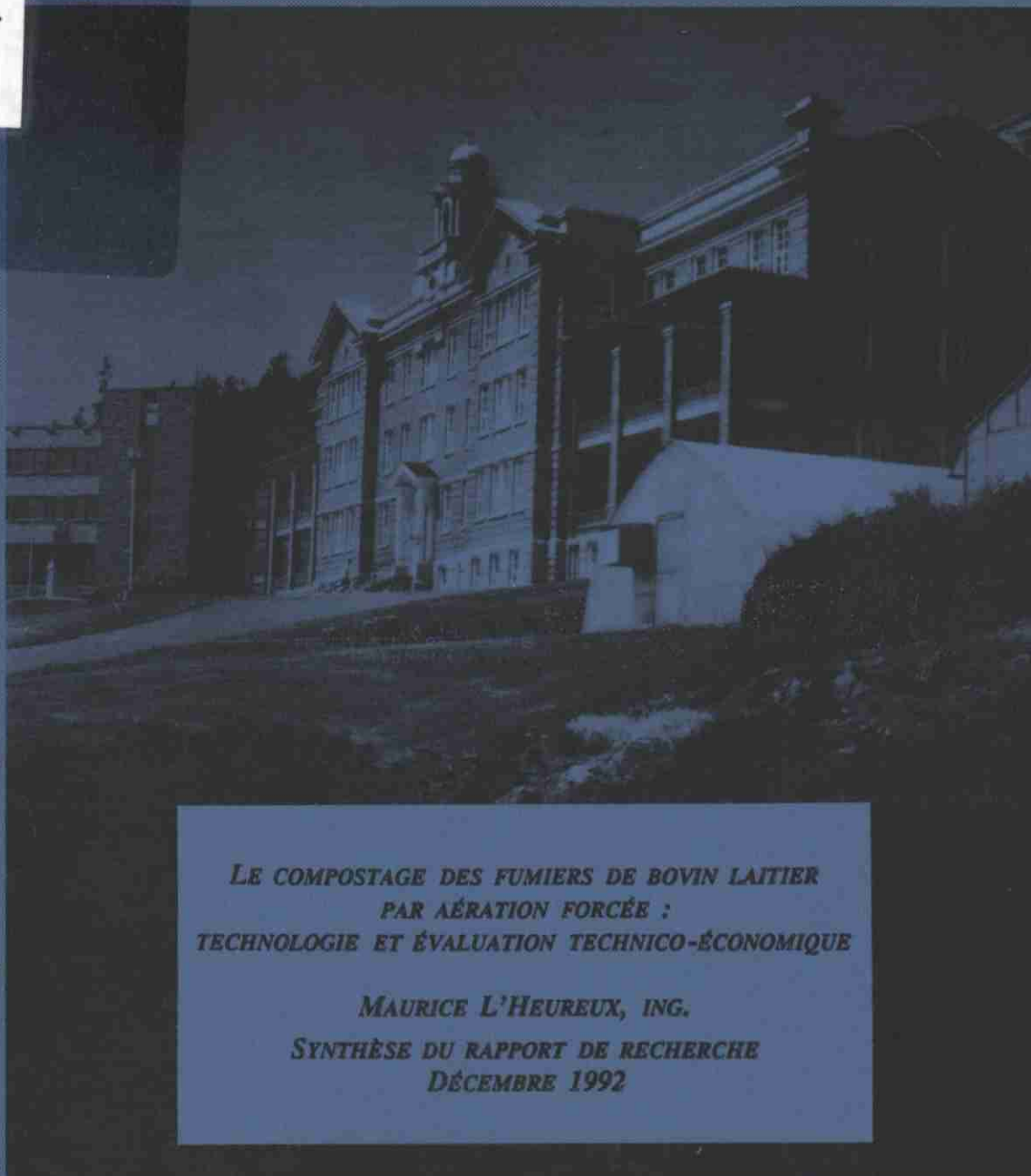


A38T42
L34
1992
QMC
P. gouv.



*LE COMPOSTAGE DES FUMIERS DE BOVIN LAITIER
PAR AÉRATION FORCÉE :
TECHNOLOGIE ET ÉVALUATION TECHNICO-ÉCONOMIQUE*

*MAURICE L'HEUREUX, ING.
SYNTHÈSE DU RAPPORT DE RECHERCHE
DÉCEMBRE 1992*



**Institut de technologie
agro-alimentaire
de La Pocatière**

Un établissement du ministère de l'Agriculture,
des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec

Québec 

Dépôt légal - 4^e trimestre 1992
2^e édition revue et corrigée
Bibliothèque nationale du Québec
Bibliothèque nationale du Canada
ISBN 2-550-27181-5

92-1222

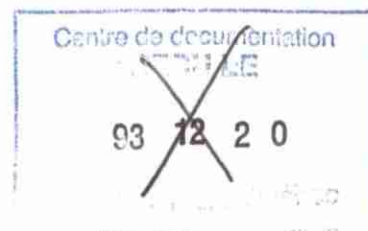
A38T42
L34
1992
QMC
P.Gouv.

**LE COMPOSTAGE DES FUMIERS DE
BOVIN LAITIER PAR AÉRATION FORCÉE :
TECHNOLOGIE ET ÉVALUATION
TECHNICO-ÉCONOMIQUE**

MAURICE L'HEUREUX, ING.

SYNTHÈSE DU RAPPORT DE RECHERCHE

DÉCEMBRE 1992



853824

REMERCIEMENTS

L'auteur exprime sa gratitude à l'Institut de technologie agro-alimentaire de La Pocatière ainsi qu'au Service du génie (M.A.P.A.Q.) pour le support financier, ainsi qu'à deux collègues messieurs Hervé Bernier et Quan Le Phat pour leur aide technique. Il a aussi apprécié l'aide de Clermont Pelletier, André Dupéré, Denis Dumont, Mercedes Bernier, Denis Tremblay, Gilles Chouinard et Nicole L.-Cazes pour la préparation de ce papier.



TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	1
INTRODUCTION	2
Le premier pas	2
Le deuxième pas	2
Le troisième et dernier pas	2
OBJECTIFS	2
REVUE DE LITTÉRATURE	3
MATÉRIEL ET MÉTHODES	3
Équipement	3
Type de fumier	4
Période	4
RÉSULTATS ET DISCUSSION	4
Fumiers de bovins à 2 kg/a.j.	4
Fumiers de bovin à 4 kg/a.j.	4
Évolution des températures	5
Évolution des principaux paramètres chimiques	5
Pertes et gains absolus des principaux éléments	6
Rendement	6
Récupération énergétique	6
Coût de production	7
CONCLUSION	7
PRINCIPALES RÉFÉRENCES	10

FIGURE 1	Complexe en terre de l'I.T.A. pour l'entreposage et le compostage des fumiers	12
FIGURE 2	Localisation des zones d'expérimentation	13
FIGURE 3	Dimensionnement des trois procédés expérimentés	14
FIGURE 4	Systèmes de récupération, reprise et stockage d'énergie	15
FIGURE 5	Système de compostage par petits ventilateurs et conduits temporaires	16
FIGURE 6	Courbes des températures moyennes de chacune des masses en compostage, pour les trois procédés, superposée à une courbe idéalisée de l'évolution des températures moyennes pour une masse en biodégradation optimale	17
FIGURE 7	Variations des profils de la concentration en azote et en phosphore lors du compostage des fumiers de bovin ayant 4 kg/a.j. de litière	18
FIGURE 8	Variations des profils de la concentration en potassium et en magnésium lors du compostage des fumiers de bovin ayant 4 kg/a.j. de litière	19
TABLEAU 1	Valeurs moyennes relatives en pourcentage des principaux paramètres physico-chimiques pour trois phases différentes du processus (fumiers de vache à 4 kg/a.j.)	20
TABLEAU 2	Pertes et gains des principaux éléments	20
TABLEAU 3	Performances des trois techniques en termes de capacité de traitement	21
TABLEAU 4	Quantité nette d'air et d'énergie récupérée et sa valeur pécuniaire	21
TABLEAU 5	Coût d'investissement et volume traité annuellement pour chacune des techniques sur <u>une surface de 50 m²</u> ainsi que le coût d'opération et de production	22
TABLEAU 6	Projection des coûts de compostage à la ferme	22

RÉSUMÉ

Un premier système de compostage par aération forcée, développé à l'I.T.A. de La Pocatière, fonctionne suivant le principe d'une circulation horizontale de l'air entre deux conduits (pression et vacuum). Il permet de recycler l'air vicié ainsi que la récupération d'énergie. Ses deux ventilateurs de 7,5 kW permettent de composter 135 m³ de fumier de bovin, en 18 jours, au coût de 5,07 \$/m³ et qui pourrait descendre à 2,26 \$ avec la récupération d'énergie.

Un deuxième système, aussi par aération forcée, fonctionne suivant une circulation verticale de l'air. Il est amené par 6 conduits dans un lit de copeaux de bois sous la masse de fumier. Ses 6 ventilateurs de 0,25 kW permettent de composter 72 m³ de fumier, en 30 jours, au coût de 5,62 \$/m³.

Un troisième système constitué d'andains, aéré deux fois en quatre mois (à l'aide d'un épandeur), servait de comparaison. Il a permis de composter 80 m³ de fumier, en 120 jours, au coût de 8,29 \$/m³.

Chez un agriculteur, dans une gestion globale des fumiers les coûts de production pourraient être de 0 à 2 \$/m³ avec les gros ventilateurs, de 1,50 \$/m³ avec les petits ventilateurs et de 5 \$ avec les andains.

Le procédé avec les gros ventilateurs est préférable aux deux autres principalement au niveau:

- du rendement;
- du coût de production;
- de la protection de l'environnement;
- des éléments fertilisants.



INTRODUCTION

Le stade embryonnaire des installations d'entreposage et de traitement des quelque 20 millions de tonnes de fumier de bovin au Québec, les coûts de leur gestion, leur potentiel agronomique ainsi que la pollution diffuse qui en résulte nous ont incité à rechercher de nouvelles avenues pour leur gestion.

Le premier pas

La première fosse d'entreposage et de compostage, sol et géotextile (Texel 7618), a été édiflée en 1987 (3 000 m³ de solide et 1 200 m³ de liquide), tel qu'illustré à la figure 1. Elle a permis des économies de 50 % par rapport aux fosses conventionnelles en béton.

Le deuxième pas

Un projet de compostage rapide des fumiers en fosse par aération forcée a été développé; il constituera d'ailleurs la majeure partie de cette présentation.

Le troisième et dernier pas

L'ensemble de ces travaux devrait permettre le développement d'un système de traitement des fumiers (compostage et entreposage) chez l'agriculteur. Ce procédé s'effectuerait en continu, sans manutention supplémentaire et son coût se situerait dans les limites des installations actuelles d'entreposage. Le produit obtenu serait plus stable, d'une efficacité agronomique supérieure et avec moins d'impacts environnementaux négatifs.

OBJECTIFS

Les objectifs de la présente étude sont:

- 1) Concevoir et mettre au point un procédé de compostage rapide par aération forcée des fumiers solides.
- 2) Comparer et évaluer la performance de trois méthodes d'aération pour le compostage des fumiers de bovin (temps, qualité, coût).
- 3) Évaluer le potentiel de récupération d'énergie associé à l'aération forcée.

REVUE DE LITTÉRATURE

G.B. Wilson (1980) met au point le procédé "Beltsville" pour le compostage des boues de station d'épuration en andain avec aspiration d'air à travers la masse. M. Finstein et al (1982 à 1987) élaborent le procédé d'aération par pression d'air sous les andains de façon à créer un refroidissement des masses, favorisant ainsi le développement des bactéries. En Europe, L. Berthelsen et al (1984), mettent au point un procédé de compostage en chambre par aération forcée incluant un système de récupération d'énergie. O. Tjernshaugen (1982) élabore un procédé de compostage des fumiers liquides de vache avec récupération d'énergie.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Deux méthodes par aération forcée et une par aération mécanique constituaient l'ensemble de l'étude (figures 2 et 3).

Équipement

Les deux méthodes d'aération privilégiées étaient constituées:

- 1) D'un premier système à deux gros ventilateurs Dayton de 7,5 kW débitant 1,4 m³/s d'air (à une pression statique de 1,5 cm de mercure) dans deux conduits triangulaires permanents (1,4 m H x 0,9 m L x 8,0 m L) espacés de 4 m. Un ventilateur fonctionne en pression positive pendant que l'autre est en pression négative (vacuum), interchangeée à toutes les 4 ou 6 heures, permettait la récupération de l'énergie dégagée par le processus de biodégradation et de la stocker sous terre (figure 4).
- 2) D'un deuxième système à six petits ventilateurs Dayton de 0,25 kW débitant chacun 0,06 m³/s d'air (à une pression statique de 1,0 cm de mercure) dans six conduits temporaires en polyéthylène (diam. 100 mm), de 5,0 m L, séparés de 1,0 m (figure 5).

La méthode par aération mécanique (andain) ne nécessitait pas d'équipement installé en permanence sur le site.

Un système de prise de données et de contrôle informatisé combiné à 45 capteurs (ADC-590) assurait le bon déroulement des opérations.

Type de fumier

Les fumiers de bovin ayant deux taux de litière différents (4 kg/a.j. et 2 kg/a.j.) principalement à base de paille ont été soumis à l'expérimentation.

Période

Les deux expériences vont de novembre 1989 à mars 1990.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

Fumiers de bovins à 2 kg/a.j.

En raison d'un ensemble de circonstances (temps d'entreposage trop long, conditions climatiques très rigoureuses...) et du fait que la marge de manoeuvre est très étroite avec ce taux de litière, aucune des trois méthodes a donné de résultats satisfaisants (à reprendre en modifiant la méthodologie).

Fumiers de bovin à 4 kg/a.j.

Biodégradabilité

Les valeurs moyennes relatives en pourcentage des principaux paramètres physico-chimiques apparaissent au tableau 1 ainsi que leur évolution lors du processus de compostage (regroupe l'ensemble des fumiers dans les trois techniques).

En général, les paramètres physico-chimiques de ces fumiers favorisent un bon développement bactérien. Par contre, la biodégradation optimale (vitesse de compostage) ne sera obtenue qu'en fonction d'une aération refroidissante suffisante (bien dispersée grâce à une bonne porosité), évaluée à 0,08 m³/s par tonne de matière sèche (0,02 m³/s par tonne de fumier humide). À ce taux, l'oxygénation est excédentaire aux besoins. Les gros ventilateurs respectaient ces débits tandis que les petits ventilateurs ne satisfaisaient qu'à demi les besoins de refroidissement, mais avec une bonne oxygénation. Les andains ne sont absolument pas satisfaits (refroidissement et oxygène), soumettant des parties de la masse à des conditions anaérobies.

Les trois techniques expérimentées ont donné de bons résultats permettant d'obtenir un compost jeune, d'aspect physique semblable et s'ouvrant à une utilisation générale à la ferme confirmée par l'absence d'inhibition et phytotoxicité à la germination et à la croissance lors

d'essais en serre. Par contre, la vitesse de compostage est très différente: 18 jours pour les gros ventilateurs, 30 jours pour les petits et 120 jours pour les andains.

Évolution des températures

L'évolution du processus peut être interprétée à partir de l'évolution des températures si leurs mesures s'effectuent sous un flux de chaleur dynamique évacué important, garantissant une bonne activité microbienne.

La figure 6 comporte 3 courbes des températures moyennes de chacune des masses en compostage, superposées à la courbe idéalisée de l'évolution des températures moyennes d'une masse de fumier en biodégradation optimale. Cette dernière a été conçue à partir des données, observations et conclusions des procédés expérimentés.

Pour obtenir une bonne hygiénisation, une biodégradation optimale et un minimum de perte des éléments N et K, la courbe des moyennes des températures devrait non seulement s'approcher et suivre le profil de la courbe idéalisée mais témoigner du fait que les températures dans les différentes parties de la masse ne soient pas disproportionnées.

Évolution des principaux paramètres chimiques

L'évolution des résultats d'analyse chimique a permis de tracer des profils de concentration des principaux éléments (N, P, K, Mg).

Les figures 7 et 8 montrent les variations dans les profils. On remarque une augmentation (gains) des concentrations de 25 à 35 % durant le premier mois correspondant à une diminution approximative de 30 % de la matière sèche; les bactéries atteignent leur développement maximal, immobilisant une bonne partie des éléments. C'est ici que nous avons le potentiel fertilisant maximum correspondant à un compost jeune, accompagné d'une perte de volume d'environ 40%. Au cours des 2^e et 3^e mois, des pertes importantes pour N et K (très différentes d'une technique à l'autre) et qui se stabiliseront par la suite, résultant possiblement de la baisse et stabilisation de l'activité microbienne, du retournement et du développement de conditions anaérobiques dans certaines parties des andains en particulier. Alors s'exercent particulièrement, durant cette période, le lessivage, la volatilisation et la dénitrification.

Pertes et gains absolus des principaux éléments

Le tableau 2 fixe les pertes et gains absolus des principaux éléments et établit un parallèle entre les trois procédés. Les calculs ont été faits à partir des résultats d'analyse en tenant compte d'une perte de matière sèche évaluée à 30 % à la fin de la phase thermophile et d'une perte de 40 % après 5 mois de maturation. Les valeurs obtenues ont été confirmées par une 2^e méthode utilisant le magnésium (élément stable et sans perte sensible dans le processus) dans l'établissement des rapports C/Mg, N/Mg et K/Mg et dans l'évolution de leurs variations.

Cet aspect est très important pour l'agriculture, car il fixe la valeur fertilisante du produit. Il est aussi très important pour l'environnement, car il modifie la qualité du milieu. Quelques suggestions peuvent en être tirées:

- compostage en continu,
- manutention minimale
- aération suffisante,
- phase thermophile la plus courte possible,
- récupération de l'air vicié,
- récupération des liquides de suintement,
- utilisation du compost jeune,
- recouvrement des masses.

Rendement

La différence entre les trois techniques est très marquée sur le plan du rendement (ratio) c'est-à-dire le volume de fumier traité annuellement par unité de surface utilisée. Le volume traité à chaque séquence ainsi que le temps de séjour sont les facteurs dominants. Le tableau 3 montre les performances de chacun des systèmes à ce niveau. Le système des gros ventilateurs permet de traiter sur une même surface 22 fois plus de fumiers qu'avec les andains et 3 fois plus qu'avec les petits ventilateurs. Cela veut dire que l'unité de compostage par gros ventilateurs occuperait une surface très petite (environ 25 à 30 m²) chez un agriculteur moyen (environ 60 U.A.)

Récupération énergétique

Seul le système par gros ventilateurs permettait cette récupération. Une évaluation sommaire (à partir des données de 1989-1990, des données préliminaires d'expériences subséquentes ainsi que sur des déductions et estimations) permet d'envisager trois scénarios différents :

- 1) Le système original du projet, c'est-à-dire totalement ouvert aux intempéries.

- 2) Le système de base, mais partiellement fermé.
- 3) Le système de base, mais hermétique et isolé.

Le tableau 4 fait la synthèse des valeurs moyennes calculées et retenues pour chacun des scénarios. Elles sont valables pour 7 des 12 mois (octobre à mai).

Il y a sûrement un intérêt à récupérer l'énergie pouvant servir principalement à réchauffer les bâtiments d'élevage.

Coût de production

Les coûts d'investissement et autres ont été évalués comme si les systèmes avaient été mis en place chez un agriculteur. Les coûts fixes comprennent les achats d'instruments, les constructions, la main-d'oeuvre, un amortissement différentiel sur 5 ou 10 ans. Les coûts variables comprennent le matériel périssable, l'entretien-réparation, la manutention et la consommation énergétique.

Les coûts reliés à la recherche (équipement particulier, expertise à développer, etc.) ont été écartés.

Le tableau 5 résume les principaux paramètres de cette étude économique.

Dans un processus global de gestion des fumiers d'un agriculteur (de l'étable aux champs), contrairement à l'évaluation pour cette expérimentation qui ne tient compte que du procédé de compostage avec travail à forfait, si l'on suppose que la diminution de manutention à l'épandage des composts (environ 30 à 40 %) par rapport aux fumiers verts équivaut à la manutention supplémentaire durant le procédé de compostage, les coûts d'opération pour les trois techniques diminueraient d'au moins 50 %. L'agriculteur pourrait s'attendre à des coûts de production de 0 à 2 \$ par mètre cube de fumier à traiter avec les gros ventilateurs, à 1,50 \$ avec les petits ventilateurs et à 5 \$ avec les andains.

CONCLUSION

À la lumière des travaux effectués lors de cette étude, plusieurs conclusions s'imposent. Elles sont :

- 1) Outre les paramètres physico-chimiques déjà mentionnés, la porosité influencée par le type et taux de litière et le temps d'entreposage a beaucoup d'influence sur la circulation d'air.

- 2) Un débit d'air de $0.02 \text{ m}^3/\text{s}$. ton. de fumier humide sous une pression statique de 1 à 2 cm de mercure semble suffisant.
- 3) En aération naturelle (mécanique), le nombre de revirements pour arriver à un compostage rapide serait trop grand rendant le processus non rentable et avec une forte perte de N et K.
- 4) Les courbes d'évolution des températures sont une mesure de la biodégradation si elles s'accompagnent d'un transfert intense du flux de chaleur.
- 5) Un profil souhaitable de ces températures, ayant une biodégradation optimale montrerait :
 - une élévation rapide des températures (moins de 48 heures),
 - un sommet situé vers les 60°C à 65°C ,
 - une baisse progressive sur une quinzaine de jours pour atteindre 45°C ,
 - une stabilisation entre 40°C à 45°C pour un certain temps de maturation.
- 6) Le dimensionnement choisi semble adéquat sauf pour les petits ventilateurs où la puissance devrait atteindre 0,75 kW.
- 7) Les pertes minimales enregistrées avec le système des gros ventilateurs (6 % N et 19 % K) après la phase thermophile courte résultent d'une bonne aération refroidissante alimentant un fort développement bactérien.
- 8) La fin de la phase thermophile est un moment crucial (pour ce compost jeune) pour les raisons suivantes:
 - potentiel fertilisant à son maximum,
 - perte de volume importante,
 - populations bactériennes stabilisées mais encore très actives disposant encore d'une bonne quantité de carbone,
 - sans inhibition ou phytotoxicité pour les grandes cultures, il profiterait d'une interaction sol-plante pour compléter son humification.
- 9) L'évaluation sommaire du potentiel énergétique laisse entrevoir une récupération nette de l'ordre de 30 % à 50 % du coût de compostage; ce qui pourrait permettre de descendre le coût d'opération de $5,07 \text{ \$/m}^3$, le plus faible avec le système des gros ventilateurs, jusqu'à $2,26 \text{ \$/m}^3$.

- 10) Le concept du compostage par air forcé est supérieur aux andains parce qu'il permet:
- de composter en toute saison,
 - d'optimiser le processus (temps de biodégradation),
 - de réduire la surface primaire de compostage,
 - de diminuer considérablement les infrastructures d'entreposage actuelles,
 - d'éliminer les pertes d'éléments nutritifs dans l'environnement,
 - de s'adapter à n'importe quelle grosseur de ferme.
- 11) Pour établir une projection des coûts à la ferme on doit tenir compte que:
- l'unité de compostage serait petite (25 à 30 m² pour 60 U.A.);
 - la surface d'entreposage serait entre 35 à 60 % plus petite qu'actuellement (pour ceux qui utilisent déjà 4 kg/a.j. de litière);
 - la diminution de la manutention à l'épandage serait d'environ 35 %.

À partir des deux hypothèses suivantes:

- le coût d'installation de l'unité de compostage et sa plate-forme d'entreposage serait équivalent au coût actuel de la seule plate-forme;
- la manutention supplémentaire pour le compostage équivaldrait à la diminution de cette dernière à l'épandage.

On a établi les principaux paramètres technico-économiques du compostage à la ferme par aération forcée au tableau 6. Les coûts seraient alors d'environ 2 \$/m³ de fumier traité par les gros ventilateurs si l'on ne tient pas compte de la récupération énergétique et 1,50 \$ par les petits ventilateurs.

- 12) D'autres travaux devront être entrepris pour développer tout le potentiel du système d'aération forcée par gros ventilateurs (pression-vacuum) et d'évaluer les impacts économiques pour l'ensemble des fermes laitières.

PRINCIPALES RÉFÉRENCES

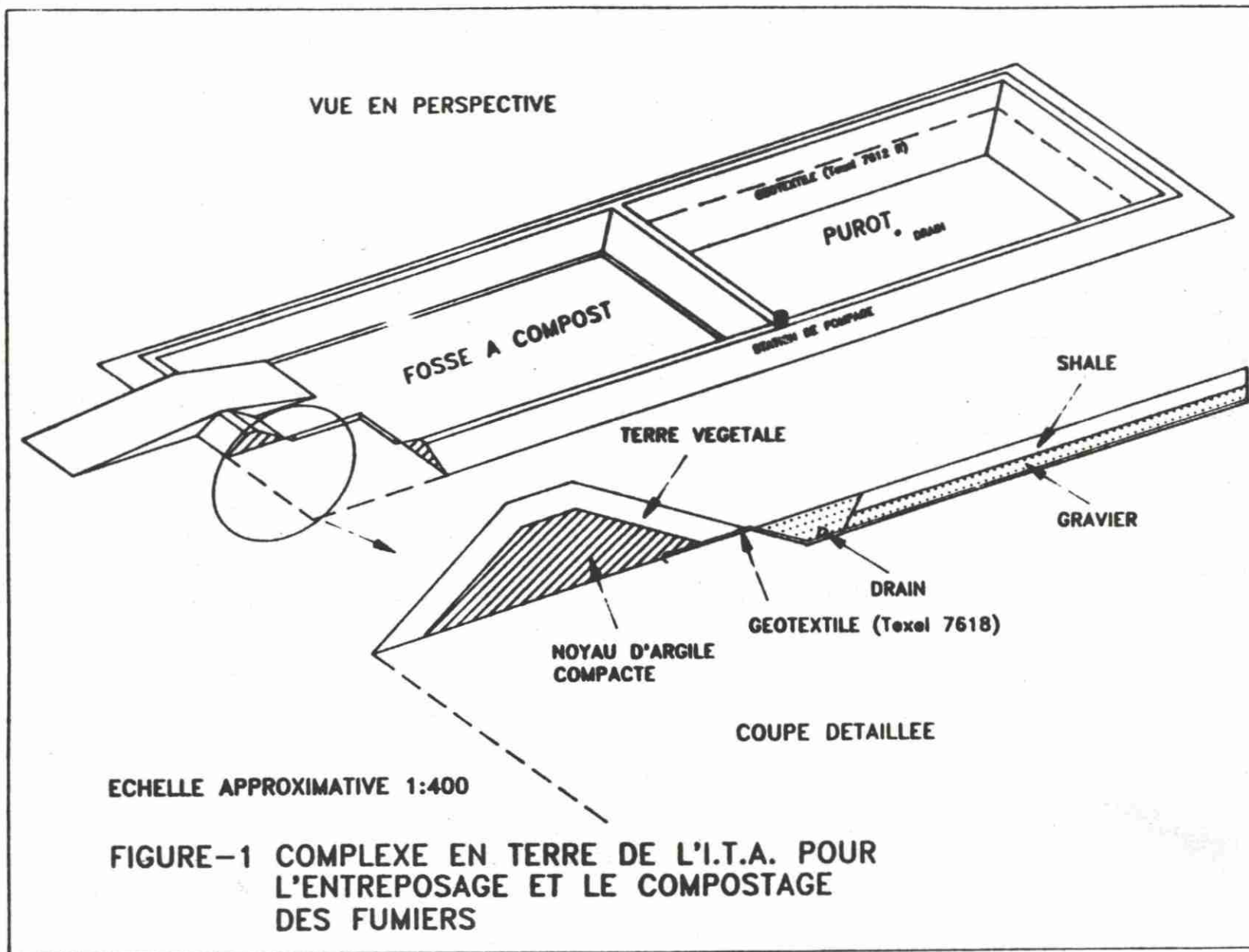
- BERTHELSEN, L., 1984. Proces parameters for composting heat in solid farm manure, recovery of heat, friction angle. Actes du colloque de la C.E.E. 1984.**
- BRINTON, W.F., 1990. La gestion des déchets agricoles, l'approche par le compostage. Actes du colloque sur le compostage en agriculture, CÉGEP de Victoriaville, 2 et 3 mars 1990.**
- BURGE, W.D., 1983. Monitoring pathogen destruction. Biocycle. March-April 1983, pp 48-50.**
- FINSTEIN, M.S., MILLER, F.C., HOGAN, J.A., STROM, P.F., 1987. Analysis of EPA guidance on composting sludge, part 1-Biological heat generation and temperature. Biocycle January 1987, pp 20-26.**
- CRÉAQ, 1989. Machinerie. Coûts et taux à forfait suggérés. Agdex 740-825, M.A.P.A.Q., Québec.**
- KEMPPAINEN, E., 1987. Effect of litter peat, straw and sawdust on the value of cow manure. Annales Agriculturae Fenniae, 26:79-88.**
- KUTER, G.A., JOITINK, H.A.J., ROSSMAN, L.A., 1985. Effect of aeration and temperature on composting of municipal sludge in a full scale vesse system. Journal water pollution control federation, April 1985.**
- L'HEUREUX, M.B., 1991. Évaluation de trois méthodes d'aération pour le compostage des fumiers solides de bovin. Rapport final de recherche, Institut de technologie agro-alimentaire de La Pocatière, La Pocatière, Québec, GOR 1Z0, 100 p.**
- MILLER, F.C., FINSTEIN, M.S., 1983. Équipement for control and monitoring of hight rate composting. Proceedings of the international symposium held in Naples, October 11-14, 1983.**
- MUSTIN, M., 1987. Le compost: gestion de la matière organique. François Dubuc, éditeur, Paris, 954 p.**
- OTT, P., 1990. The composting of faringard manure with mineral additives and under forced aeration, and utilisation of FYM and FYM compost in crop production. Thèse de doctorat à l'Université des Landes, Hessen.**

RYNK, R., 1989. Compostage as a dairy manure management technic. In: Dairy manure management, Proceedings from the Dairy manure management symposium. N.R.A.E.S. #31, Cornell University, New-York, pp 167-177.

THOSTRUP, P., 1984. Heat recovery from composting solid manure. Bioenergy 84. Proceedings of conference 15-21 june 1984, Goterberg, Sweden.

TJERNSHAUGEN, O., 1982. Recovery of compost heat. Bioenergy conference, Vette, Norway, October 13, 1982.

WILSON, G.B., 1983. Forced aeration composting. Wat. Sci. Tech. Vol. 15, Capetown, pp 169-180, IAWPRC/Pergamon Press Ltd., Great Britain.



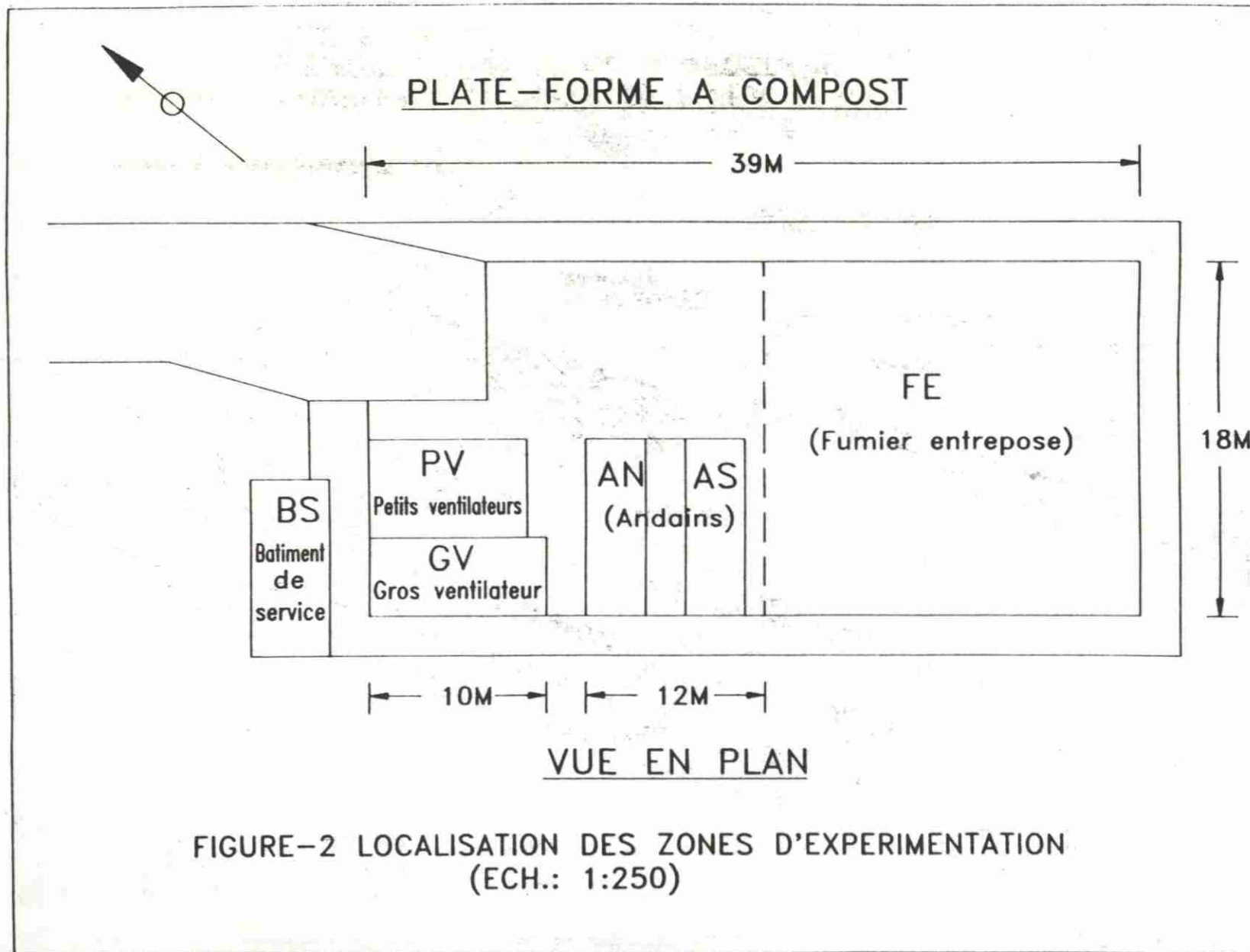
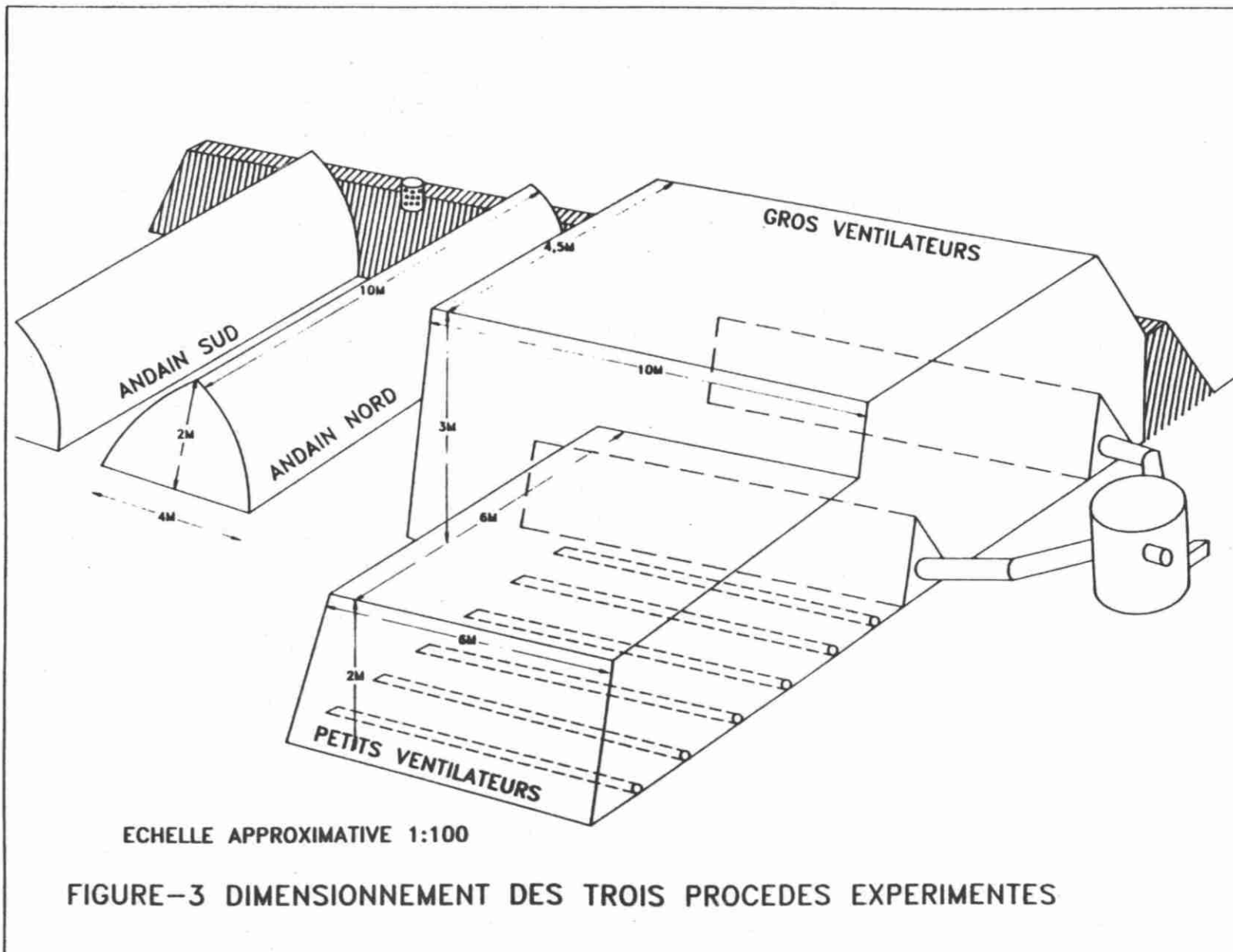
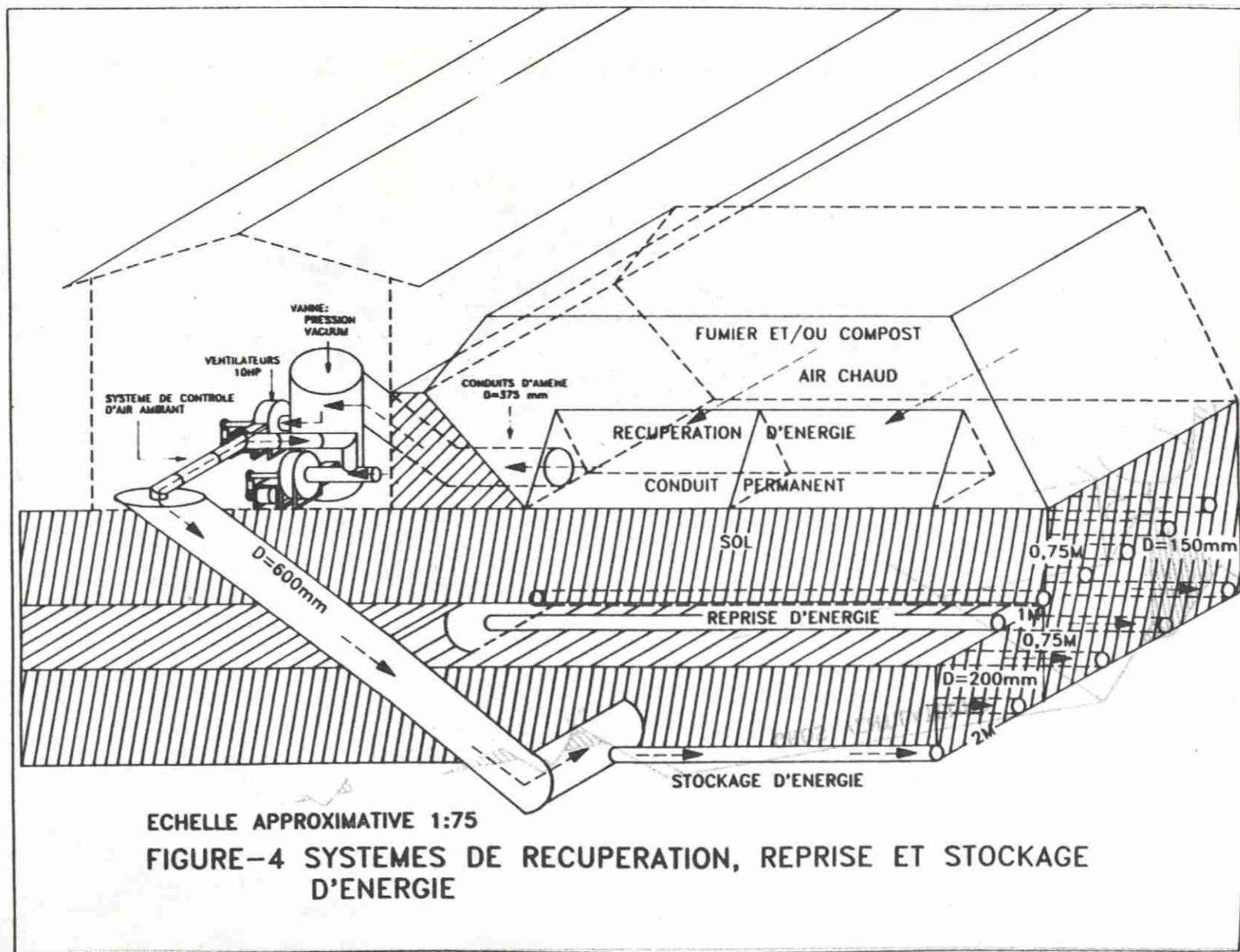


FIGURE-2 LOCALISATION DES ZONES D'EXPERIMENTATION
(ECH.: 1:250)

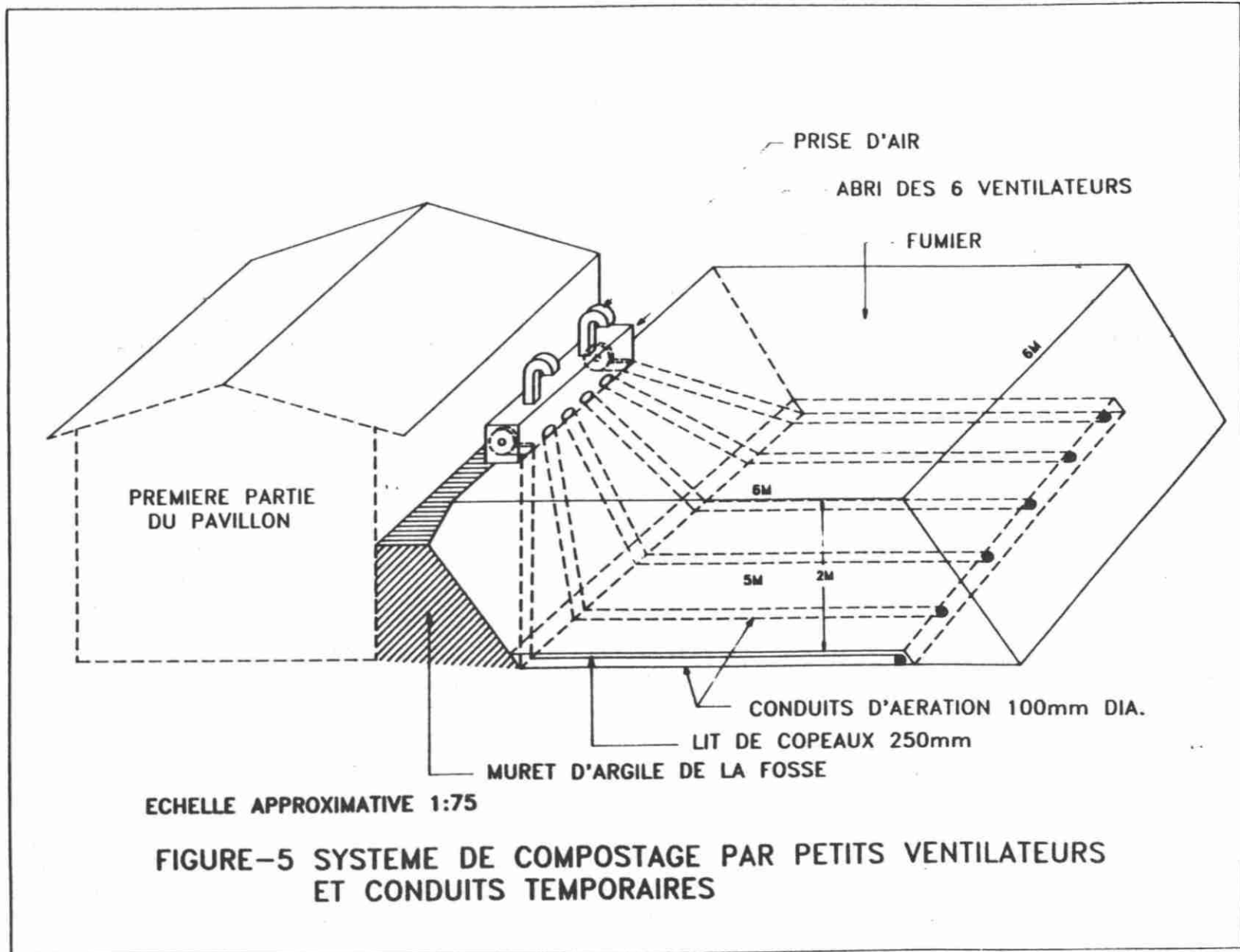


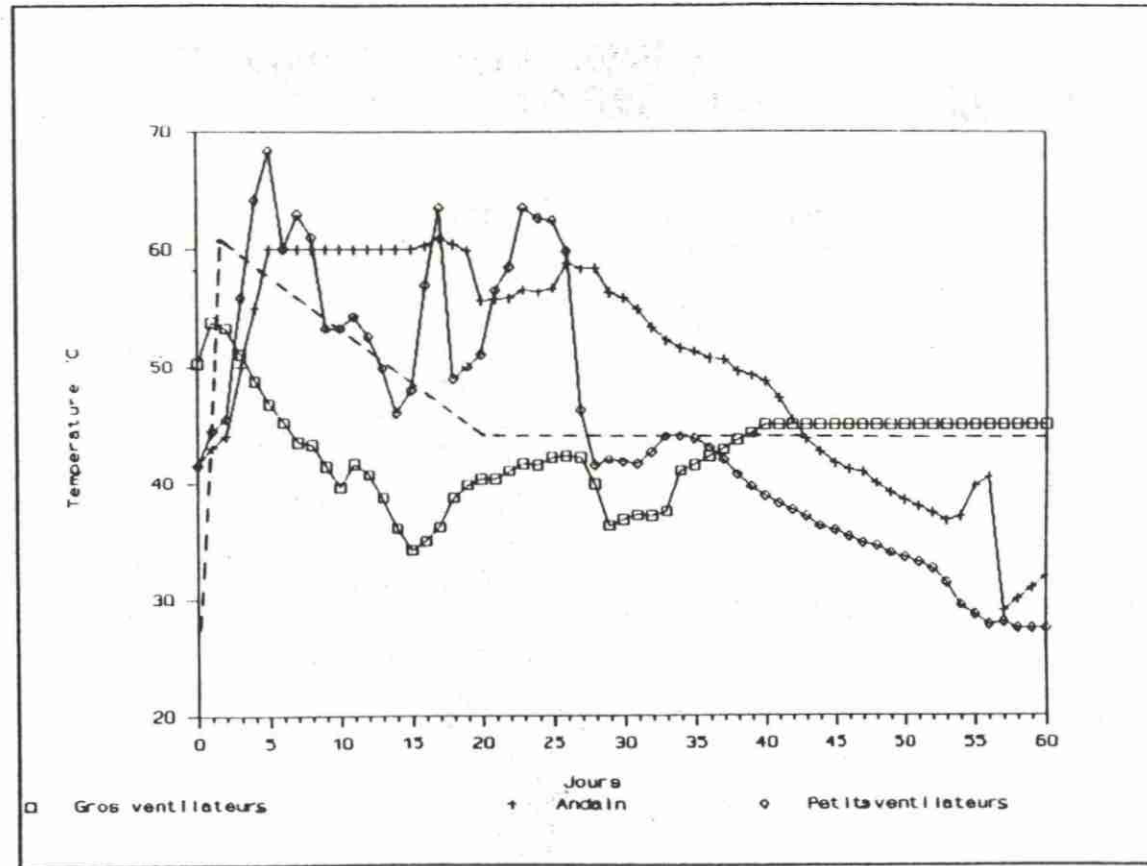
ECHELLE APPROXIMATIVE 1:100
FIGURE-3 DIMENSIONNEMENT DES TROIS PROCEDES EXPERIMENTES



ECHELLE APPROXIMATIVE 1:75

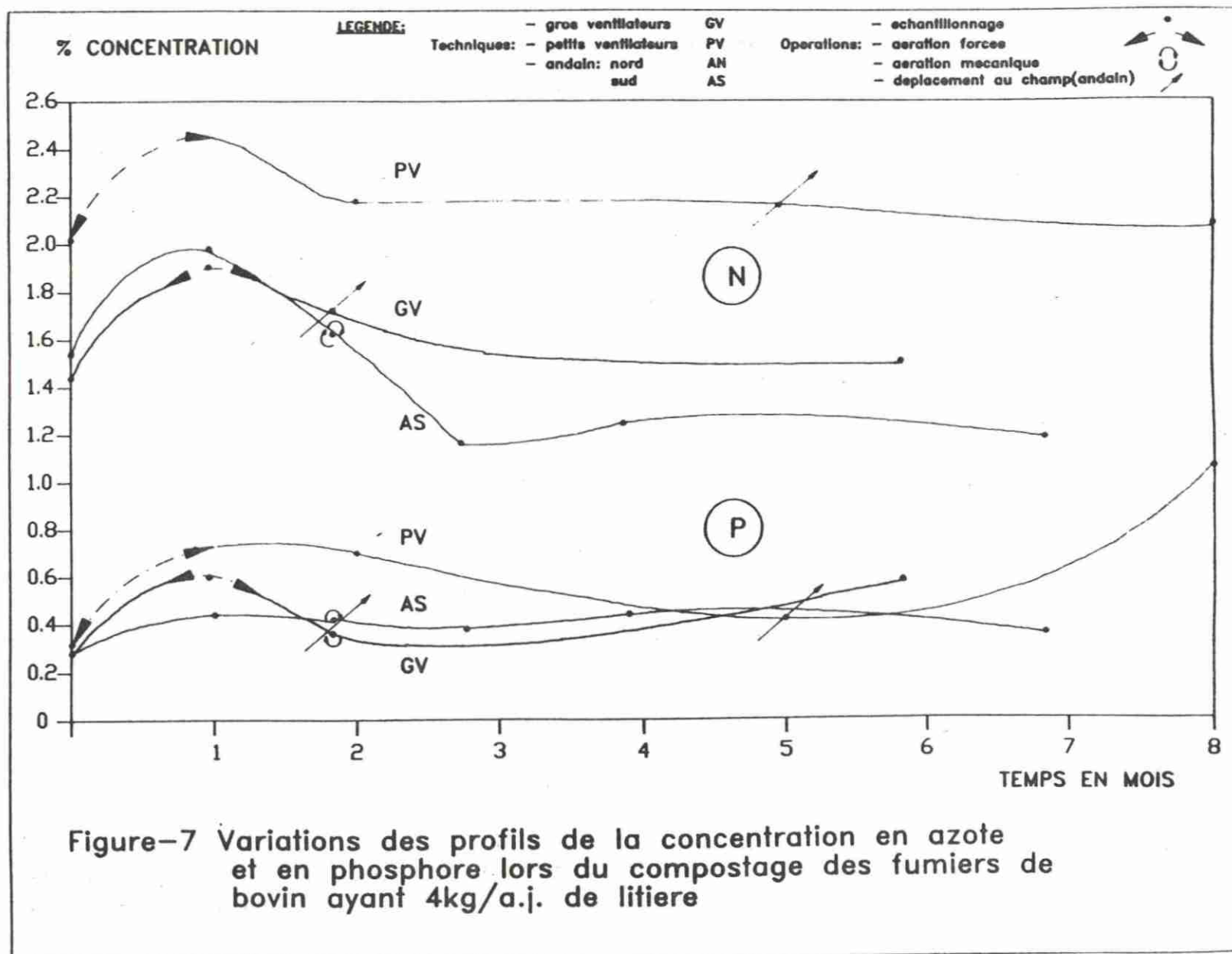
FIGURE-4 SYSTEMES DE RECUPERATION, REPRISE ET STOCKAGE D'ENERGIE





----- Courbe idéalisée

FIGURE 6 - Courbes des températures moyennes de chacune des masses en compostage, pour les trois procédés, superposée à une courbe idéalisée de l'évolution des températures moyennes pour une masse en biodégradation optimale.



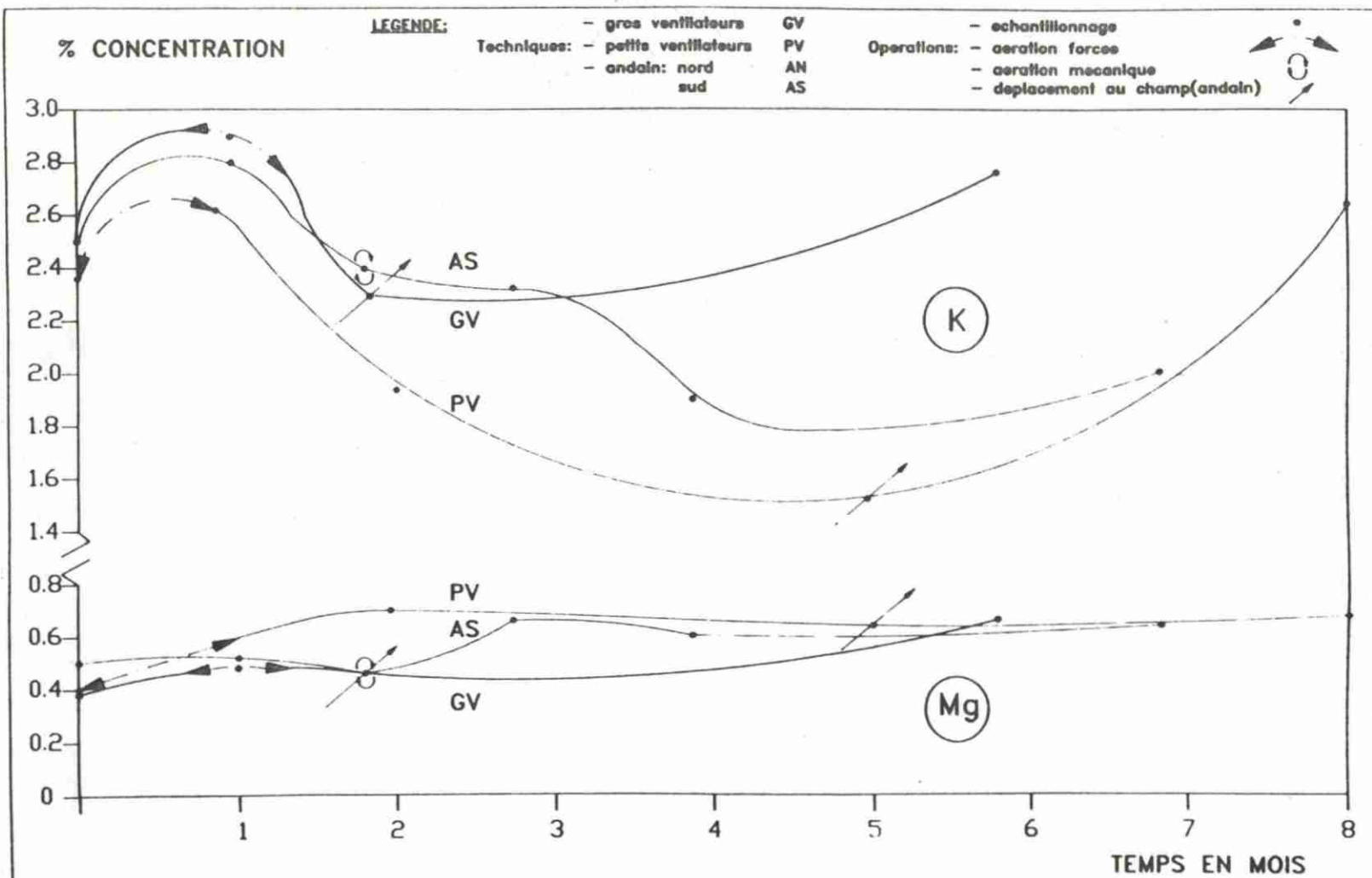


Figure-8 Variations des profils de la concentration en potassium et en magnésium lors du compostage des fumiers de bovin ayant 4kg/a.j. de litière

TABLEAU 1 -

Valeurs moyennes relatives en pourcentage des principaux paramètres physico-chimiques pour trois phases différentes du processus (fumiers de vache à 4 kg/a.j.)

ÉLÉMENTS	DÉPART	THERMOPHILE (fin)	MATURATION (5 mois)
COT	44	40	38
MS	28	25	23
N	1.7	2.1	1.6
P	0.30	0.58	0.48
K	2.5	2.6	2.4
pH	8.8	8.9	8.4
C/N	27	22	23

TABLEAU 2 - Pertes et gains des principaux éléments

APRÈS LA PHASE	ÉLÉMENT	% DES PERTES (GAINS) ABSOLUS		
		GROS VENTILATEURS	PETITS VENTILATEURS	ANDAIN
Thermophile	N	6	14	36
	P*	(48)	(58)	(3)
	K	19	23	29
Maturation	N	36	37	52
	P*	(21)	(15)	14
	K	34	52	54

* La dispersion non uniforme du phosphate étable en granule a probablement influencé les valeurs du phosphore.

TABLEAU 3 - Performances des trois techniques en termes de capacité de traitement

TECHNIQUE	SURFACE OCCUPÉE (m ²)	TEMPS DE SÉJOUR (j) (PHASE THERMOPHILE)	VOLUME DE FUMIER TRAITÉ (m ³)		RATIO ANNUEL m ³ /m ²
			SÉQUENCE	ANNUELLEMENT	
Gros ventilateurs	50	18	135	2700	54
Petits ventilateurs	48	30	72	864	18
Andain	100	120	80	240	2.4

TABLEAU 4 - Quantité nette d'air et d'énergie récupérée et sa valeur pécuniaire

SCÉNARIO	VOLUME D'AIR CHAUD RÉCUPÉRÉ (%)	QUANTITÉ NETTE D'ÉNERGIE RÉCUPÉRÉE DU FUMIER (kW.h/m ³)	VALEUR PÉCUNIAIRE (1) (\$/m ³ fumier)
1. Système original ouvert (projet 1989-1990)	33	34,1	1,76
2. Système de base partiellement fermé (donnée préliminaire 1990-1991)	66	68,2	3,52
3. Système hermétique et isolé (non expérimenté)	100	102,3	5,28

(1) Coût moyen de base de l'électricité à ^{0,0516}~~0,516~~ \$/kW.h

TABLEAU 5 -

Coût d'investissement et volume traité annuellement pour chacune des techniques sur une surface de 50 m² ainsi que le coût d'opération et de production

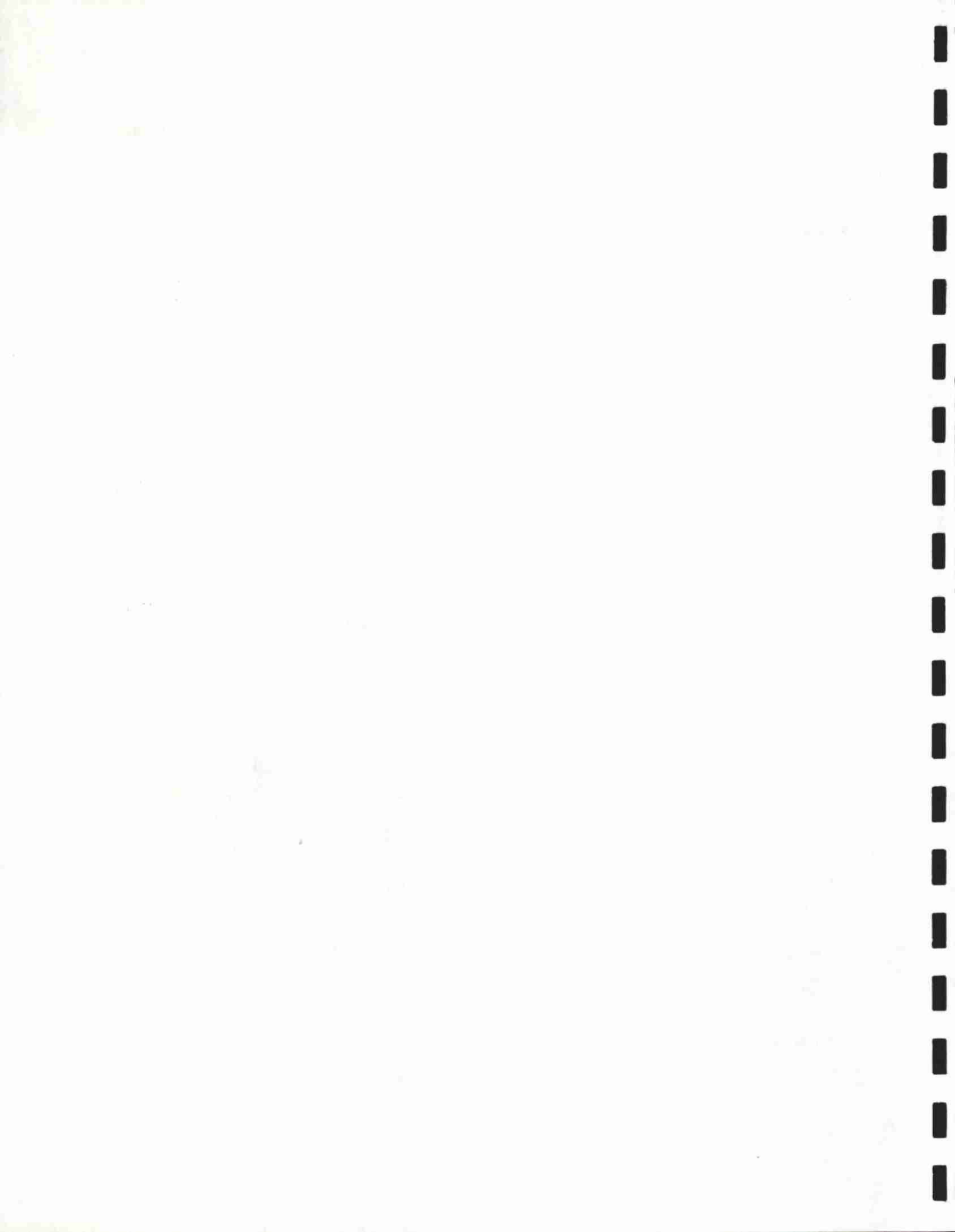
TECHNIQUE	INVESTISSEMENT (\$)	VOLUME ANNUEL TRAITÉ (m ³)	(1) COÛT D'OPÉRATION (\$/m ³ fumier)	(2) COÛT DE PRODUCTION (\$/m ³ fumier)
Gros ventilateurs	16 300	2700	5,07	Scén. 1 4,04 Scén. 2 3,01 Scén. 3 2,26
Petits ventilateurs	3 350	900	5,62	5,62
Andain	200	120	8,29	8,28
Andain (3)	---	120	10,00	10,00

- (1) Coût opération = coûts fixes + coûts variables.
 (2) Coût production = coût d'opération - valeur pécuniaire de l'énergie récupérée.
 (3) Coût comparatif d'un chercheur américain Robert Rynk (1989).

TABLEAU 6 -

Projection des coûts de compostage à la ferme

TECHNIQUE	VOLUME (m ³)	COÛT D'OPÉRATION ANNUEL	COÛT D'OPÉRATION PAR m ³ DE FUMIER	COÛT (GAIN) DE PRODUCTION PAR m ³ DE FUMIER
Gros ventilateurs	2 700	5 120 \$	1,90 \$	Scénario 1 0,87 \$ Scénario 2 0,16 \$ Scénario 3 1,19 \$
Petits ventilateurs	900	1 316 \$	1,46 \$	1,46 \$



Bibliothèque Cécile - Rouleau



QMC A 459 453