile en propre ou en fermage permettant l'épandage ... si elles peuvent, sur la base d'un contrat de prise en charge, remettre leurs engrais de ferme à une organisation ou à une exploitation qui garantit la valorisation de ces engrais".

A sa construction, l'usine était dimensionnée pour traiter 11'000 m³/an de fumiers. En raison de la baisse de l'attractivité commerciale du produit, sa capacité est actuellement limitée à 6000 m³/a, soit environ 15 t/j de produit fini. Quelques photos de l'usine sont annexées.

La chaîne de traitement consiste à broyer le fumier de volailles, livré à une teneur en matière sèche d'environ **70%** et à le **déshydrater jusqu'à 85-88%** de matière sèche. Après granulation, le produit est ensaché.

Les consommations énergétiques de l'usine se montent à environ 53'000 litres de mazout et 417'000 kWh d'électricité par année (moyenne 1997 et 1998).

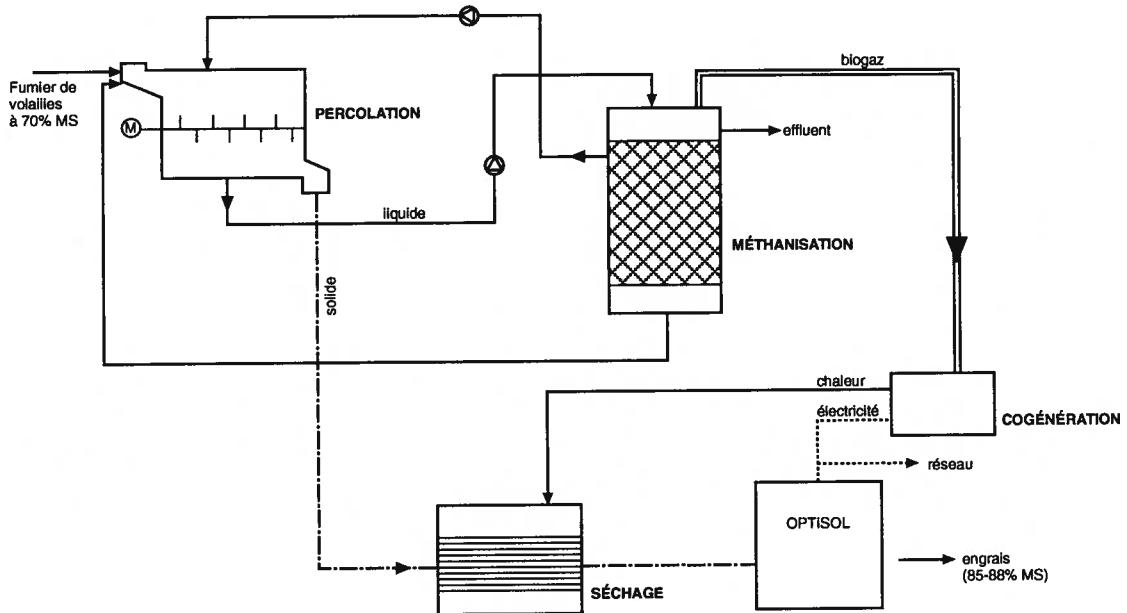
La quantité actuellement reprise à SAILLON correspond à la production des parcs de ponte implantés en Valais. A ce chiffre, il convient d'ajouter une quantité de l'ordre de 4800 m³/a correspondant aux contrats de reprise de fumiers de volailles conclus entre OPTIGAL SA et des engrasseurs.

II.5 Essais de percolation/digestion

La teneur en matière sèche du fumier livré à l'usine OPTISOL ne permettant pas d'envisager une méthanisation, une solution alternative a été examinée.

Elle consiste à soumettre le fumier de volaille à une percolation. Le liquide chargé en matières organiques solubles est digéré dans un réacteur anaérobiose à lit fixe, tandis que le solide est séché et réincorporé dans la ligne de traitement de l'usine.

Le schéma ci-après décrit le principe de ce système théorique :



a) Evaluation industrielle

La percolation est pratiquée en Allemagne pour la méthanisation des ordures ménagères résiduelles après collectes sélectives ("Restmüll"). Deux constructeurs offrent des technologies : WEHRLE WERK (système BIOPERCOLAT) et LOOCK CONSULTANTS (système BIOSELECT PERCOLATOR). Tous deux ont été consultés afin de connaître la faisabilité technique d'un percolateur-digesteur pour le traitement de fumiers de volailles. Si WEHRLE WERK s'est déclaré sceptique concernant l'utilisation de son procédé pour un tel substrat, LOOCK CONSULTANTS a par contre indiqué que l'applicabilité de son procédé pour des fumiers de volailles était bien adaptée (voir courrier et descriptifs annexés).

b) Essais de laboratoire

Des essais ont été effectués en juillet 1999 par l'EPFL - Laboratoire de Biotechnologie Environnementale sur des jus de percolation de fientes.

Percolation

A l'Ecole Suisse d'Aviculture (ESA) de ZOLLIKOFEN, 1 m³ de fientes de poules pondeuses, de 0 à 6 mois, élevées sur une litière constituée de roseaux de Chine et nourries de façon conventionnelle ("RIVALIMENT") ont été disposées sur un filtre en acier inoxydable, sans dispositif de pressage (voir photos en annexe).

Le mode d'arrosage et les résultats obtenus sont présentés ci-dessous :

Tableau 3 : Résultats des essais de percolation

| Arrosage | | env. 300 l d'eau en 1 seul passage | 1 ^{er} passage avec env. 300 l d'eau et 2 ^e passage avec 200 l eau |
|----------|--------|------------------------------------|--|
| DCO | [g/l] | 3,0 | 7,0 |
| NH4 | [mg/l] | 470 | 1500 |
| pH | | 9,0 | 9,0 |

Digestion

Les échantillons prélevés lors de l'essai de percolation ont été testés dans un fermenteur thermostaté à 39°C avec agitation.

Les résultats suivants ont été obtenus :

- pour les deux types de jus de percolation (DCO = 3,0 et 7,0 g/l), la production de biogaz après 48 h était nulle, sans adjonction d'inoculum.
- en ajoutant un inoculum (essai avec purin provenant d'un digesteur agricole, puis essai avec des boues d'épuration digérées), la production de biogaz était très faible ($0,031 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{j}$ durant 72 h avec le purin, puis $0,087 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{j}$ avec ajout de boues) et le pH se situait à un niveau trop élevé (pH 8,4 à 8,2).
- en neutralisant le pH (pH 7,6) dans le fermenteur inoculé avec du purin puis des boues digérées, la production de biogaz ne s'est pas améliorée ($0,034 \text{ m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{j}$), pour une charge volumique d'environ 10,1 g DCO/l.
- enfin, en maintenant la neutralisation du pH (pH 7,5 à 7,2) et en réduisant la charge volumique appliquée (3,6 g DCO/l · j puis 7,2 g DCO/l · j), on n'a pas pu atteindre de bien meilleures productions de biogaz, celle-ci restant située entre 0,22 et 0,33 $\text{m}^3/\text{m}^3 \cdot \text{j}$.

Ces résultats décevants nous ont conduits à renoncer à poursuivre nos investigations d'un système de percolation/digestion.

II.6 Conclusions

La faisabilité technique du concept de méthanisation de fumiers de volailles n'a pas pu être vérifiée puisque :

- la digestion de ces substrats dans un système à alimentation discontinue nécessite une teneur en matière sèche très inférieure à ce qu'elle est sur le site de l'usine OPTISOL et à la sortie des halles d'engraissement de poulets;
- le dispositif de percolation/digestion n'a pas permis d'obtenir des rendements de production gazeuse satisfaisants.

Afin de tenter d'expliquer ces mauvais résultats, on peut relever que des antibiotiques (coccidiostatiques resp. coccidiocides) pourraient être présents dans les aliments destinés aux

volailles d'engraissement. De même, jusqu'au 1^{er} juillet 1999, des stimulateurs de performance anti-microbiens (bacitracine de zinc, spiramycine, virginiamycine, flavomycine) étaient autorisés dans ces mêmes aliments. Tous ces antibiotiques sont connus comme inhibiteurs de la méthanolése.

III. PROJET MODIFIÉ

III.1 Nouveaux objectifs

A partir des résultats du programme initial, le projet a été réorienté sur les axes de recherches suivants :

- poursuite des investigations relatives aux caractéristiques des fumiers de volailles (évolution des teneurs en matière sèche; influence du substrat utilisé en litière; possibilités de réduire la présence d'inhibiteurs).
- essais de laboratoire sur la digestion en continu de fientes fraîches.
- localisation des concentrations de poules pondeuses et de volailles d'engraissement afin de définir des lieux possibles pour l'implantation d'unités centralisées de méthanisation.

III.2 Essais de digestion de fientes fraîches

Une nouvelle série d'essais a été entreprise sur des fientes de poules en provenance d'un élevage "biologique", ce qui en principe devrait garantir l'absence de substances toxiques (anticoccidiens, stimulateurs de croissance antimicrobiens, détergents). La description de ces substrats figure au chapitre II.3.

Malgré la provenance unique des lots, il faut noter la grande variabilité de leur contenu en DCO (entre 49 et 108 g/l), en ammonium (entre 1,3 et 4 g/l) et en matière volatile (entre 3,46 et 5,2 g/l).

a) Présentation

Appareillage

Bio-réacteur MEREDOS (aujourd'hui Fair-Men-Tec) de capacité utile 5,5 litres

- thermostaté à 37°C
- agitation : 300 RPM
- pH réglé en continu à 7,25 avec régulateur PID (HCl 5 mol/l et NaOH 4 mol/l)

Une photo de l'installation figure en annexe.

Analyses

- | | | |
|---------------|---|---|
| Quotidiennes | : | <ul style="list-style-type: none"> • quantité de biogaz en litres |
| Hebdomadaires | : | <ul style="list-style-type: none"> • matières sèches totales (105°C/24h) • matières sèches volatiles (550°C/2h) • DCO avec kit HACH • NH₄ avec kit WTW |

Analyses

Après une semaine en batch, l'alimentation est prévue quotidiennement (5x/semaine) selon :

- 200 ml mélange digesteur
- + 200 ml fientes de poules diluées 5x

Ce qui équivaut à un temps de résidence de 4 semaines.

Set-Up

- | | |
|-----------|--|
| Essai 1 : | <ul style="list-style-type: none"> • 2 litres de boues digérées telles quelles (du jour, de la STEP de Morges, non diluées et non filtrées) • 2 litres de fientes de poules diluées 5x avec de l'eau (passées au mixer mais non filtrées) |
| Essai 2 : | <ul style="list-style-type: none"> • 2 litres de purin bovin et porcin (du jour, de l'installation Chabloz à Lully, non dilué et non filtré) • 2 litres de fientes de poules diluées 5x avec de l'eau (passées au mixer mais non filtrées) |

b) Résultats

Les tableaux et les graphiques présentant les résultats des essais 1 et 2 figurent en annexe.

- Les essais ont été effectués en deux périodes distinctes de 22 et 20 jours, respectivement. Lors du premier essai, l'inoculum provenait du digesteur de boues de la STEP de Morges, alors que l'installation de digestion anaérobiose de l'exploitation agricole de M. Chabloz (Lully-sur-Morges) a servi de source de microorganismes pour le deuxième essai.
- Le digesteur a fonctionné en batch pendant 10 jours lors du premier essai, et 7 jours pour le deuxième. Ensuite, le digesteur a été alimenté 5 jours par semaine avec 200 ml de fientes diluées 5 fois avec de l'eau du robinet. Pour les deux essais, il faut noter que la période d'alimentation quotidienne est nettement inférieure au temps de résidence dans le digesteur (28 jours). Par conséquent, l'état d'équilibre d'un vrai fonctionnement en continu n'a pas été atteint, à peine 50% du volume du digesteur ayant été renouvelé lors de cette brève expérimentation. Les résultats obtenus ne permettent donc de tirer aucune conclusion concernant les performances potentielles, les limites de charge, le rendement en biogaz ou le temps de résidence optimal d'un tel système.
- Malgré tout, les résultats très préliminaires obtenus lors du deuxième essai sont intéressants et encourageants. Ces résultats ont mis en évidence l'importance du choix d'un inoculum approprié et de la provenance des fientes à traiter. Ce dernier point laisse toutefois planer un doute sur l'applicabilité à large échelle de la digestion anaérobiose de cette matière première difficile, la plupart des installations avicoles de Suisse n'étant pas

(ou pas encore) adeptes de la production dite biologique ou de la production intégrée, la loi prescrivant toutefois qu'aucun antibiotique n'est autorisé pour les poules pondeuses. Néanmoins, les résultats obtenus lors de cette brève étude pourraient servir de base pour un éventuel futur projet de recherche et de développement (à l'échelle du laboratoire) où les performances et les limites d'un digesteur fonctionnant en continu pendant une période de 6 à 12 mois seraient établies.

III.3 Les exploitations avicoles en Suisse

III.3.1 Descriptif des types d'exploitations avicoles

En Suisse, l'engraissement de poulets est dans son immense majorité réalisé dans des fermes traditionnelles en garde au sol, où l'exploitant doit apporter la preuve qu'il dispose de suffisamment de surface agricole pour la valorisation du fumier de volaille, ou alors présenter des contrats d'épandage avec des voisins qui offrent des disponibilités pour l'épandage de ce fumier. Seul Optigal ne valorise pas le fumier de ses halles de souches parentales de cette manière, mais produit et commercialise un engrais de ferme granulé à partir du fumier dans son usine OPTISOL (voir chap. II.4).

Toute autre est la situation des producteurs d'œufs : ils produisent souvent hors sol soit en garde au sol (34% des effectifs) soit en volière (65% des effectifs) (HAENE, 1998, 45) et doivent "se débrouiller" (souvent sous contrat avec des paysans ou avec des champignonnières) pour évacuer leur fumier : ces producteurs devraient être plus concernés par une valorisation alternative de la fiente.

On assiste cependant à une tendance à la spécialisation et à la concentration des ateliers d'engraissement de volaille : il n'est pas à exclure que de, plus en plus, surtout de petites exploitations agricoles pratiquant l'engraissement de poulets (et de dindes), se retrouvent dans une situation semblable à celle des producteurs d'œufs et soient contraints de rechercher des solutions alternatives à la valorisation du fumier de volaille. Du point de vue légal, il faut retenir que les exploitations avicoles ainsi que les unités avicoles d'exploitations agricoles ne sont pas soumises aux restrictions quant à la part des engrains de ferme exportée hors de l'exploitation (art. 25 OEaux) et que l'exigence limitant l'exportation de ces engrains de ferme à un rayon d'exploitation usuel (art. 24 OEaux) ne s'applique pas non plus. En d'autres termes, le producteur de volaille peut exporter librement le fumier de volaille chez des partenaires de son choix.

III.3.2 Répartition territoriale des exploitations avicoles

La production d'œufs et de viande de volaille est en principe dispersée en Suisse. Or, pour l'implantation d'unités centralisées de méthanisation de fumier de volaille, la concentration des exploitations avicoles dans certaines régions de Suisse revêt une importance capitale. Une étude basée sur les données de l'Office fédéral de la statistique (recensement agricole) permet de localiser précisément les concentrations de poules pondeuses et de poulets d'engraissement.

En Suisse, 90% des détenteurs de volaille élèvent un peu moins de 6% des effectifs (moins de 100 têtes par exploitation) : ces personnes sont éliminées de l'étude statistique, car elles ne sont pas concernées par une valorisation alternative du fumier de volaille. L'étude porte sur la répartition géographique de 94% des effectifs détenus par 10% des aviculteurs "professionnels".

III.3.3 Dépouillement statistique

Dans la démarche, les districts à forte densité (plus de 100'000 têtes) ont d'abord été repérés, ainsi que les districts adjacents présentant une densité supérieure à 80'000 têtes (voir carte 1). La Suisse a été subdivisée en trois régions principales, l'est (carte No 2), le centre (carte No 3) et l'ouest (carte No 4) : dans les districts retenus, les statistiques par commune ont été étudiées. Signalons qu'en raison de la démarche choisie, certaines communes adjacentes aux districts denses mais appartenant à des districts moins denses n'ont pas été retenues, telles que des communes du district de Bremgarten (AG) avec 78'000 têtes, de Berne (81'000 têtes, attribuées arbitrairement à la région "centre"), de la Glâne (67'000 têtes). Le dépouillement par commune des districts moins denses démontre que les communes denses de ces derniers districts sont effectivement souvent adjacentes aux districts denses. La région d'Appenzell étant connue comme un "centre de concentration" de poules pondeuses (il s'agit d'une centaine de producteurs qui se sont organisés pour livrer le fumier à des maraîchers du Lichtenstein), l'étude a porté sur tous les districts adjacents, excepté ceux de St-Gall et de Rohrschach.

III.3.4 Classification des communes

Les producteurs assurent eux-mêmes la valorisation adéquate des fumiers de poule et poulet sur leur exploitation agricole ou par contrat de reprise avec un partenaire adéquat : il n'est donc pas utile de repérer les communes selon leur densité de volaille par unité de surface agricole utile, mais bien par unité de production assez importante pour que le producteur puisse être intéressé par une valorisation alternative du fumier de volaille. Elle se situe à 2000 poules au minimum produisant du fumier frais (25-35% de MS) : en dessous de cette taille, le fumier peut être directement valorisé sur les exploitations agricoles; et à 4000 places poulets à l'engrais (55-75% de MS), ce qui correspond à une halle type d'engraissement. Les poulettes d'élevage ont été assimilées aux poulets à l'engrais (même type de fumier). A partir de cela, les communes ont été classées en 4 catégories :

- 1) > 2000 poules, < 4000 poulets à l'engrais. L'essentiel du fumier produit sera du fumier frais.
- 2) 4000 – 8000 poulets, < 2000 poules. L'essentiel du fumier produit sera du fumier sec. Catégorie "basse" de densité de poulets.
- 3) > 8000 poulets (2 halles d'engraissement), < 2000 poules. L'essentiel du fumier produit sera du fumier sec. Catégorie "élevée" de densité de poulets.
- 4) 4000 – 8000 poulets, > 2000 poules. Catégorie "élevée" de densité à la fois de poules et de poulets. Production de fumier frais et de fumier sec.

Intégrer la production d'énergie sur son exploitation ?

Depuis le moment où M. P. B. de H. a repris le domaine de son père il y a une vingtaine d'années, son premier souci a été de réduire au minimum les apports d'engrais de synthèse et les interventions phytosanitaires, par respect de l'environnement. En 1997, constatant que la distance entre sa manière de pratiquer et les règles de l'agriculture biologique est minime, M. B. fait le "saut" et convertit son exploitation au bio.

M. B. cultive 14,56 ha, dont 1,6 ha de maïs grain et 1,1 ha de pois protéagineux destinés à l'alimentation de ses poules pondeuses : en effet, outre son bétail laitier (env. 14 UGB), M. B. s'est développé dans l'élevage de la volaille, avec 1300 poules pondeuses : 2 halles de 500 avec un système de volière et 2 halles de 150 avec une garde conventionnelle au sol (fosse à crottes), ainsi que l'engraissement de 40 oies par an. Les œufs, les oies et les poules à bouillir sont commercialisés par un marchand de produits biologiques et par vente directe. Les aliments qui ne sont pas à disposition sur l'exploitation (notamment la pâture pour les oies) proviennent d'un moulin fabriquant exclusivement des aliments biologiques.

Etant donné la charge élevée en bétail de l'exploitation, les besoins en élément nutritifs des cultures peuvent être couverts par les engrains de ferme : pour le P2O5 l'exploitation a atteint la limite de la charge admissible en agriculture biologique et une augmentation de cette dernière impliquerait la recherche de solutions alternatives (contrats) pour la valorisation des engrains de ferme. Par contre, les apports de N – qui, dans une exploitation biologique, ne peuvent pas être fournis par des engrains de synthèse – sont déficitaires pour toutes les cultures. Avec 500 m³, M. B. est à l'aise avec sa capacité de stockage de ses fosses à purin, où il déverse le fumier de poules.

C'est avec grand intérêt que M. B. a participé à l'essai de méthanisation de l'automne 1999 ("Projet modifié") en fournissant les échantillons de crottes de poules. Il est séduit par l'idée de produire lui-même une partie de ses besoins en énergie, en combinant le fumier de poules et le purin de bovins (meilleure rétention du N dans le liquide). Cependant, outre l'évaluation de la rentabilité financière de cette méthanisation, des problèmes techniques doivent être résolus, notamment en cas d'augmentation de la charge en bétail : méthanisation commune des surplus dans la station d'épuration, chez lui, ou en commun avec d'autres éleveurs, séchage et réexportation de l'engrais résiduaire, stockage, transport et technique d'épandage de cet engrais, etc. Pour une exploitation biologique où le N est difficile à produire et à capter (les quantités de P et de K ne sont pas modifiées par la méthanisation), la teneur en N de l'engrais résiduaire et la forme sous laquelle il se trouve représentent une donnée technique essentielle pour l'exploitation.

III.4 Sites possibles pour la méthanisation

La taille minimale envisageable pour une unité centralisée de méthanisation a, a priori, été fixée à une capacité de traitement de 1500 t/a. Ce choix permettrait d'assurer la gestion des installations de biogaz par une structure agricole, en faisant appel à des procédés industriels.

A défaut de résultats définitifs et concluants sur nos essais de laboratoire (voir chap. III.2), on peut, sur la base des données bibliographiques, évaluer de façon sommaire les caractéristiques d'une telle installation :

- volume du digesteur : 100 à 250 m³
- type de réacteur : infiniment mélangé
- production de biogaz : 250'000 à 300'000 Nm³/a
- production énergétique brute : 1,5 à 1,8 GWh/a

III.4.1 Localisation de l'implantation d'unités centralisées de méthanisation

A part la région d'Appenzell et de St.-Gall mentionnée ci-dessous (région est), les plus grosses concentrations qu'on trouve en Suisse sont localisées dans le nord du canton de Lucerne (Sempach) avec les communes bernoises et argovienne adjacentes (région centre), les régions de la Sarine et Singine sur Fribourg et dans un triangle entre la Broye (Vaud et Fribourg) et Yverdon (région ouest). Cependant, de grosses unités de production isolées sont citées (par exemple à Cournillens et à Coppet) qui devraient être également intéressées par la méthanisation du fumier de volaille. Les régions mentionnées ci-dessus étant relativement étendues, elles ont été subdivisées arbitrairement en 3 sous-régions, pour lesquelles le potentiel d'installation d'une unité de méthanisation centralisée, pour le fumier de poules d'une part, et pour le fumier de poulet d'autre part a été calculé. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

La démarche de calcul a été la suivante :

- 1) Recensement des volailles par district et par catégorie poules et poulets+poulettes. Total par sous-région.
- 2) Correction des effectifs en soustrayant 6% (les effectifs estimés de non-professionnels détenant moins de 100 têtes).
- 3) Calcul de la production de fumier :
 - a) pour les poules : 65% de crottes fraîches en volière (HAENE, 1998, 45) avec 4000 kg (4 t) de production par an pour 100 poules (fiches SGS, 3.8, 5) et 35% de fumier de garde au sol avec 2000 kg (2 t) pour 100 poules (fiches SGS, 3.8, 5).
 - b) pour les poulets+poulettes : 2000 kg (2 t) de production par UGBF et par an (fiches SGS, 3.8, 5) ; 1 UGBF = nombre de places d'engraissement/250 (fiches SGS, 3.8, 10).
- 4) Calcul d'unités centralisées de méthanisation : **la plus petite unité envisageable doit traiter 1500 tonnes par an.** La quantité produite par les poules détenues en garde au sol peut être négligée.

Les fumiers de poules et de poulettes sont présentés séparément : à ce stade de l'étude, rien ne permet de dire si ces deux types de fumier très différents peuvent être méthanisés ensemble ou doivent l'être séparément. **Dans l'immédiat, c'est certainement la méthanisation de fumiers frais de poule qui représente le potentiel le plus intéressant** (matière relativement humide, pas encore fermentée, sans résidu d'antibiotique, produite fréquemment par des exploitations hors sol). Un coup d'œil sur les tableaux permet de s'apercevoir que le potentiel existe pour une unité au moins dans chacune des sous-régions, sauf celle de la Sarine-Singine, dominée par l'engraissement de poulets.

Tableau 2 : Unités de méthanisation par région de Suisse (EST)

| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
|-------------------------------|------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| 1601 | Appenzell IR | 100979 | 78156 | 25 | 78181 |
| 1704 | Oberrheintal SG | 14466 | 5603 | 6000 | 11603 |
| 1501 | Hinterland AR | 7912 | 1044 | 5250 | 6294 |
| 1502 | Mittelland AR | 7302 | 1143 | 820 | 1963 |
| Total | | 130659 | 83759 | | 98041 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 122819 | | | 92159 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 3193.3 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 737.3 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 22.4 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 2.1 | | | 0.5 |
| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
| 1712 | Unterhessen | 39407 | 11424 | 47815 | 59239 |
| 1713 | Wil | 27573 | 24720 | 9300 | 34020 |
| 1714 | Gossau | 31678 | 18163 | 8657 | 26820 |
| Total | | 66980 | | | 120079 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 62961 | | | 112874 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 1637.0 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 903.0 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 11.5 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 1.1 | | | 0.6 |
| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
| 2008 | Weinfelden | 39984 | 46060 | 72900 | 118960 |
| 2001 | Arbon | 19101 | 46130 | 16600 | 62730 |
| Total | | 59085 | | | 181690 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 55540 | | | 170789 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 1444.0 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 1366.3 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 10.1 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 1.0 | | | 0.9 |

Tableau 3 : Unités de méthanisation par région de Suisse (CENTRE)

| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
|-------------------------------|-------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| | 1908 Muri AG | 64990 | 20340 | 66715 | 87055 |
| | 302 Hochdorf | 32942 | 37563 | 79303 | 116866 |
| | 304 Sursee | 107460 | 13462 | 118306 | 131768 |
| Total | | 205392 | 57903 | | 335689 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 193068 | | | 315548 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 5019.8 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 2524.4 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 35.1 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 3.3 | | | 1.7 |
| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
| | 305 Willisau | 61497 | 17308 | 112301 | 129609 |
| | 202 Aarwangen | 13236 | 1024 | 56642 | 57666 |
| | 225 Trachselwald | 19467 | 3285 | 98556 | 101841 |
| Total | | 94200 | | | 289116 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 88548 | | | 271769 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 2302.2 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 2174.2 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 16.1 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 1.5 | | | 1.4 |
| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
| | 206 Burgdorf | 20704 | 7163 | 65033 | 72196 |
| | 212 Konolfingen | 26233 | 4413 | 71357 | 75770 |
| | 222 Seftigen | 30577 | 26703 | 47111 | 73814 |
| | 203 Bern | 24330 | 4457 | 60762 | 65219 |
| Total | | 101844 | | | 286999 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 95733 | | | 269779 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 2489.1 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 2158.2 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 17.4 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 1.7 | | | 1.4 |

Tableau 4 : Unités de méthanisation par région de Suisse (OUEST)

| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
|-------------------------------|--------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| 201 | Aarberg | 17707 | 12671 | 48800 | 61471 |
| 213 | Laupen | 21339 | 115 | 76432 | 76547 |
| 1005 | See/Lac | 28497 | 5492 | 120769 | 126261 |
| Total | | 67543 | | | 264279 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 63490 | | | 248422 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 1650.8 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 1987.4 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 11.6 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 1.1 | | | 1.3 |
| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
| 1004 | La Sarine | 14573 | 9907 | 186546 | 196453 |
| 1006 | Sense | 15309 | 29711 | 409503 | 439214 |
| 1003 | La Gruyère | 2586 | 6100 | 77767 | 83867 |
| Total | | 32468 | | | 719534 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 30520 | | | 676362 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 793.5 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 5410.9 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 5.6 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 0.5 | | | 3.6 |
| No district | Nom district | Poules | Poulettes él | Poulets engr | Total poulets |
| 1001 | La Broye FR | 34197 | 3651 | 136289 | 139940 |
| 2210 | Moudon | 19976 | 1054 | 70505 | 71559 |
| 2214 | Payerne | 11179 | 107 | 123532 | 123639 |
| 2219 | Yverdon | 33929 | 15786 | 95031 | 110817 |
| 2203 | Avenches | 899 | 11 | 27800 | 27811 |
| Total | | 100180 | | | 473766 |
| Déduction amateurs (-6%) | | 94169 | | | 445340 |
| Fumier frais (<15 jours) t | | 2448.4 | | | |
| Fumier poulets (40 jours) t | | | | | 3562.7 |
| Fumier fusé au sol (> 1 an) t | | 17.1 | | | |
| Unités à 1500 tonnes | | 1.6 | | | 2.4 |

IV. CONCLUSIONS / RECOMMANDATIONS

Aptitude à la méthanisation des divers types de fumier

Seule la fiente fraîche de pondeuses détenues en volière présente une teneur en matière sèche relativement basse (22-29%, fiches SGS 3. 8. 4) pour permettre de la digérer sans qu'il soit nécessaire de réhumidifier la matière avant méthanisation.

Les essais de digestion ayant donné une amorce de résultats encourageants ont été effectués à partir de tels substrats.

Actuellement, l'utilisation d'anticoccidiens est toujours autorisée pour les poulets à l'engrais. Signalons toutefois qu'un délai de retrait est imposé 5 à 7 jours avant la mise sur le marché du produit, au moment de la production proportionnellement la plus importante de fumier dans la cycle de l'engraissement. Cependant, seuls l'avis d'un toxicologue ou d'autres essais pourraient éclaircir si ces antibiotiques ont réellement une influence sur la digestion et de quelle ampleur.

L'utilisation d'autres types de fumiers de volaille (poulets) dans un système anaérobiose est a priori exclue puisqu'elle nécessite une forte dilution du substrat, ce qui n'est probablement pas justifiable du point de vue environnemental et du bilan énergétique de l'opération.

Teneurs en éléments nutritifs de la matière résiduelle de la méthanisation

Pour la pratique agricole, la matière, soit méthanisée soit percolée avant méthanisation, doit être analysée en vue de la caractériser en tant qu'engrais : si l'on peut logiquement s'attendre à une diminution de la matière organique par rapport à la matière non méthanisée, la méthanisation ne traite en aucun cas l'aspect des teneurs élevées en phosphore, caractéristiques de ce type d'engrais de ferme. Il est par ailleurs essentiel de connaître les teneurs de N, ainsi que la forme sous laquelle il se trouve disponible pour la nutrition des plantes, après traitement. Finalement, il est aussi important de connaître la teneur en MS de la matière résiduelle : d'elle dépendra principalement son transport pour la valorisation agricole : une matière relativement humide devra être valorisée dans un rayon "usuel" d'exploitation, alors que qu'un engrangement sec (à 85% de MS) s'exporte facilement dans tout le pays.

Implantation d'unités centralisées de méthanisation

Il est intéressant de constater que la concentration avicole correspond à la concentration porcine, du moins dans la région lucernoise. Le traitement du fumier de poules en rajoutant du purin ou la réhumidification de fumier plus sec ne poserait aucun problème.

Une poursuite de cette approche impliquerait un complément de recherche concernant ces districts limitrophes négligés dans la première approche. D'autre part, certaines communes denses mais éloignées des districts denses devraient être exclues du dépouillement.

L'aspect des transports de fumier, d'autant plus s'il est frais (teneur en eau élevée) devra être pris en considération de manière approfondie, d'autant plus si le potentiel d'une sous-région est insuffisant pour une unité. Si le fumier à traiter est plutôt trop sec, il devrait être transporté et méthanisé au lieu où la matière résiduaire réhumidifiée pourra être valorisée en tant qu'engrais de ferme.

Des unités de méthanisation d'une capacité de 1'500 t/a semblent pouvoir permettre une gestion relativement centralisée des fumiers de volaille. Une enquête statistique a permis de définir trois régions principales où l'on retrouve d'importantes concentrations de volailles et dans lesquelles une bonne douzaine d'unités de méthanisation à 1500 t/a pourraient être construites pour traiter des fumiers de poules pondeuses (le mieux adapté à la méthanisation).

Prolongement du projet

Outre les questions de nature agronomique et logistique évoquées précédemment, la faisabilité technico-économique de telles unités de méthanisation reste à démontrer.

ANNEXES

- Références bibliographiques
- Photos des essais de percolation (été 1999)
- Analyses des fumiers selon les types de litières
- Photos de l'usine OPTISOL
- Evaluation industrielle : "BIOSELECT-PERCOLATOR"
- Photos des essais de digestion (automne 1999)
- Résultats des essais de digestion
 - boues digérées STEP MORGES :
 - tableau
 - production biogaz
 - DCO entrée / sortie
 - NH₄ entrée / sortie
 - mat. volatiles entrée / sortie
 - boues bovines LULLY :
 - tableau
 - production biogaz
 - DCO entrée / sortie
 - NH₄ entrée / sortie
 - mat. volatiles entrée / sortie
- Carte 1 : Répartition des districts de Suisse à densité importante de volaille
- Carte 2 : Communes de Suisse à densité importante de volaille, par type dominant de volaille (région est)
- Carte 3 : Communes de Suisse à densité importante de volaille, par type dominant de volaille (région centre)
- Carte 4 : Communes de Suisse à densité importante de volaille, par type dominant de volaille (région ouest)

Références bibliographiques

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A. Digestion des fumiers et déchets de volailles

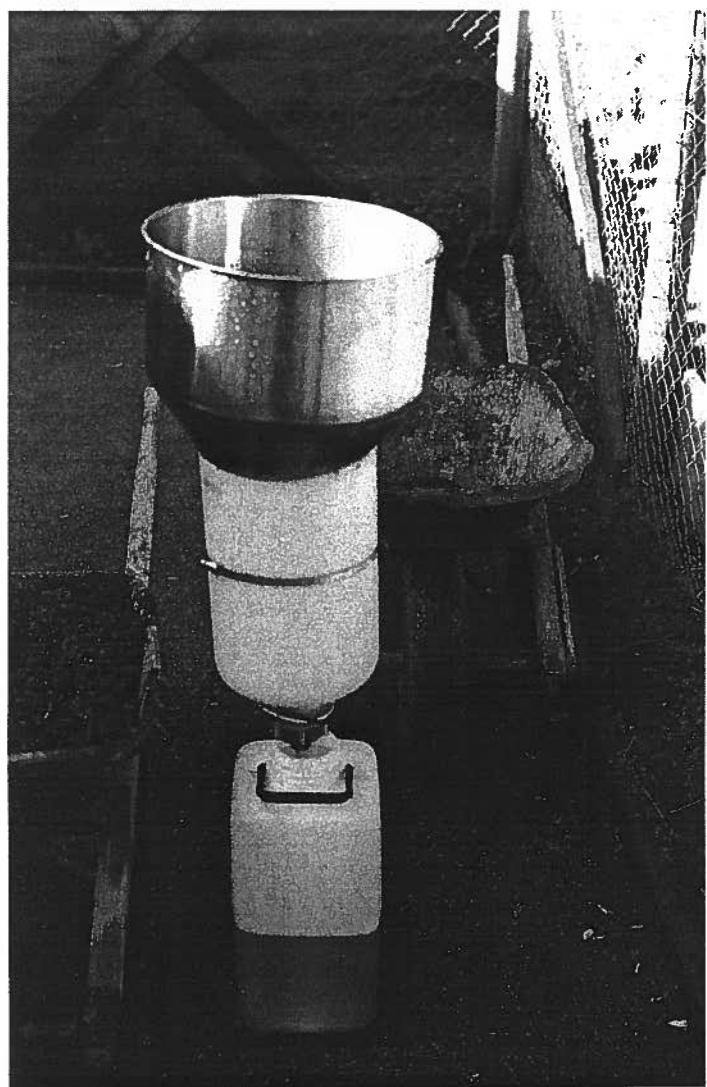
- 1 Aubart Ch. and Fauchille S. (1983) Anaerobic digestion of poultry wastes – Part 1. Biogas production and pollution decrease in terms of retention time and total solids content. *Process Biochemistry* 18,2: 31-34.
- 2 Barik S., Forgacs T. and Isbister J. (1991) Bioconversion of chicken wastes to value-added products. *Bioresource Technology* 36: 229-234.
- 3 Chen T.H. and Wang J.C. (1998) Performances of mesophilic anaerobic digestion systems treating poultry mortalities. *J. Environ. Sci. Health* B33: 487-510.
- 4 D'Hubert X. (1989) Laying hen manure upgrading process – A case history. *Energy from Biomass and Wastes* 12: 1045-1068.
- 5 Edwards D.R. and Daniel T.C. (1992) Environmental impacts of on-farm poultry waste disposal – A review. *Bioresource Technology* 41: 9-33.
- 6 Harper S.R., Valentine G.E. and Ross C.C. (1988) Comparison of upflow, downflow, and downflow-recycle packed-bed reactors for anaerobic pretreatment of poultry processing wastewater. *Energy from Biomass and Wastes* 11: 637-664.
- 7 Jantrania A.R. and White R.K. (1985) High-solids anaerobic fermentation of poultry manure. *Proc. 5th International Symposium on Agricultural Wastes*, Chicago, Illinois, pp. 73-80.
- 8 Kalyuzhnyi S., Fedorovich V. and Nozhevnikova A. (1998) Anaerobic treatment of liquid fraction of hen manure in UASB reactors. *Bioresource Technology* 65: 221-225.
- 9 Kerekrety J., Petrovicova B., Boda K. and Adamec O. (1991) Anaerobic treatment of excrements from large-scale animals farms. In *International Symposium on Biotechnology*, Bratislava, Czechoslovakia, Blazej A. and Privarova V. (Eds), Elsevier, Amsterdam, pp-277-286.
- 10 Pechan Z., Knappova O., Petrovicova B. and Adamec O. (1987) Anaerobic digestion of poultry manure at high ammonium nitrogen concentrations. *Biological Wastes* 20: 117-131.
- 11 Petrovicova B., Mravcova I., Toth F. and Adamec O. (1992) The production of biogas from agricultural products. *Proc. 6th E.C. International Conference on Biomass for Energy, Industry and Environment*, pp. 611-615.

- 12 Safley L.M.Jr, Vetter R.L. and Smith D. (1987) Operating a full-scale poultry manure anaerobic digester. *Biological Wastes* 19: 79-90.
- 13 Steinsberger S.C. and Shih J.C.H. (1984) The construction and operation of a low-cost poultry waste digester. *Biotechnology and Bioengineering* 26: 535-543.
- 14 Van de Woestyne M. and Verstraete W. (1995) Biotechnology in the treatment of animal manure. In *Biotechnology in animal feeds and animal feeding*, Wallace R.J. and Chesson A. (Eds), VCH, Weinheim, pp. 311-327.
- 15 Verougstraete A., Nyns E.J., Naveau H. and Mahy D. (1985) Biométhanisation de lisier de poules. *Revue de l'Agriculture* No 5, Vol 38: 1039-1045.
- 16 Webb A.R. and Hawkes F.R. (1985) The anaerobic digestion of poultry manure: variation of gas yield with influent concentration and ammonium-nitrogen levels. *Agricultural Wastes* 14: 135-156.
- 17 Stafford D.A., Hawkes D.L. and Horton R (1980) Methane production from waste organic matter. CRC Press, pp.174-176.
- 18 Hobson P., Bousfield S. and Summers R. (1981) Methane production from agricultural and domestic wastes. Applied Science Publishers, pp. 210-212.
- 19 Speyer P. *Le biogaz à la ferme aux USA* (1981) GRET, pp. 98-99.
- 20 Théoleyre M.A. et al. *La méthanisation des fumiers* (1986) AFME/GIDA, pp. 18-22.
- 21 Théoleyre M.A., Héduit M. et al. *Suivi technique d'installations agricoles de méthanisation* (1986) AFME/GIDA (non publié).
- 22 CEE, Directorate General for Energy, N. 27. *Plant for the production of biogas from poultry breeding residue* (project nr EE/226/81-1).
- 23 Cadett Technical Brochure No 2. *Manure digestion in a poultry farm in the Netherlands* (1994), Cadett Centre for Renewable Energy.
- 24 Maibaum C. and Kuehn V. *Thermophilic and mesophilic operation of an anaerobic treatment of chicken slurry together with organic residual substances* (1999). *Wat. Sci. Tech.* Vol. 40. No 1, pp. 231-236.

B . Description des fumiers de volailles

- Boehm R., 10. *Desinfektionsmittelliste der deutschen Veterinärmedizinischen Gesellschaft (DVH) für die Tierhaltung*. Deutsches Tierärzteblatt. Zeitschrift der Bundestierärztekammer. Sonderdruck. 47. Jahrgang, März 1999.
- Ecole suisse d'aviculture. *Publications techniques 3. La garde. 3.8. Le fumier de volailles*. CH-3052 Zollikofen.
- Haene Martin. *Legehaltung in der Schweiz 1998*. Schlussbericht. Zentrum für Tiergerechte Haltung. Geflügel und Kaninchen. CH-3052 Zollikofen. Oktober 1999.
- Hoop Richard. *Vaccination contre les coccidioses*, dans Revue UFA, 7-8/99, 48-49.
- Oeaux, *Ordonnance sur la protection des eaux du 28 octobre 1998*. RS 814.201.
- Ryser Jean-Pierre, Walther Ulrich, Menzi Harald et al. *Données de base pour la fumure des grandes cultures et des herbages*. Revue Suisse d'Agriculture, juillet-août 1994. Vol. 26. No 4.
- Schuchardt Frank. *Ammoniakverluste bei der Kompostierung tierischer Exkreme*nt. Institut für Technologie Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL) 3300 Braunschweig-Völkenrode. In *Ammoniak in der Umwelt. Kreisläufe, Wirkungen, Minderung*. KTBL-Schriften-Vertrieb im Landwirtschaftsverlag GmbH, D-4400 Münster-Hiltrup (Westfalen). DK 614.7: 631.22: 628.8.
- Station fédérale de recherches en production animale. *Liste de la RAP des additifs autorisés pour l'alimentation animale*. CH-1725 Posieux, 01.12.99.
- Wellinger A., Baserga U., Edelmann W., Egger K., Seiler B. *Biogas-Handbuch. Grundlagen – Planung – Betrieb landwirtschaftlicher Biogasanlagen*. 2. Auflage Komplett überarbeitet. Verlag Wirz Aarau, 1991.

Photos
Essais de percolation (1.7.1999)



1.
Dispositif d'essai

2.
*Aspect du fumier après
le premier passage*





3.

Fumier brut



4.

Fumier brut (brouette de gauche) et fumier après percolation (brouette de droite)

Analyses des fumiers selon les types de litières

Eric Schweizer Samen AG
Postfach 150, CH-3602 Thun

Tel. 033 227 57 57
Fax 033 227 57 58

Labor für Bodenanalytik und Umwelttechnik
Laboratoire pour analyses de sol et technique
environnementale
Laboratorio per l'analisi della terra e di tecnica
dell'ambiente

Thun, 21.April 99

| DIR | V | PV | ATV | Adm |
|------------------------|---|----------|-----|-----|
| BC 23 AVR. 1999 | | | | |
| Distrib. | | Classem. | | |

Optigal SA
Monsieur Claude Heckly
rte de l'Industrie 25
1784 Courtepin

| Paket Nr. B-60B | | Auftrag: 400'769 | Probe: Optigal P | |
|---|-----------------|------------------|------------------|--|
| Element | Methode | Résultate | | |
| Bezogen auf Frischsubstanz (FS) | | | | |
| pH-Wert | direkt in Gölle | 7.91 | | |
| Bezogen auf Trockensubstanz (TS) | | | | |
| Trockensubstanz (TS) | 105°C % | 75.51 | | |
| Glühverlust (organ. Substanz) | 500°C %TS | 83.52 | | |
| Glührückstand (anorgan. Substanz) | 500°C %TS | 16.48 | | |

| Nährstoffe | | | Kg/t FS | Kg/t TS |
|----------------------------|--|--------------|---------|---------|
| Gesamt-Stickstoff (N-tot.) | | Destillation | 39.59 | 52.430 |
| Ammonium (N-NH4) | | do. | 7.34 | 9.721 |
| Nitrat (N-NO3) | | do. | <0.01 | <0,001 |
| Phosphor (P) | | HCl-Extrakt | 15.330 | 20.302 |
| Kalium (K) | | do. | 17.654 | 23.380 |
| Magnesium (Mg) | | do. | 5.529 | 7.322 |
| Calcium (Ca) | | do. | 18.029 | 23.876 |

Datum Entnahme: -

Eingang:

07.04.99

Wir hoffen, Ihnen mit dem vorliegenden Bericht dienen zu können.

Mit freundlichen Grüßen
ERIC SCHWEIZER SAMEN AG

i.A. J. Müller

Litière constituée de copeaux de bois



SCHWEIZER

Eric Schweizer Samen AG
Postfach 150, CH-3602 Thun

Tel. 033 227 57 57
Fax 033 227 57 58

Labor für Bodenanalytik und Umwelttechnik
Laboratoire pour analyses de sol et technique
environnementale
Laboratorio per l'analisi della terra e di tecnica
dell'ambiente

Thun, 21. April 99

| DIR | V | PV | ATV | Adm |
|----------|--------------|----|-----|-----|
| BC | 23 AVR. 1999 | | | |
| Distrib. | Classern. | | | |

Optigal SA
Monsieur Claude Heckly
rte de l'Industrie 25
1784 Courtepin

| Paket Nr. B-60B | | Auftrag: 400'768 | Probe: Optigal T | |
|---|-----------------|------------------|------------------|--|
| Element | Methode | Resultate | | |
| Bezogen auf Frischsubstanz (FS) | | | | |
| pH-Wert | direkt in Gülle | 8.02 | | |
| Bezogen auf Trockensubstanz (TS) | | | | |
| Trockensubstanz (TS) | 105°C % | 32.03 | | |
| Glühverlust (organ. Substanz) | 500°C %TS | 81.55 | | |
| Glührückstand (anorgan. Substanz) | 500°C %TS | 18.45 | | |
| Nährstoffe | | | | |
| Gesamt-Stickstoff (N-tot.) | Destillation | 23.95 | 74.774 | |
| Ammonium (N-NH4) | do. | 11.08 | 34.593 | |
| Nitrat (N-NO3) | do. | <0.01 | <0.001 | |
| Phosphor (P) | HCl-Extrakt | 8.532 | 26.637 | |
| Kalium (K) | do. | 8.318 | 25.970 | |
| Magnesium (Mg) | do. | 2.572 | 8.031 | |
| Calcium (Ca) | do. | 8.970 | 28.006 | |

Datum Entnahme: —

Eingang:

07.04.99

Wir hoffen, Ihnen mit dem vorliegenden Bericht dienen zu können.

Mit freundlichen Grüßen
ERIC SCHWEIZER SAMEN AG

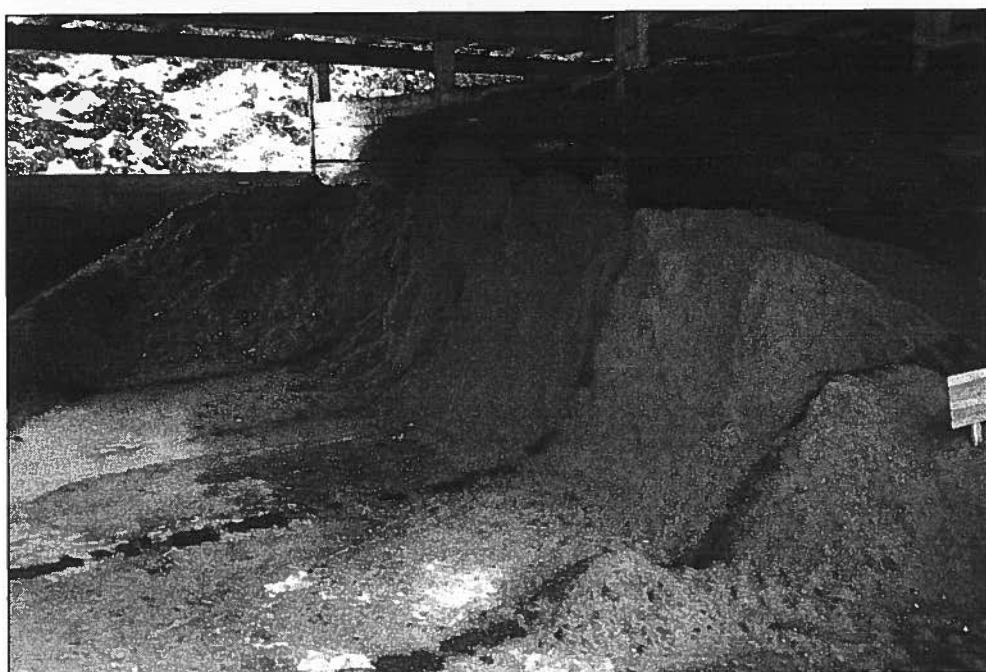
i.A. L. Lüthi

Litière constituée de paille

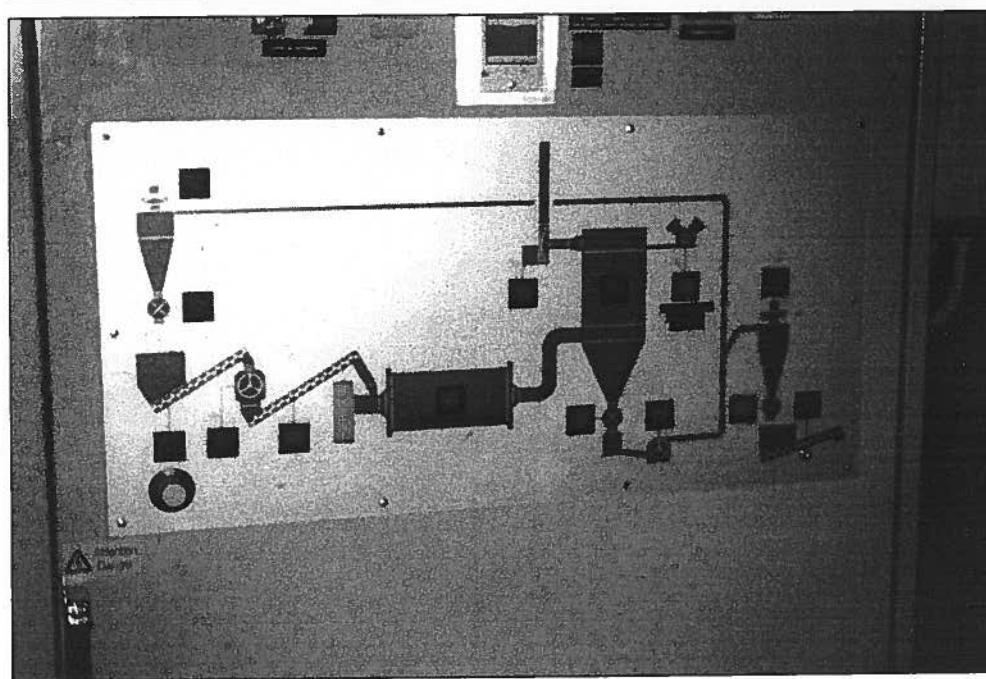
**Photos de l'
USINE OPTISOL / Saillon (VD)**



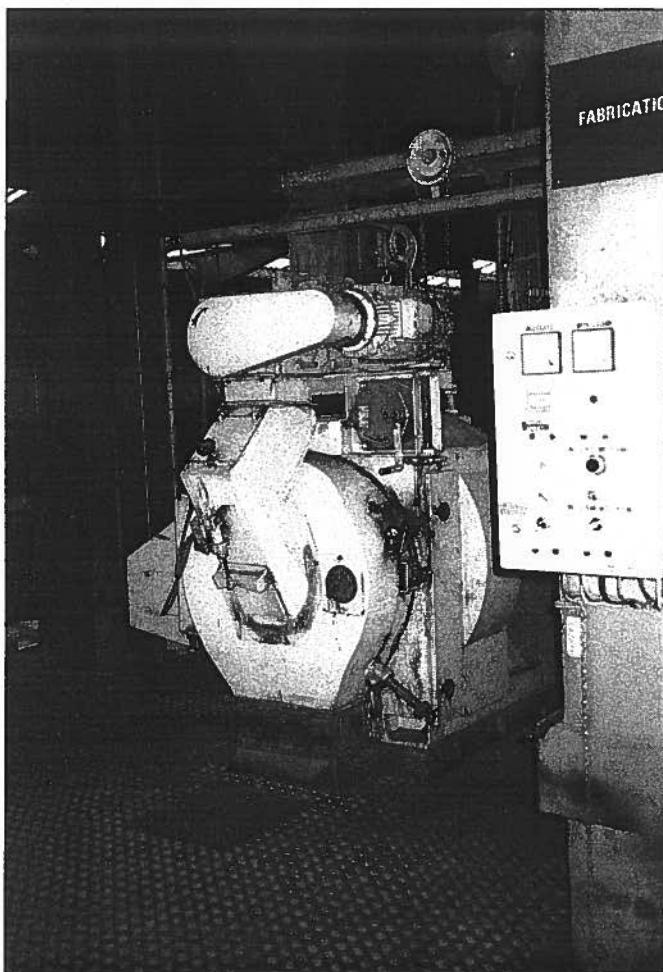
1.
Vue générale
de l'usine



2.
Halle de stockage
des fumiers



3.
Tableau
synoptique
(broyage,
déshydratation,
ensachage)



4. *Broyeur*



5. *Conditionnement du produit fini*

Evaluation industrielle : “BIOSELECT-PERCOLATOR”

FAX



Ingenieurbüro
 Dipl.-Ing. Rudolf Loock
 Kaiser-Wilhelm-Straße 89
 D - 20355 Hamburg
 Telefon: 040 / 34 09 34
 040 / 34 09 35
 Telefax: 040 / 34 02 12

E-Mail: LoockConsultants@compuserve.com <http://Ourworld.CompuServe.Com/Homepages/LoockConsultants/>

An Firma/ Abteilung: EREP

Telefax: 00 41 21 869 98 87

zu Händen: Herrn Membrez

Absender/Sachbearbeiter: Herr Dipl.-Ing. R. Loock

Datum: 22.04.99 Anzahl der Seiten inkl. Deckblatt: 1

Betr.: Bioselect-Percolator

Bezug: Ihre Anfrage zur Vergärung von Hühnermist

Sehr geehrter Herr Membrez,

bitte entschuldigen Sie die verspätete Antwort Ihrer Anfrage vom 18.03.99.

Zu Ihrer Frage hinsichtlich der Vergärung von 3.000 t/a Hühnermist mit einem TS von ca. 70 % können wir Ihnen mitteilen, daß unser Verfahren für dieses Substrat gut geeignet ist.

Für die Auslegung einer Anlage für die Vergärung von 3.000 t/a würden wir empfehlen zunächst mit 4 Fermentermodulen zu beginnen und damit den optimalen Verfahrensablauf (Vorbehandlung, Fermentation und Nachbehandlung) einzustellen. Danach könnte eine maßgeschneiderte Erweiterung der Anlage mit Nachrüstung von 6 bis 8 Fermentern erfolgen. Für die Ausführung der Bau- und Installationsarbeiten könnten ggf. örtliche Firmen herangezogen werden um die Kosten möglichst niedrig zu halten.

Auch wir sind grundsätzlich an einer Zusammenarbeit mit Ihnen, auch für die Behandlung von anderen Substraten, interessiert und erwarten gern Ihre diesbezüglichen Vorschläge.

Mit freundlichen Grüßen

INGENIEURBÜRO

Dipl.-Ing. Rudolf Loock

R. Loock

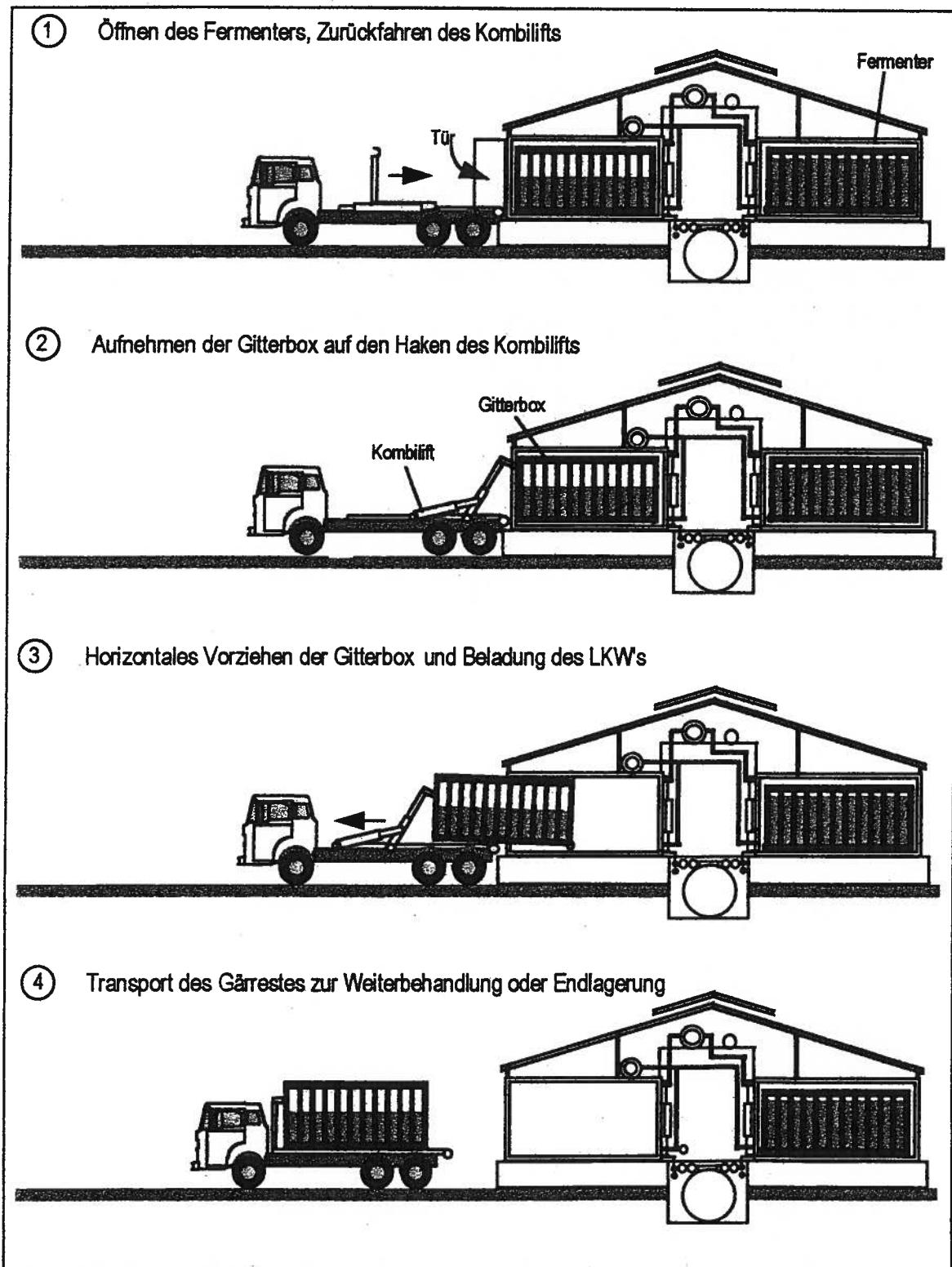


Abbildung 1: Beschickung bzw. Entnahme des Bioselect-Percolators aus dem Fermenter

1.5 Fermentation

Die Behandlung des in die Bioselect-Percolatoren gefüllten Abfalls erfolgt in einem Fermenter. Dieser ist Bestandteil einer modular aufgebauten Anlage, wobei jedes Modul einem Fermenter entspricht, der eine bzw. zwei Bioselect-Percolatoren aufnehmen kann. Die Fermenter (beispielsweise 20 Stück für eine 10.000 Jahrestonnenanlage) sind in eine Systemhalle (Grundfläche von ca. 30m x 30m) integriert. Die Anlage ist dadurch vollständig gekapselt.

Folgende Darstellung zeigt schematisch den Aufbau eines Fermenters

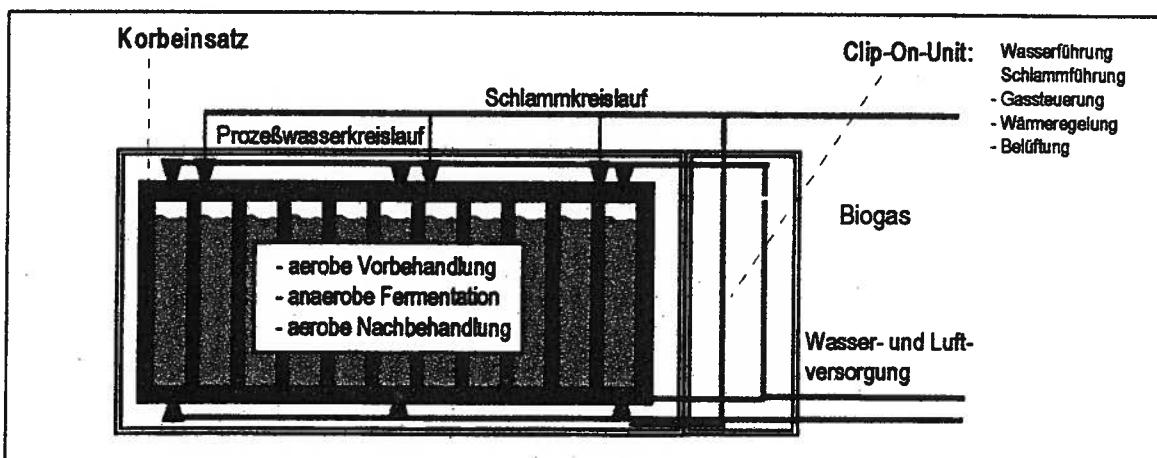


Abbildung 2: Schematischer Aufbau eines Fermenters

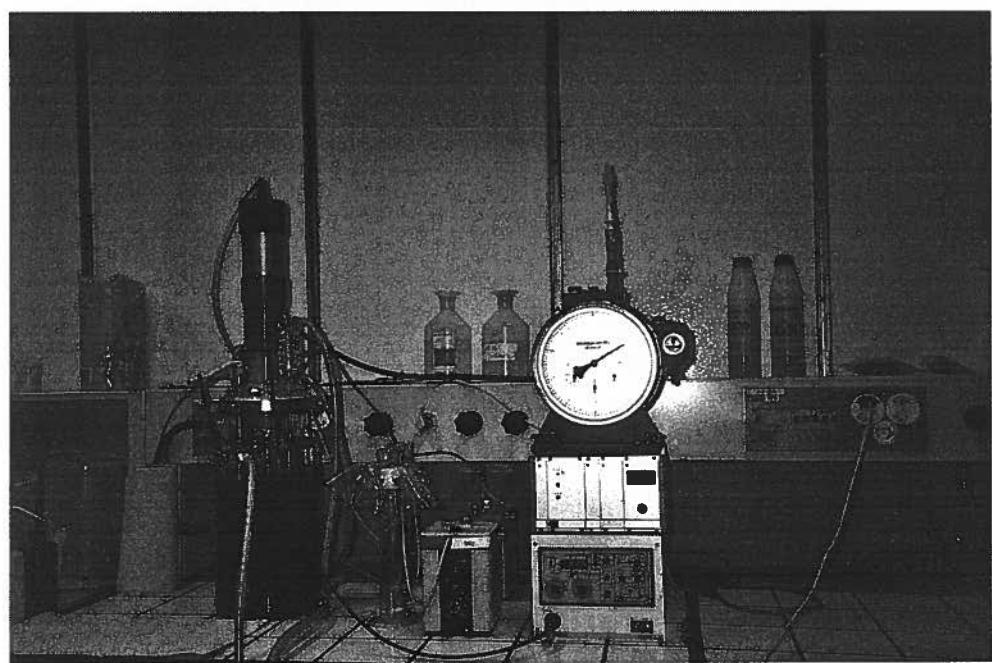
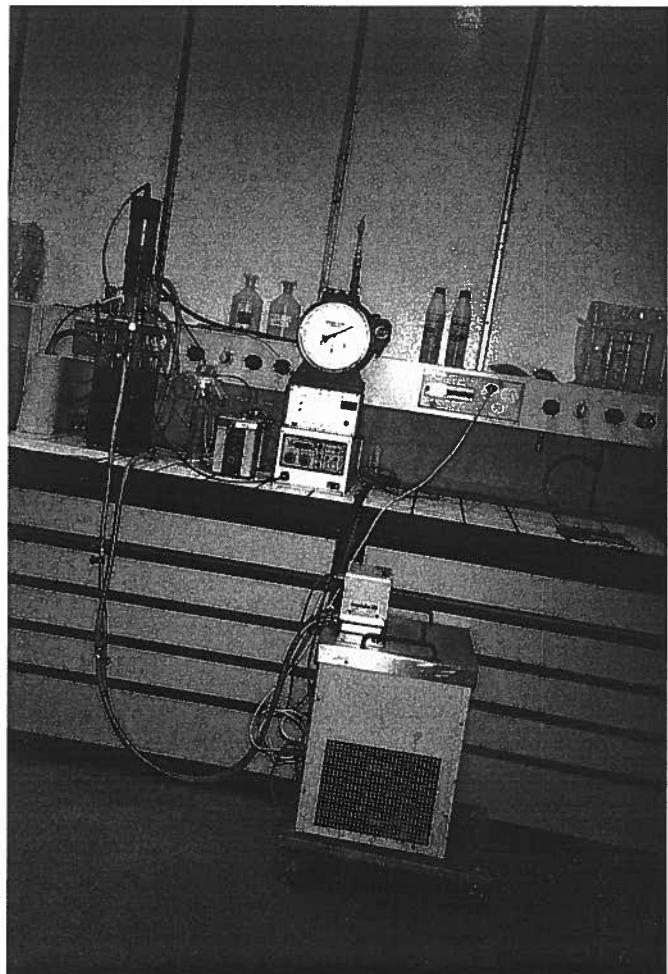
Der Fermenter wird nach der Befüllung gasdicht verschlossen. Anschließend wird eine ein- bis dreitägige aerobe Vorbehandlung durchgeführt, in der die für den anaeroben thermophilen Betrieb erforderlichen Temperaturen erreicht werden. Die in dieser Betriebsphase anfallende Abluft wird in einem Biofilter von geruchsintensiven Substanzen gereinigt.

Die anaerobe Fermentation erfolgt durch Perkolation mit Prozeßwasser, das über einen Naßfermenter im Kreislauf geführt wird. Das entstehende Biogas hat einen mittleren Methangehalt von ca. 60 Vol.-% und damit einen mittleren Heizwert von ca. 6 kWh/m³. Pro Tonne Abfall werden je nach Zusammensetzung des Substrates innerhalb von drei Wochen etwa 80 - 120 m³ Biogas produziert.

Das Substrat erreicht in dieser Zeit den Rottegrad IV - V. Durch die Nutzung des erzeugten Biogases in einem Blockheizkraftwerk zur Erzeugung von Strom und Wärme kann die Anlage nicht nur energieautark betrieben, sondern es können noch rund 2/3 der erzeugten elektrischen und thermischen Energie auskoppelt werden.

**Essais de digestion de fientes fraîches
(11.11.1999 – 23.12.1999)**

Vues du dispositif expérimental



Résultats des essais de digestion

Boues digérées STEP MORGES

- tableau
- production biogaz
- DCO entrée / sortie
- NH₄ entrée / sortie
- mat. volatiles entrée / sortie

Novembre / Décembre 1999

GALIGAZ_ESSAI 1 (Boues digérées STEP de Morges)

Conditions inchangées pendant toute la durée de l'essai :

pH : 7.3

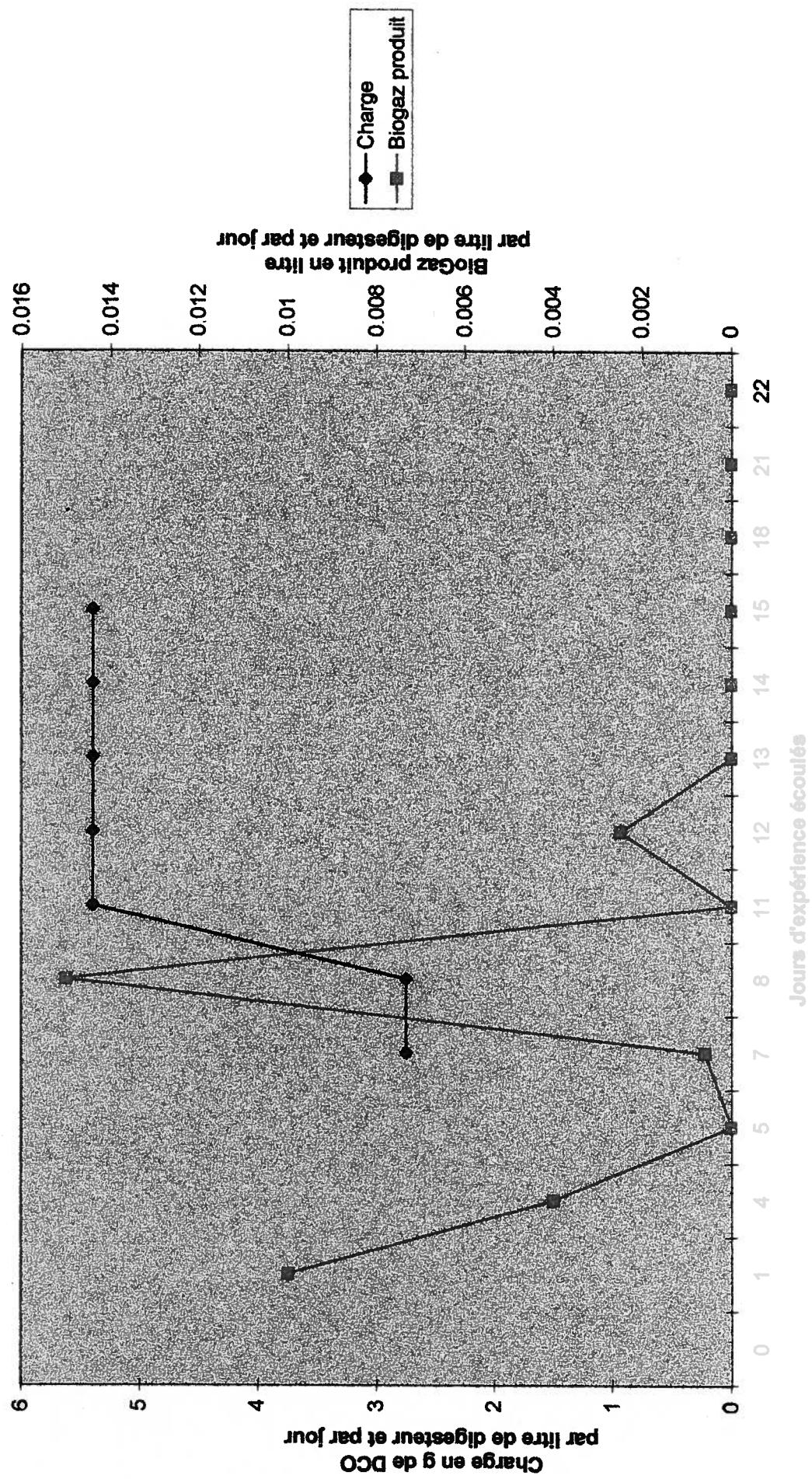
Agitation : 300 RPM

T° : 37 °C

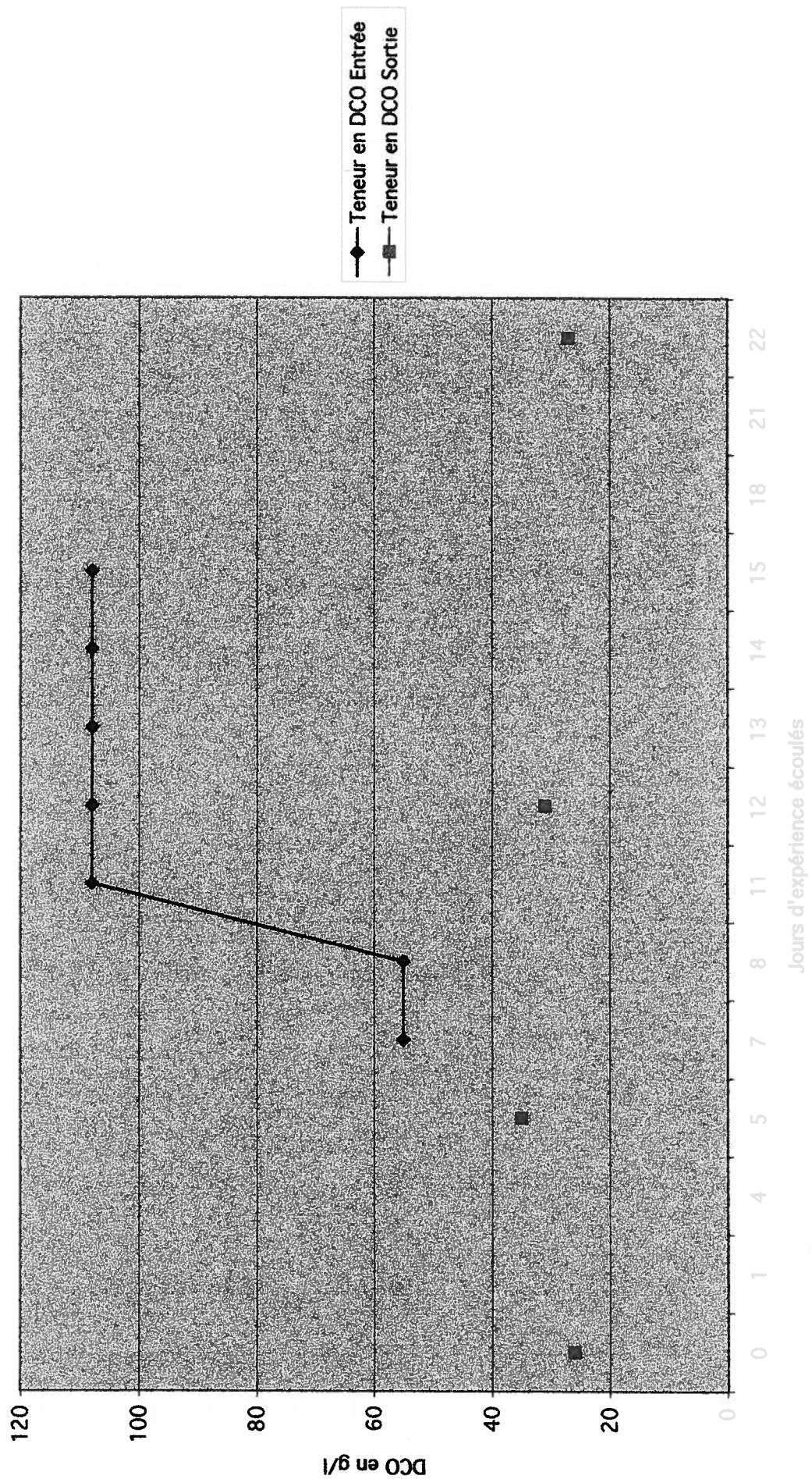
Ch. Kuhn EPFL / LBE

| DATE | JOUR | BIOGAZ $\text{l}^{-1}\text{j}^{-1}$ | CHARGE $\text{g DCO l}^{-1}\text{j}^{-1}$ | DCO Entrée g l^{-1} | DCO Sortie g l^{-1} | MV Entrée % Ech | MV Sortie % Ech | NH4 Entrée g l^{-1} | NH4 Sortie g l^{-1} |
|------------|------|--|--|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| 11.11.1999 | 0 | 0.01 | | | | | | | |
| 12.11.1999 | 1 | 0.004 | | | | | | | |
| 15.11.1999 | 4 | 0 | | | | | | | |
| 16.11.1999 | 5 | 0.0006 | 2.75 | 55 | | | | | |
| 18.11.1999 | 7 | 0.015 | 2.75 | 55 | | | | | |
| 19.11.1999 | 8 | 0 | 5.4 | 108 | | | | | |
| 22.11.1999 | 11 | 0.0025 | 5.4 | 108 | 31 | 3.7 | 2.12 | 1.3 | 4 |
| 23.11.1999 | 12 | 0 | 5.4 | 108 | | | | | 4 |
| 24.11.1999 | 13 | 0 | 5.4 | 108 | | | | | |
| 25.11.1999 | 14 | 0 | 5.4 | 108 | | | | | |
| 26.11.1999 | 15 | 0 | 5.4 | 108 | | | | | |
| 29.11.1999 | 18 | 0 | | | | | | | |
| 2.12.1999 | 21 | 0 | | | | | | | |
| 3.12.1999 | 22 | 0 | | | | | | | |
| | | | | 26 | | 3.66 | 2.52 | 3.2 | |
| | | | | 35 | | 5.2 | 5.2 | | |
| | | | | | | 3.7 | 3.7 | 1.3 | 1.3 |
| | | | | | | 3.7 | 2.12 | 1.3 | 3 |
| | | | | | | 3.7 | 2.12 | 1.3 | 1.3 |
| | | | | | | 3.7 | 2.12 | 1.3 | 1.3 |
| | | | | | | 3.7 | 2.12 | 1.3 | 1.3 |
| | | | | | | 3.7 | 2.12 | 1.3 | 1.3 |
| | | | | | | 27 | 1.89 | 2.9 | 2.9 |

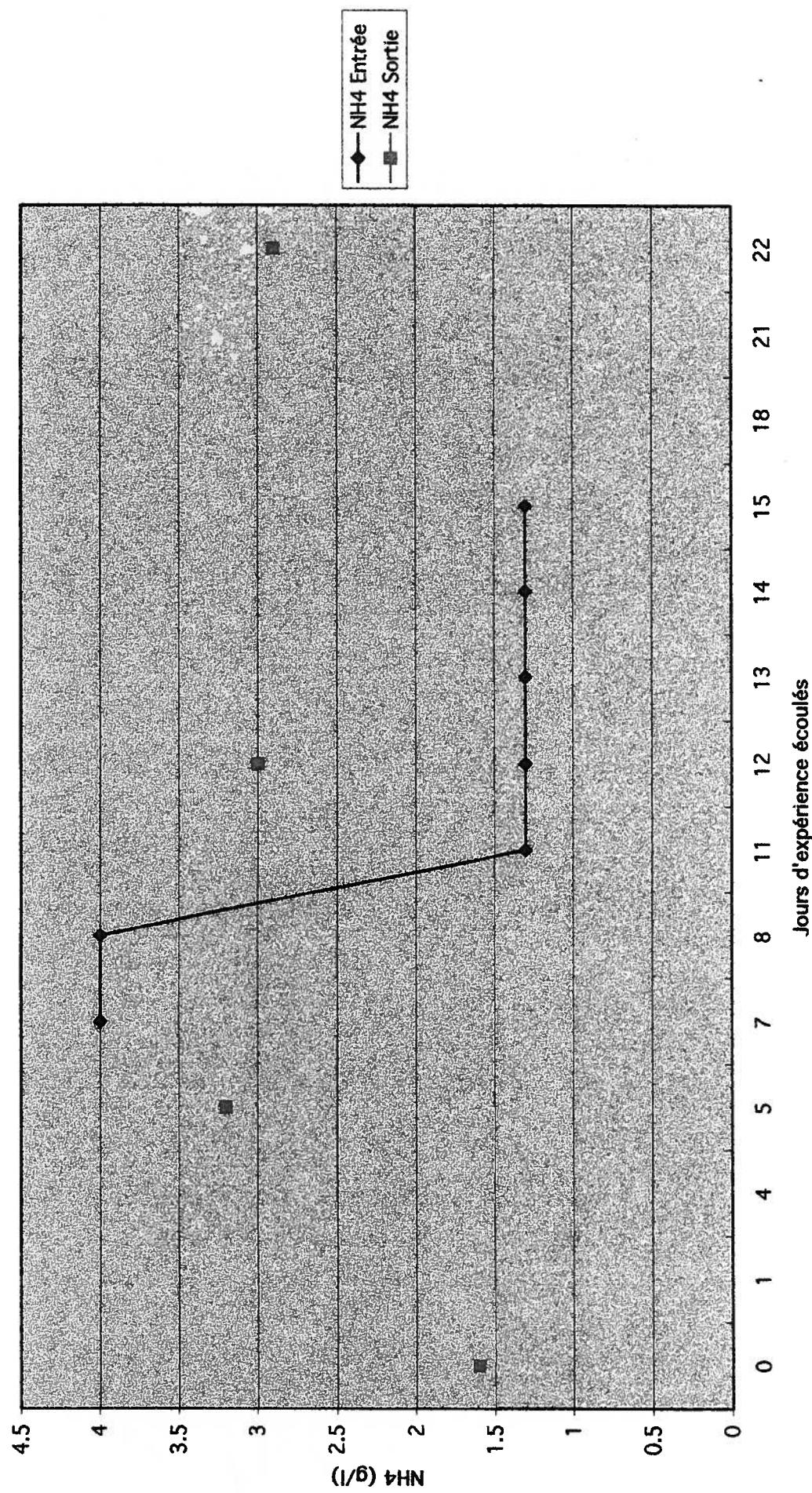
BioGaz produit selon la charge



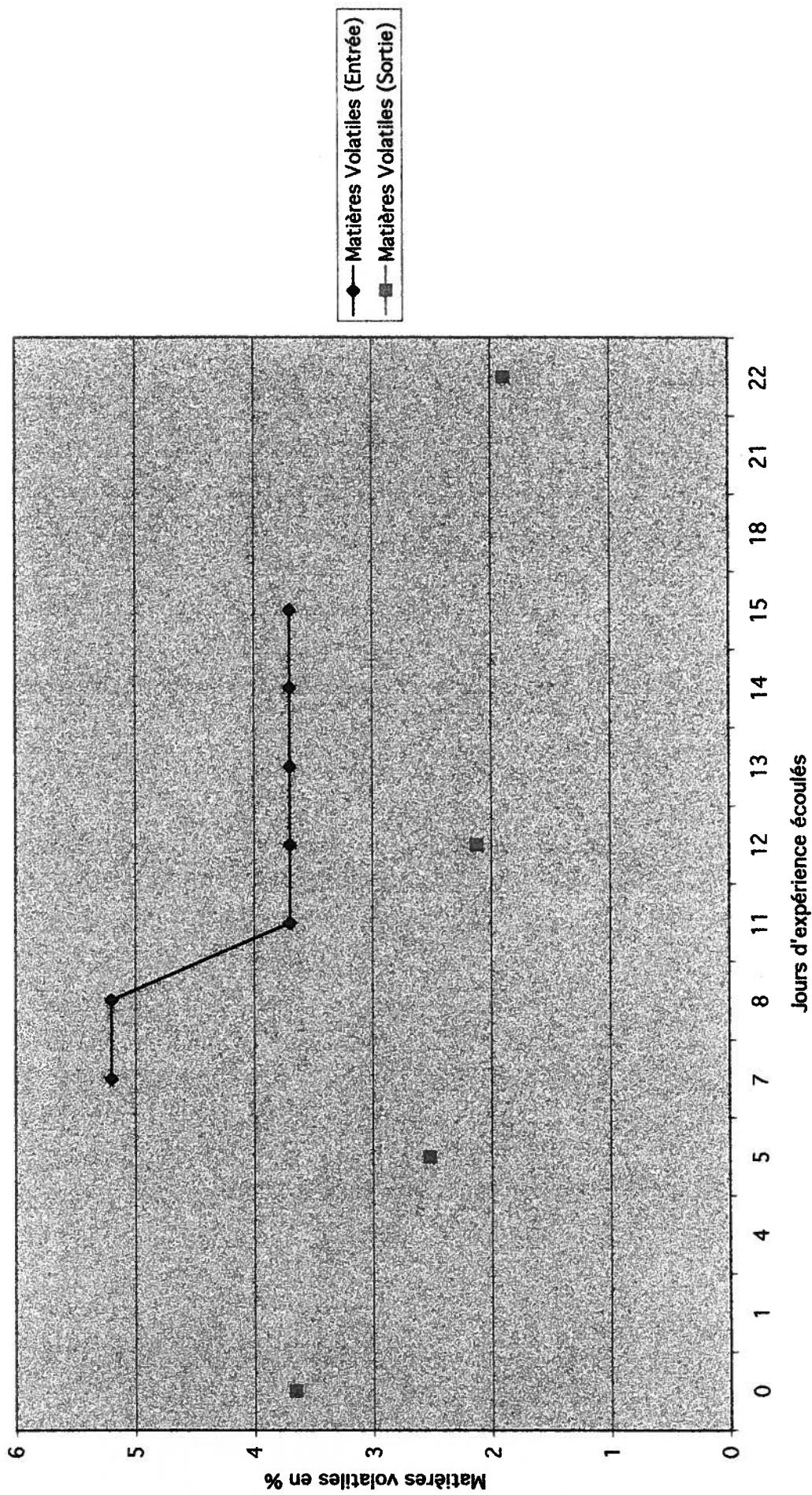
Teneurs en DCO Entrée et Sortie du digesteur



Teneurs en NH4 Entrée et Sortie du digesteur



Teneurs en matières volatiles Entrée et Sortie du digesteur

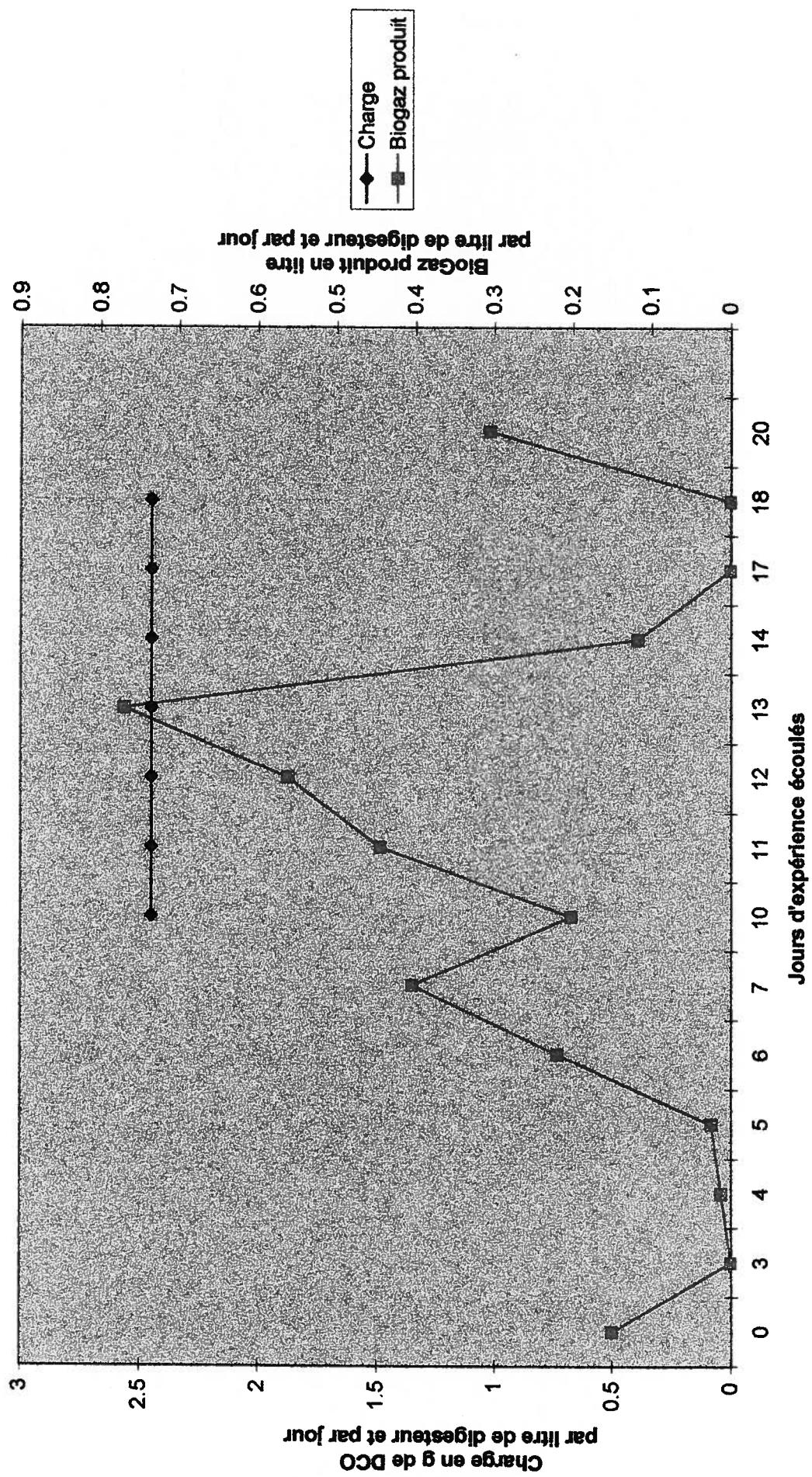


Boues bovines LULLY

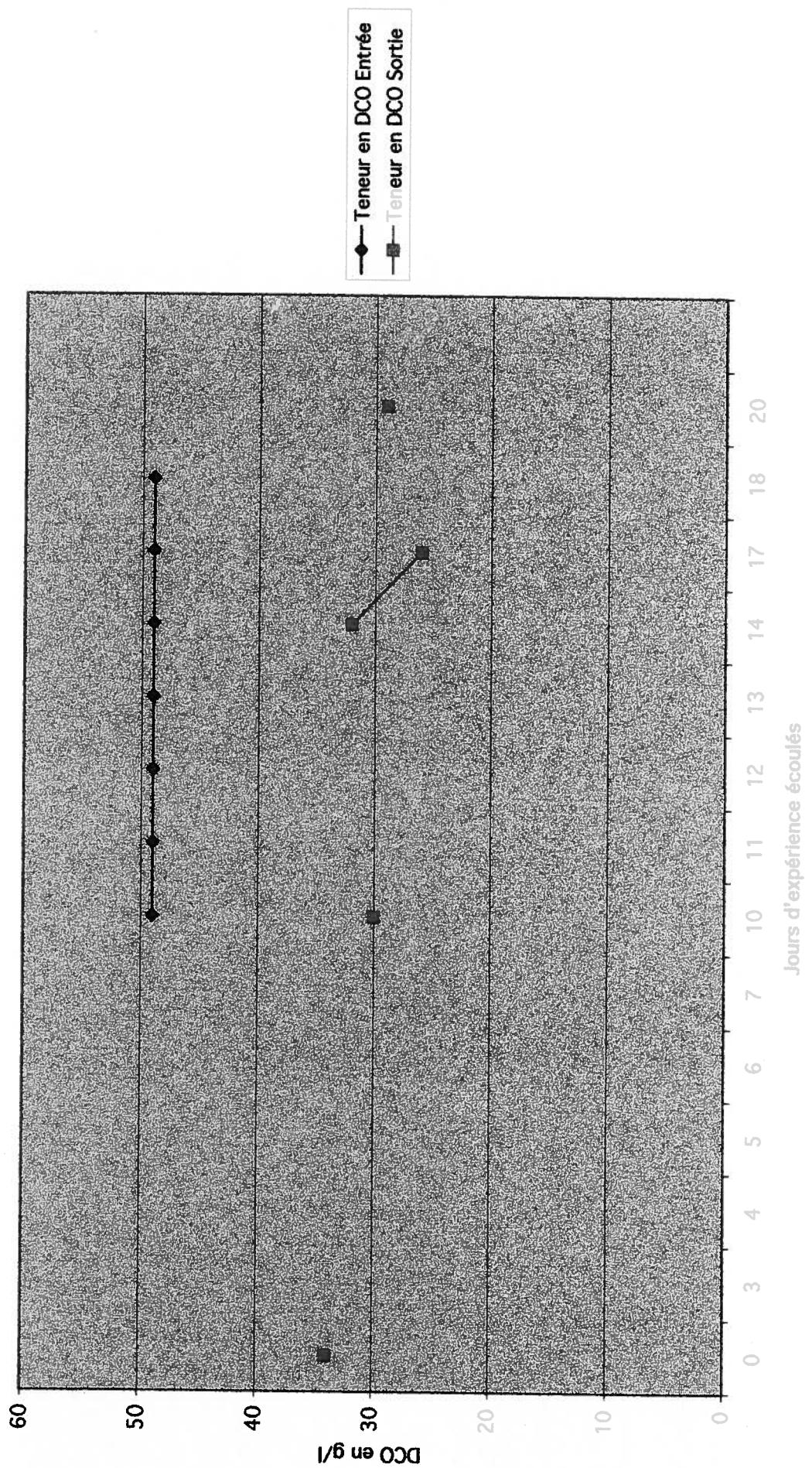
- tableau
- production biogaz
- DCO entrée / sortie
- NH4 entrée / sortie
- mat. volatiles entrée / sortie

Conditions inchangées pendant toute la durée de l'essai :

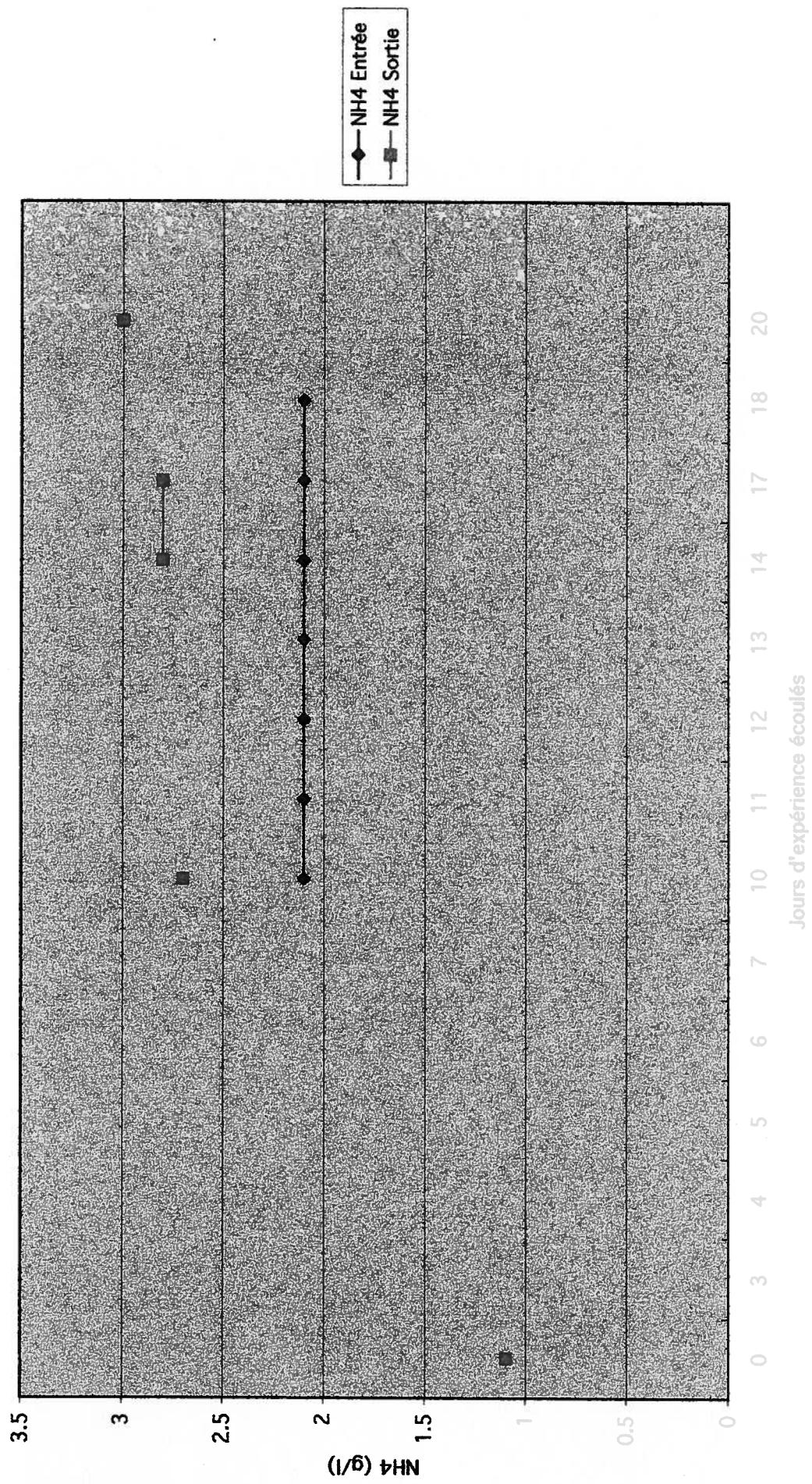
pH : 7.3
Agitation : 300 RPM
T° : 37 °C



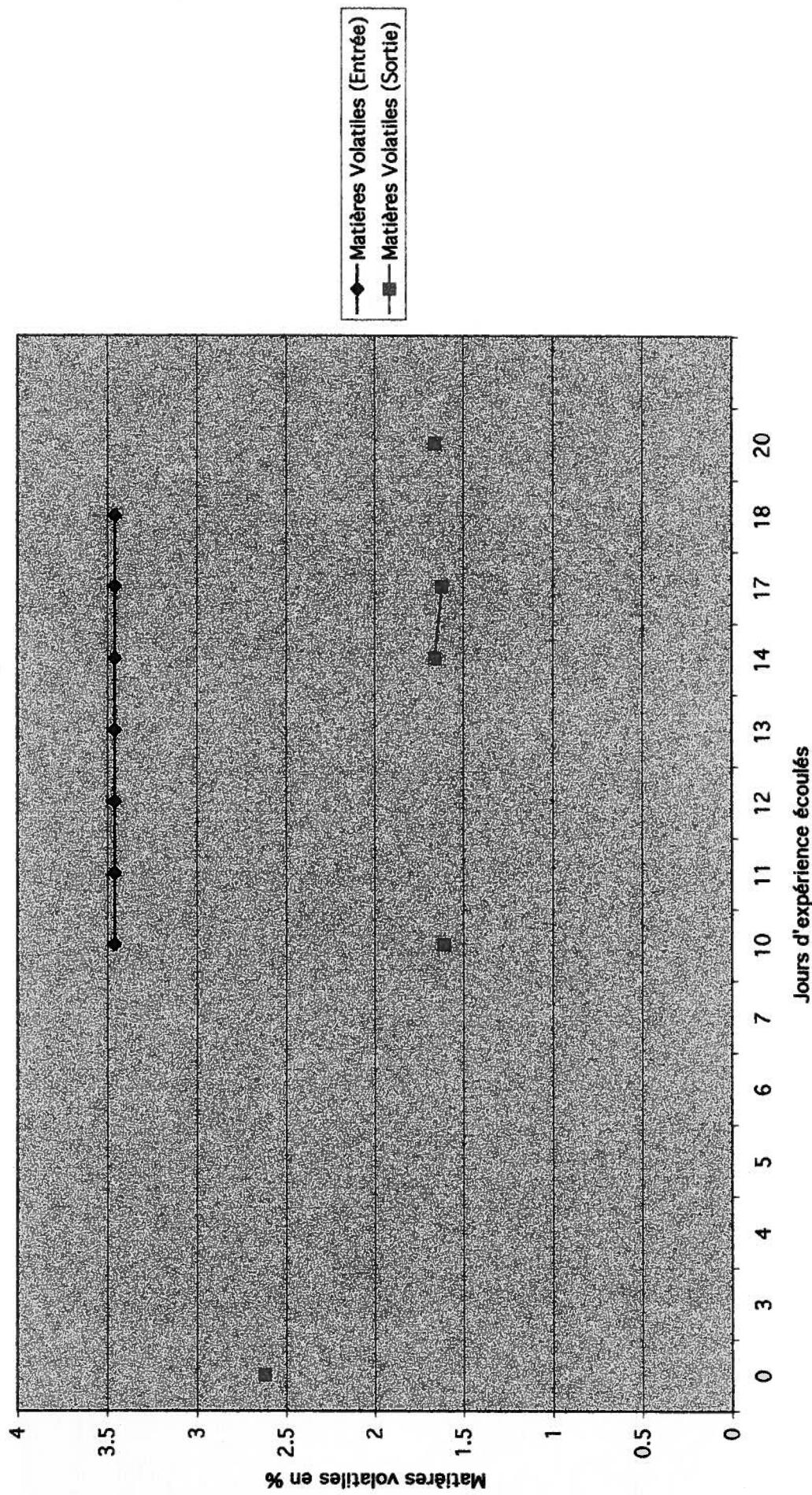
Teneurs en DCO Entrée et Sortie du digesteur



Teneurs en NH4 Entrée et Sortie du digesteur



Teneurs en matières volatiles Entrée et Sortie du digesteur



Carte 1

Répartition des districts de Suisse à densité importante de volaille



> 100'000 têtes

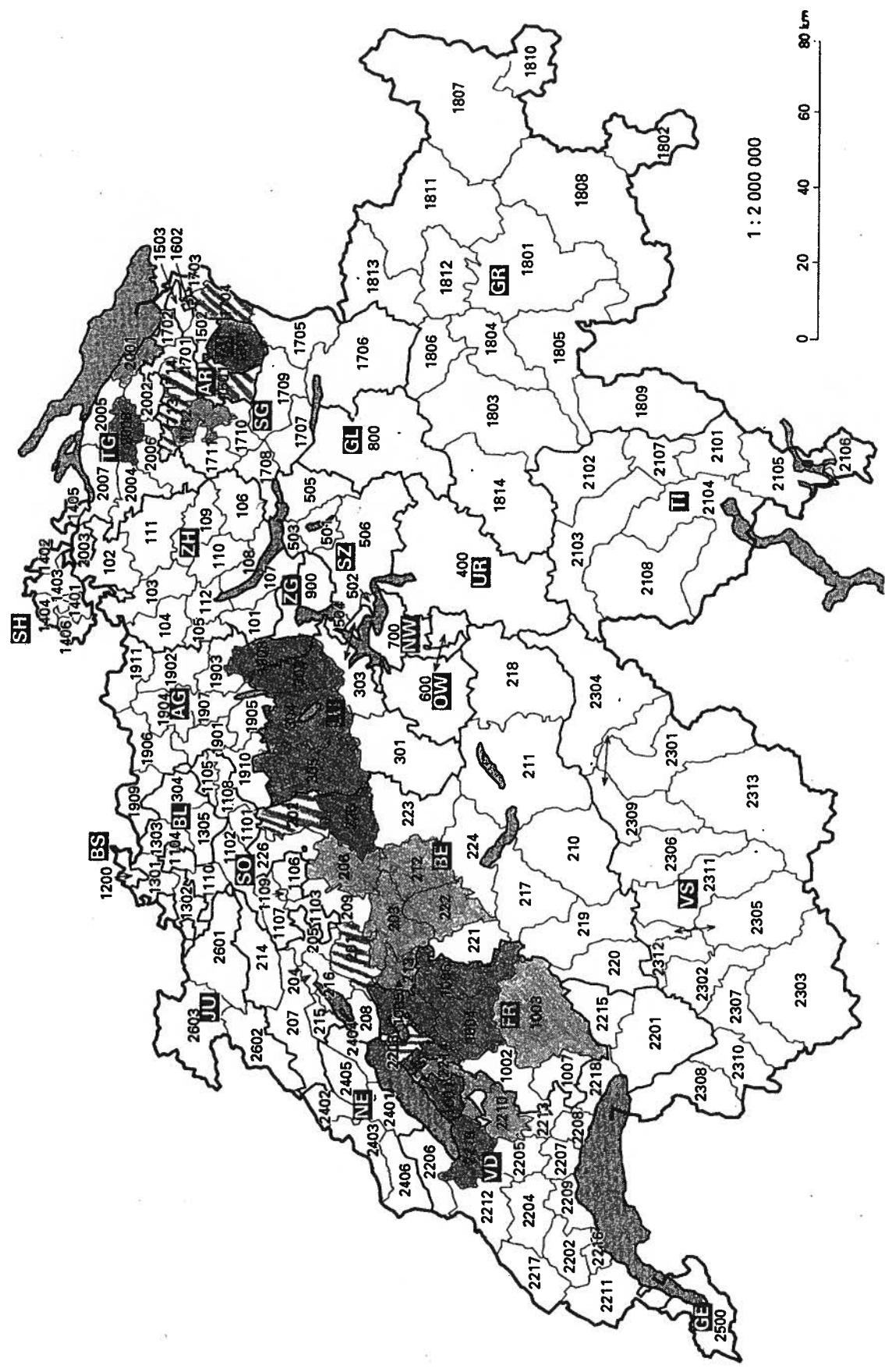


80'000-100'000 têtes adjacents



districts adjacents examinés par commune

**Kantone und Amtsbezirke der Schweiz
Les cantons et les districts suisses**

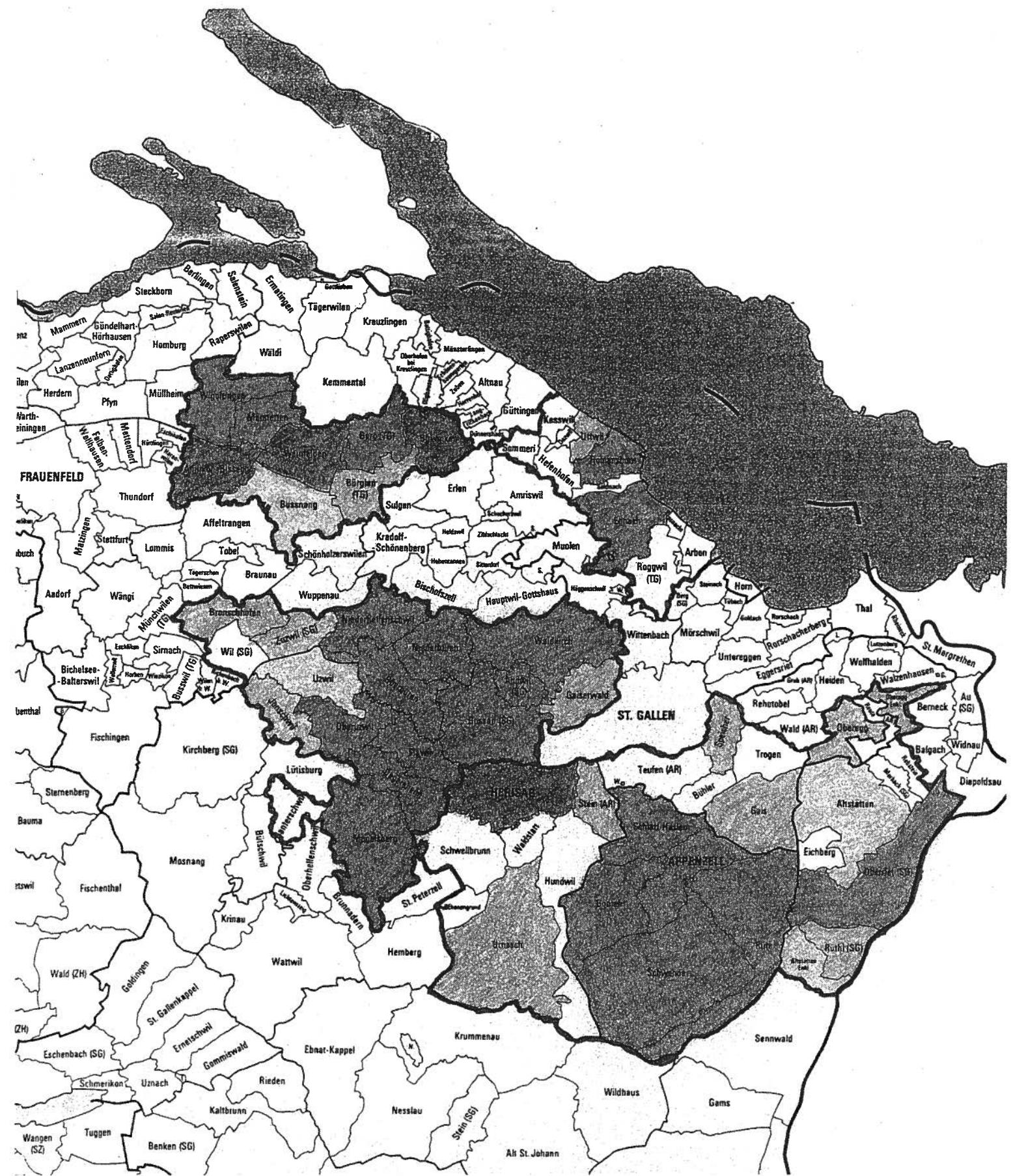


Carte 2

Communes denses en volaille – région Est

Classification des communes selon le type dominant d'élevage

-  < 2000 poules, 4000-8000 places engrais poulets
-  < 2000 poules, > 8000 places engrais poulets
-  > 2000 poules, < 4000 places engrais poulets
-  > 2000 poules, > 4000 places engrais poulets
-  limites sous-région

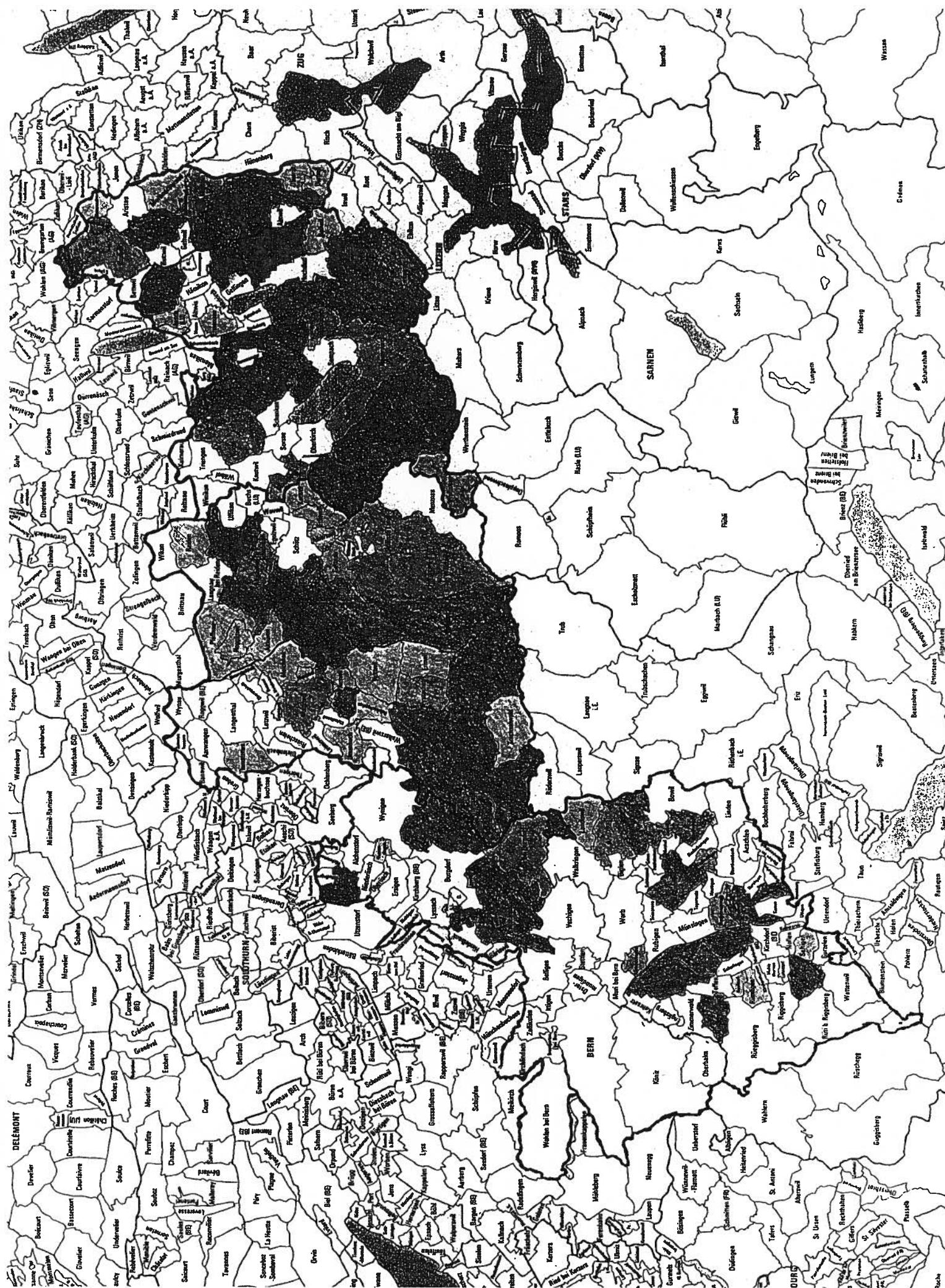


Carte 3

Communes denses en volaille – région Centre

Classification des communes selon le type dominant d'élevage

-  < 2000 poules, 4000-8000 places engrais poulets
-  < 2000 poules, > 8000 places engrais poulets
-  > 2000 poules, < 4000 places engrais poulets
-  > 2000 poules, > 4000 places engrais poulets
-  limites sous-région

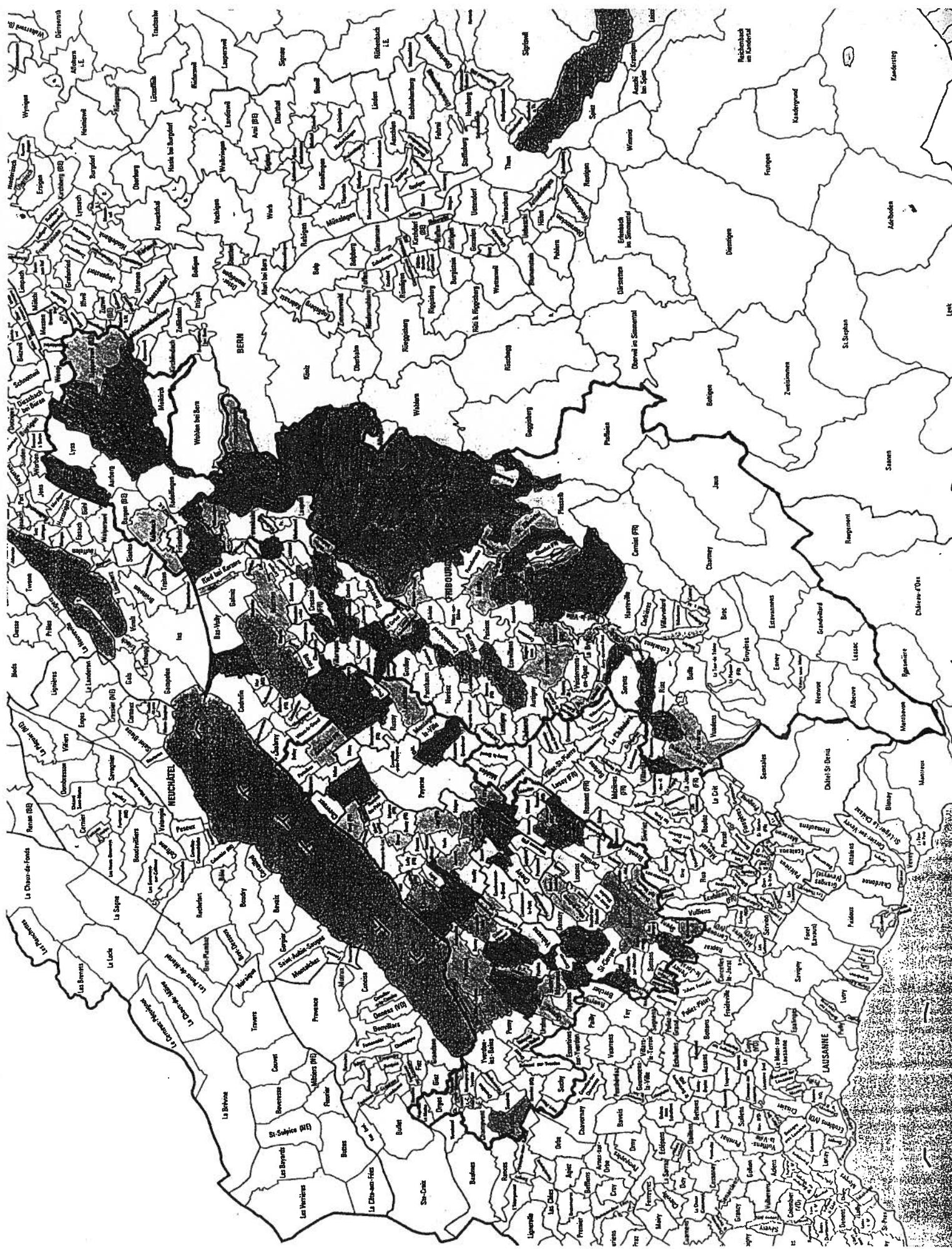


Carte 4

Communes denses en volaille – région Ouest

Classification des communes selon le type dominant d'élevage

-  < 2000 poules, 4000-8000 places engrais poulets
-  < 2000 poules, > 8000 places engrais poulets
-  > 2000 poules, < 4000 places engrais poulets
-  > 2000 poules, > 4000 places engrais poulets
-  limites sous-région



Extrait de
“Les Communes de la Suisse”
1 : 300'000
Office fédéral de la topographie
8084 Wabern, 1996

**VALORISATION BIOÉNERGÉTIQUE
DE FUMIERS DE VOLAILLES
“GALIGAZ”
Contrat n° 70'540**

Résumé

La production annuelle de fumier de volailles en Suisse s'établit à près de 75'000/80'000 t/a. Environ 15'000/20'000 t/a ne sont pas au bénéfice de contrats de reprise et pourraient être valorisées sous forme d'énergie.

Les fumiers de dindes et de poulets à l'engrais ainsi que ceux produits par les poules (œufs au sol) constituent un engrais sec (>45% de matière sèche) difficilement méthanisable. Par contre, les fumiers de poules en volières (25-35% de matière sèche) pourraient être mieux adaptés à la production de biogaz. Par ailleurs, ils ne contiennent pas de résidu d'antibiotique pouvant inhiber la digestion anaérobique.

L'étude a consisté en diverses étapes orientées en fonction des résultats enregistrés :

- recherche bibliographique concernant les installations de méthanisation au niveau du laboratoire et de l'exploitation agricole.
- enquête destinée à définir les caractéristiques des fumiers et les facteurs influençant leurs compositions.
- évaluation technique de la méthanisation intégrée à une usine traitant 6000 m³/a de fumiers de volailles.
- essais de percolation et de digestion des jus dans un réacteur de laboratoire. Les résultats obtenus ont été décevants.
- essais de laboratoire sur la digestion en continu de fientes fraîches avec un inoculum provenant d'un digesteur de boues d'épuration lors d'une première expérience et avec du purin provenant d'un digesteur agricole pour un deuxième essai. Les résultats de cette dernière expérimentation ont été encourageants mais ne permettent pas de conclure sur la faisabilité technique ni de définir des bases de dimensionnement préliminaire.
- recherche destinée à localiser les concentrations de poules pondeuses et de volailles d'engraissement afin de définir des lieux possibles pour l'implantation d'unités de méthanisation traitant 1500 t/a de fumiers de volailles chacune. Une douzaine d'installations pourraient être construites dans trois régions de Suisse. Sur la base des données fournies par la bibliographie, chacune d'elles pourrait produire 250'000 à 300'000 Nm³ de biogaz par an, soit 1,5 à 1,8 GWh/a et par installation.