

3 5 2 . 1

8 2 A P

APPLICATION DU BIOGAZ A LA PETITE IRRIGATION

par

B. LIDON

et

G. SOLA



OUAGADOUGOU

JANVIER 1982

352.1 82 AP
721

~~1-2-2-14~~

352.1

82 AP.

Ln 721

1-2-2-14
1-2-2-14
1-2-2-14

P L A N

I. <u>PRESENTATION DU PROJET</u>	
II. Objectifs.....	I
I2. Test du module en milieu contrôlé.....	I
I3. Cadre du projet.....	2
II. <u>CARACTERISTIQUES AGRICOLES DU PROJET</u>	3
2I. Milieu	3
22. L'exploitation	3
III. <u>L'INSTALLATION BIOGAZ</u>	18
3I. Production de Biogaz	18
32. Dimensionnement de l'installation	23
33. Plan et devis de l'installation	25
34. Gestion de l'installation	28
IV. <u>ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET</u>	34
4I. Main-d'oeuvre disponible sur l'exploitation	34
42. Incidence du biogaz sur le revenu brut de l'exploitation	34
V. <u>PERSPECTIVES</u>	37

MOUWAV

Reference Centre
IV

I - PRESENTATION DU PROJETII) Objectifs

La dégradation des facteurs de production traditionnels et, en particulier, la réduction des temps de jachère rendent chaque année les résultats de l'agriculture des zones soudano-sahéliennes plus dépendantes de l'irrégularité de la pluviométrie.

Aussi est on amené à développer l'ensemble des techniques permettant de sécuriser l'alimentation en eau des cultures :

- les grands aménagements hydroagricoles
- les petites aménagements villageois
- l'irrigation de complément
- la restauration des sols pour en améliorer les caractéristiques hydrodynamiques.

Les travaux menés en Haute-Volta depuis fin 1977 sur la filière Biogaz-Compost tendent à démontrer ses potentialités quant à la production couplée d'énergie et d'amendement organique en milieu rural.

Ces résultats permettent, en effet, la conception de systèmes comprenant :

- l'utilisation de l'énergie contenue dans la biomasse pour l'exhaure de l'eau et la petite irrigation
- la production simultanée d'un amendement organique dont l'utilisation améliorera les propriétés hydrodynamiques des sols et en conséquence augmentera la fraction utile de la pluviométrie.

Pour démontrer l'intérêt et la cohérence de telles propositions, nous nous proposons, dans le cadre de ce projet, de tester la technologie Biogaz sur une petite exploitation associant agriculture pluviale et irriguée.

I2) Test du module en milieu contrôlé

Vulgariser la technologie Compost-Biogaz en milieu rural ne peut se résumer à mettre à la disposition des utilisateurs une installation type et une technique de maintenance permettant à l'agriculteur de produire du Biogaz et du Compost.

Ceci implique en particulier :

- un certain niveau d'intégration de l'agriculture à l'élevage pour assurer les besoins en fèces animales nécessaires et la maintenance des installations.
- l'adoption et la réalisation de techniques culturales (culture attelée en particulier) permettant de valoriser le compost et d'effectuer les transports de matières organiques et végétales.

... / ...

- l'adoption d'une technique de distribution de l'eau, autre que l'arrosoir, pour permettre de valoriser l'installation en atteignant des surfaces irriguées de l'ordre de quelques ares
- le suivi du planning d'irrigation et de gestion des cuves, proposé lors de la mise en place du projet et permettant d'équilibrer besoins en gaz et rythme de production.

Face à ces contraintes, au niveau technique moyen des agriculteurs, aux difficultés susceptibles d'être rencontrées dans la gestion des cuves, il nous a semblé opportun de réaliser cette installation sur une exploitation représentative des conditions du milieu rural (surface, système cultural), mais créée à cet effet.

La plupart des facteurs de production étant connus et maîtrisés, il devrait être possible de rassembler assez rapidement tous les éléments permettant d'évaluer les potentialités d'application du Biogaz à la petite irrigation.

L'exploitation sera confiée à un paysan qui en assurera la gestion tant économique que technique.

En la situant sur la station de recherche de Saria, cela permettra, outre un suivi efficace, de faire bénéficier l'agriculteur d'un encadrement par les techniciens de la station (agronomie et biogaz).

13) Cadre du projet

Cette installation est réalisée dans le cadre de la phase III du projet Biogaz-Compost menée par le CIEH en Haute-Volta en collaboration avec les services nationaux voltaïques compétents.

Le tableau I ci-dessous résume la participation des différents organismes à l'élaboration et à la réalisation du projet.

TABLEAU I - Participation des différents organismes nationaux au projet

organismes	domaine d'intervention
DGRST/IREN	<ul style="list-style-type: none"> - Définition des objectifs - Conception installation Biogaz - Suivi
DGRST/IVRAZ/IRAT-HV	<ul style="list-style-type: none"> - Définition des objectifs techniques - Définition du système pluvial - Mise en place de l'exploitation - Encadrement et protocole de suivi agronomique
HER	<ul style="list-style-type: none"> - Conception des installations (génie civil) - Réalisation des installations

II - CARACTERISTIQUES AGRICOLES DU PROJET

2I) Le milieu

2II) Les conditions climatiques

Le climat est de type tropical sec à une seule saison des pluies.

Les tableaux II et III ci-dessous en résument les principales caractéristiques

TABLEAU II ETP journalière en mm Penmann						
Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
ETP	5,1	6,2	6,4	7	7,7	6,8
Mois	Juillet	Août	Septembre	Oct.	Nov.	Déc.
ETP	5,5	5	4,8	5,3	5,2	5,2

TABLEAU III Pluviométrie de probabilité supérieure à P en mm							
P en %	annuelle	mensuelle					
		Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
50	817	66	109	164	236	148	32
80	704	39	76	112	181	106	12

L'analyse fréquentielle de la durée de la période de végétation active montre que huit années sur dix, elle dépasse 110 jours.

.../...

Aussi, il est possible d'envisager des assolements comprenant sorgho, arachide, niébé, mil. Maïs et riz seront possibles sous réserve qu'on leur fournisse une irrigation de complément.

22) L'exploitation

22I) Le site

L'exploitation est située à quelques centaines de mètres d'un bas-fond. Sa superficie totale est d'environ quatre hectares (voir plan général en annexe I).

Elle se compose de deux parcelles séparées par un fossé d'écoulement bordé d'arbres.

La plus grande est réservée à la culture pluviale. Elle a une superficie totale d'environ 3,5 hectares et est divisée en quatre parcelles de 0,88 hectares chacune.

L'autre est elle-même subdivisée en deux :

- L'une sur laquelle est située un puits a environ 2900 m² et sera réservée aux cultures irriguées.
- L'autre d'environ 1400 m² sera réservée à l'implantation de l'étable et des installations Biogaz.

222) Le système pluvial

222I) La rotation

Le système pluvial comprend quatre parcelles d'environ 0,9 ha chacune.

La durée de la rotation est de quatre ans et associe :

- une sole de légumineuse (arachide/niébé)
- une sole de sorgho local (S29)
- une sole de mil local (P4)
- une sole de sorgho amélioré (SPV 35 - E 35 I)

2222) Niveau d'intensification

Le niveau d'intensification retenu est relevé puisqu'il associe

- labour
- semis en ligne au semoir
- façons culturales réalisées avec la traction animale
- fumure organique (2,5 t/ha/an)
- fumure minérale forte

Le tableau IV récapitule les surfaces par culture et niveaux de rendement escomptés.

.../...

TABLEAU IV : Cultures pluviales

Type de culture	Surface en ha	rendement en t/hectare (estimation)	
		grain	pailles
sorgho S29	0,9	2	6
arachide	0,7	I	2
mióbé	0,2	I	2,5
sorgho SPV 35 E 35-I	0,45 0,45	4 4	8 8
mil P4	0,9	I	3

2223) La fumure

- fumure organique

Le niveau d'apport de fumure organique retenu est de 5t/ha tous les deux ans, soit pour l'ensemble un apport de 9 t par an.

- fumure minérale

Le tableau V ci-dessous récapitule le niveau de fertilisation minérale retenu pour chaque culture, ce qui correspond annuellement à un apport de :

- phosphate naturel	1440 kg
- engrais "coton"	495 kg
- urée	270 kg
- chlorure de potassium	180 kg

.../...

TABLEAU V : fumures minérales sur cultures pluviales

Type de culture	Surface en ha	fertilisation minérale en kg/ha			
		phosphate naturel	engrais coton	urée	kcl
céréales	2,7	400	150	100	50
légumineuses	0,9	400	100	-	50

223) Le système irrigué

L'objectif du projet est de permettre sur quelques ares :

- l'irrigation totale pendant la saison sèche sur des cultures de type maraîcher permettant à l'agriculteur d'augmenter ses revenus
- l'utilisation, sans dépenses de carburant (Biogaz), des infrastructures du périmètre, pendant la saison des pluies pour l'irrigation de complément sur des cultures dont la réussite est aléatoire dans la région (maïs et riz).

2231) Disponibilité en eau d'irrigation

La source d'eau utilisée pour l'irrigation est un puits situé en bordure de la parcelle.

Compte tenu de son débit, qu'il est busé, on utilisera le volume du puits comme réservoir de stockage.

L'étude du débit du puits a montré que début mai, on pouvait compter quotidiennement sur 25 m³ d'eau. Sa profondeur est de quinze mètres.

2232) Les cultures de contre saison : maraîchage, maïs,Inondation

Compte tenu que, dans un premier temps, il semble difficile que l'agriculteur soit en mesure de pratiquer le maraîchage sur l'ensemble de la parcelle, soit 2500 m², la rotation associée en contre saison 1000 m² de maraîchage à 1500 m² de maïs dont la conduite est plus aisée.

Le calendrier cultural retenu pour le dimensionnement de l'installation est donné par le tableau VI ci-dessous.

.../...

TABLEAU VI : calendrier cultural du périmètre irrigué en saison sèche.

culture	surface en M2	date de				Durée d'occupation du sol en jours
		semis en périmètre		mise en place		
		N° décade	Mois	N° décade	Mois	
oignon	I25	I	9	I	IO	II0
	I25	I	IO	I	II	II0
pomme de terre	I25	-	-	I	IO	90
	I25	-	-	I	II	90
tomates	I25	I	9	I	IO	I20
	I25	I	IO	I	II	I20
haricots verts	I25	-	-	I	IO	80
choux	I25	2	IO	I	II	80
maïs	I.500	-	-	I	II	90

(*) non compris pépinière

Les rendements escomptés sont résumés dans le tableau VII

TABLEAU VII : cultures irriguées de contre-saison

culture	surface en M2	rendement en kg/are (estimation)
oignon	250	200
pomme de terre	250	250
tomates	250	60
haricots verts	I25	50
choux	I25	I00
maïs	I.500	40

.../...

- la fumure -

- fumure organique

Une fumure de 10 t de matière sèche par an sera amenée sur l'ensemble du périmètre

- fumure minérale

Le tableau VIII ci-dessous récapitule le niveau de fertilisation minérale retenu pour chaque culture, ce qui correspond annuellement à un apport de :

phosphate naturel	60 kg
engrais coton	22,5 kg
chlorure de potassium	7,5 kg
urée	35 kg
supertriple	37,5 kg
sulfate de potasse	30 kg

TABLEAU VIII : fumure minérale sur les cultures irriguées de contre-saison.

Type d'engrais	fertilisation minérale en kg/ha	
	maraîchage	maïs
Phosphate naturel	--	400
Engrais coton	--	150
Chlorure de potassium	-	50
Urée	200	100
Supertriple	375	-
Sulfate de potasse	300	-

- besoins en eau -

Les besoins en eau de ces différentes-cultures ont été évalués à partir

- de l'ETP Penmann (correction EV Bac)
- de coefficients cultureux donnés par DOORENBOS (bulletin F.A.O.)
- d'une efficacité d'irrigation de 0,6.

Ils ont ensuite été arrondis pour correspondre à une dose d'irrigation de 40 mm.

.../...

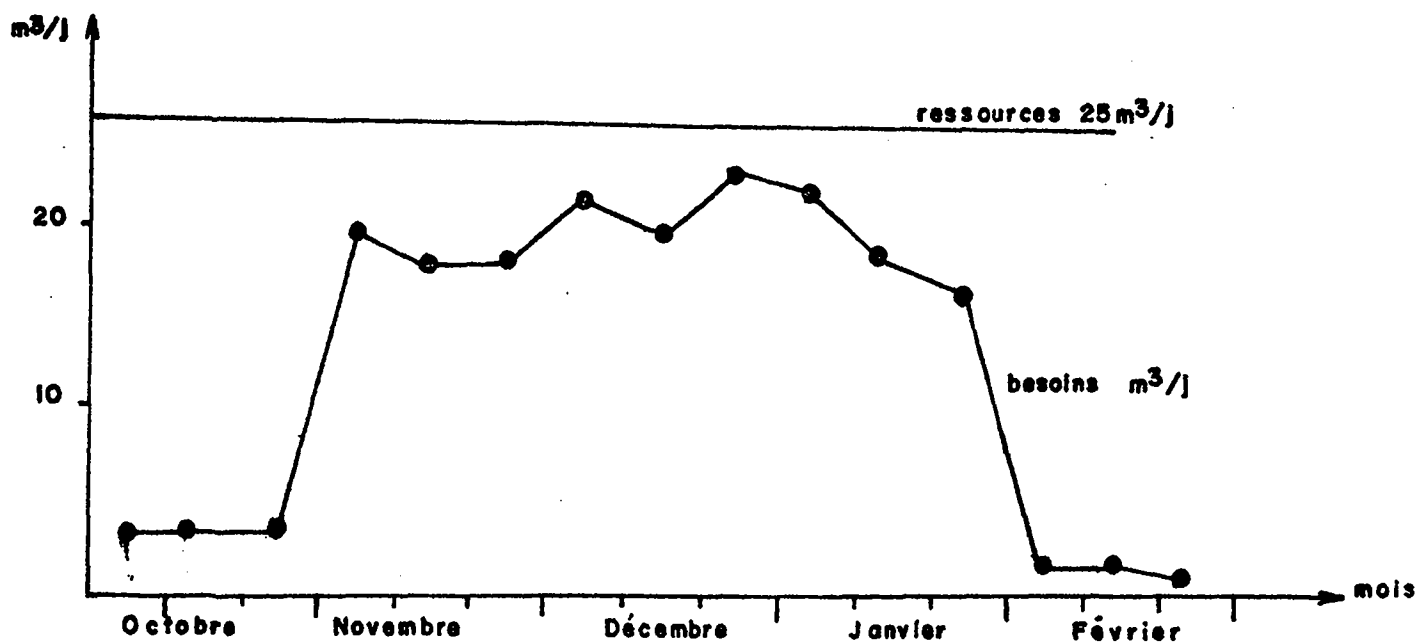
Le tableau IX ci-dessous récapitule ces besoins en mm pour chacune des cultures

TABLERAU IX : Besoins pratiques en irrigation des cultures de contre-saison (en mm)

Culture	Octobre			Novembre			Décembre			Janvier			Février			Total
	I	2	3	I	2	3	I	2	3	I	2	3	I	2	3	
oignon 1	80	80	80	80		280	80	80	80	80	80					920
oignon 2				80	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80		880
tomate 1	80	80	80	80	320			280			80	80			1080	
tomate 2				80	80	80	80	80	200		200		80	80	80	1040
potomme de terre 1	200			80	80	120	120	80	80	80						760
potomme de terre 2				60	60	80	80	80	200		80	80				720
choux				80	80	80	80	80	80	80						640
haricot vert	80	80	80	80	80	80	80									560
maïs				80	120		80	80	200							720

Comme le montre la figure I ci-dessous, ces besoins sont compatibles avec les ressources en eau.

FIGURE I - Comparaison ressources, besoins en eau en m³/Jour - en contre-saison



2233) Les cultures de saison des pluies : riz -- maïs

L'objectif est d'être en mesure, sans investissements supplémentaires et grâce aux installations déjà en place de sécuriser la production grâce à l'irrigation de complément sur 1000 m² de maïs et 1500 m² de riz.

Les cultures, surfaces, rendements escomptés et calendrier cultural sont donnés dans le tableau X.

TABLEAU X : cultures de saisons des pluies avec irrigation de complément.

culture	surface en m ²	date de semis	durée d'occupation du sol en jours	rendement T/ha (estimation)	
				grain	paille
maïs	1 000	15 juin	100	4	6
riz	1 500	20 juin	90	2,5	6

- la fumure -

Les cultures profiteront de la même fumure organique que les cultures de contre-saison.

Le tableau XI ci-dessous récapitule le niveau de fertilisation minérale retenu pour chaque culture, ce qui correspond annuellement à un apport de

- engrais coton 37,5 kg
- chlorure de potassium 12,5 kg
- urée 25 kg

TABLEAU XI : fumure minérale : cultures avec irrigation de complément

Type d'engrais	fertilisation minérale en kg/ha	
	riz	maïs
engrais coton	150	150
Kcl	50	50
Urée	100	100

- besoins en eau -

Les besoins en eau de ces différentes cultures ont été évalués à partir:

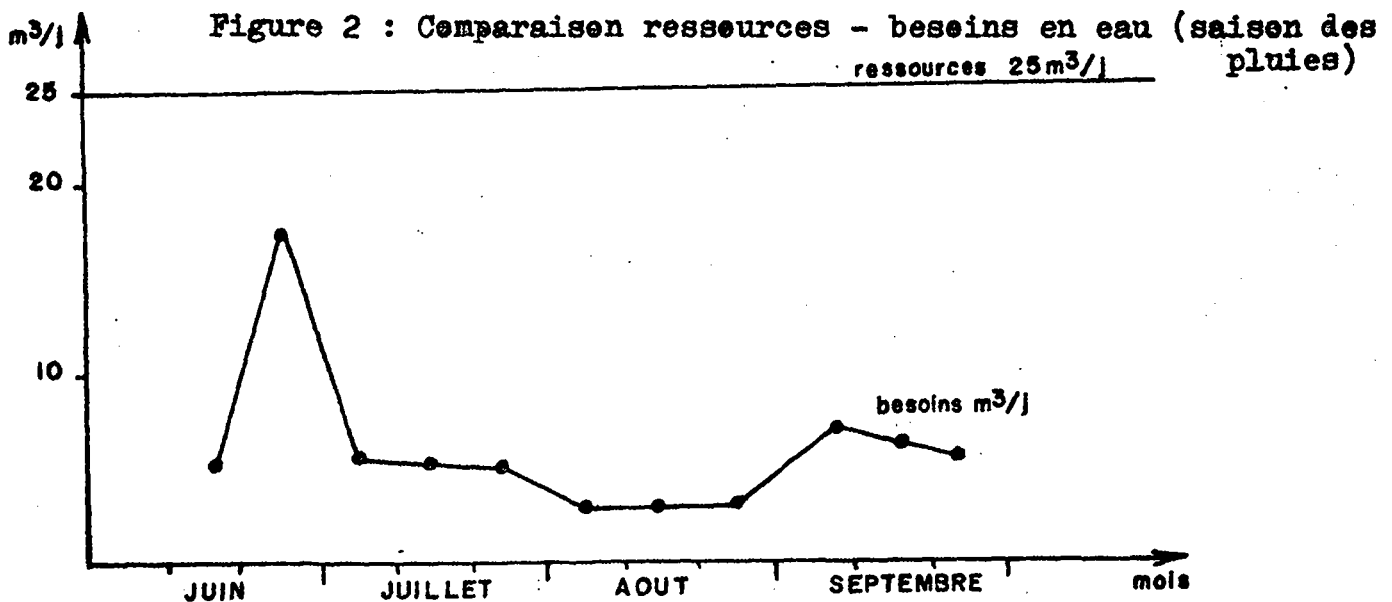
- de l'ETP Penmann (correction EV Bac)
- de coefficients culturaux donnés par DOORENBOS
- d'une efficacité d'irrigation de 0,6
- d'un seuil mensuel de pluviométrie ayant 80 % de chance d'être dépassé.

Ils ont été ensuite arrondis pour correspondre à une dose d'irrigation de 40 mm.

Le tableau XII récapitule ces besoins en mm pour chacune des cultures de la saison.

Culture	Juin		Juillet	Août	Septembre		Total
	15	20			15		
Riz pluvial		80	80	40	120		320
Mais	80		40	40	40		200

Comme le montre la figure 2 ci-dessous, ces besoins sont compatibles avec les ressources en eau.



2234) L'équipement de périmètre irrigué :

- pompage - pompe

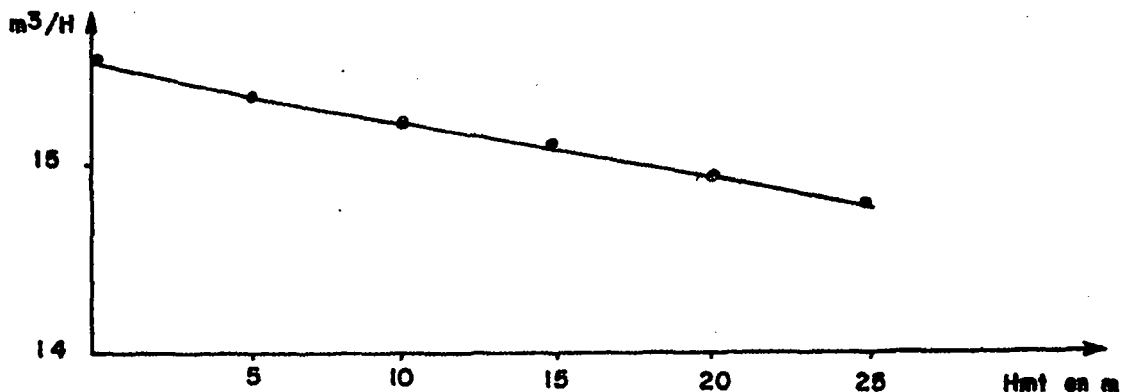
Compte tenu de la forte variation de la hauteur manométrique qui a lieu au cours du pompage (5 à 15m), du fait que le puits sert aussi de réservoir, du fait que le niveau de pompage descend jusqu'à 10 m au dessous du niveau du sol, il y a lieu de rechercher une pompe. :

- de type immergée

- ayant un débit variant peu avec la hauteur manométrique.

Les pompes de type volumétrique, à rotor hélicoïdal répondent à ces critères (voir figure 3) pour des débits de l'ordre de 15 m³/h qui correspondent à une mesure d'eau de 5 l/s dont un seul homme peut facilement assurer la répartition.

FIGURE 3 : Courbe caractéristique pompe type mono



Dimension colonne 37,5 mm de diamètre
Vitesse de rotation 1450 t/min.

L'annexe II donne quelques caractéristiques de ces pompes.

Puissance du moteur d'entraînement de la pompe

L'objectif est d'utiliser le Biogaz comme combustible du moteur d'entraînement de la pompe.

Les résultats de tels essais tendent à montrer qu'il faut s'attendre à une baisse de rendement de 20 % (résultats indiens).

Ces résultats ont été acquis sur des moteurs Diesels dual fuel-gaz.

La pompe à injection réglée au minimum permet l'allumage d'un mélange air-gaz.

L'annexe III donne quelques indications Indiennes et résultats obtenus en Haute Volta.

Dans le cadre de ce projet et compte tenu des résultats obtenus en Haute Volta.

Dans le cadre de ce projet et compte tenu des résultats expérimentaux du CIEH, nous préférons retenir des baisses de rendement de 40 %.

Compte tenu des caractéristiques moyennes de l'installation, le moteur à choisir aurait une puissance (carburant classique) de l'ordre de 5 CV.

- hauteur manométrique 15 m
- débit 15 m³/h
- rendement de l'installation
- puissance théorique
- puissance pratiquée (entraînement par courroie)
- $1,5 \times 1,7 =$ 2,5 CV
- puissance du moteur à acquérir (hypothèse rendement G.) $2,5 \times 6-1 =$ 4,2 CV
- en pratique 5 CV
- distribution de l'eau -

Compte tenu de la topographie et du type de culture prévue, de l'objectif économie d'énergie, la solution optimale semble d'associer :

- une distribution primaire sous conduite type.

galvanisé de 2 pouces 1/2 permettant d'amener l'eau au point de départ de 2 canaux secondaires en terre (voir annexe I)

- de deux canaux secondaires parallèles partant de la face EST, l'un face NORD, l'autre au milieu du périmètre en remblai - déblai et alimenté par des vannes branchées sur la conduite primaire (voir annexe I). Ces canaux seront rendus étanches par l'emploi de baches plastiques.

Les tableaux XIII et XIII bis récapitulent les caractéristiques de ces canaux.

TABLEAU XIII - Caractéristique conduite primaire

Section	∅	Longueur m	pen- te %	profondeur canalisa- tion	équipement
puits-canal secondaire I	2'½	20	1,45	40 cm	I filtre, 4 coude 90° I vanne passage direct
canal se- condaire I canal se- condaire II	2'½	20	I	40 cm	I té, I coude I20: 2 coudes 90°, I vanne passage direct.

TABLEAU XIII bis : Caractéristique canaux secondaires

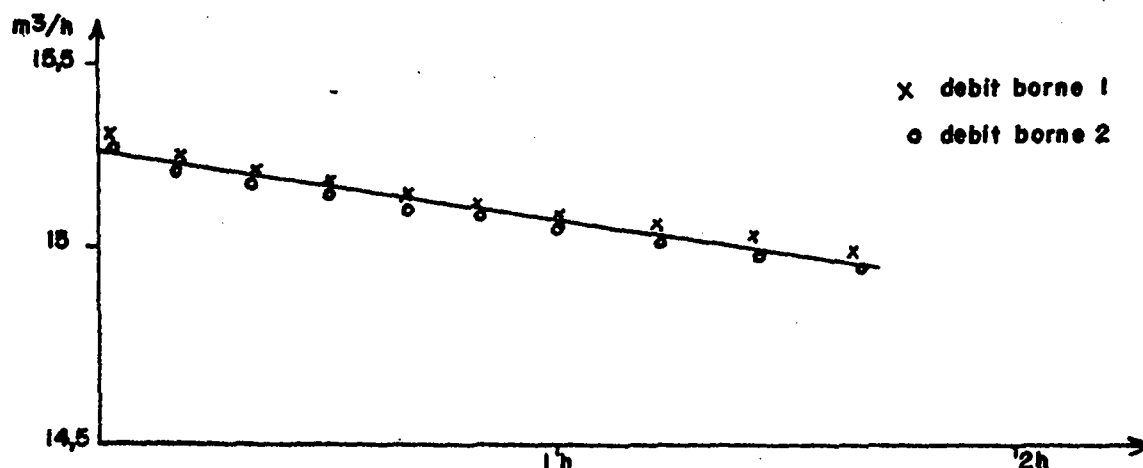
Dénomination	lon- gueur m	pen- te %	lar- geur planch. cm	pen- talus max.		lar- geur cav. cm	déblai m³	rem- blai
				int.	ext.			
canal secon- daire I	70	0,56	20	1,66	1,66	10	3,56	9,0
canal secon- daire II	70	0,58	20	I	1,53	10	3,61	9,0

On remarquera que le volume de terre de remblai sera aisément trouvé à partir des fouilles des cuves Biogaz.

Une telle installation permettrait d'obtenir un débit en tête de canal à peu près stable au cours du pompage, ce qui faciliterait l'irrigation (voir figure 4).

.../...

FIGURE 4 - Débit prévu en tête des canaux secondaires en fonction du temps de pompage.



- Conduite de l'irrigation -

La distribution de l'eau à la parcelle se fera :

- par siphon vers un canal de répartition
- par barrage en terre au niveau de la parcelle

Dans un premier temps, les types d'irrigation retenus seront suivant les cultures :

- petits bassins : oignons, riz
- raie : pomme de terre, tomate, haricots, maïs, choux

La dose retenue de 40 mm correspond à l'irrigation de 100 m² en un quart d'heure.

224) La traction animale

224I) Utilisation

La traction animale sera utilisée pour effectuer la plupart des façons culturales :

- labour annuel sur l'ensemble des parcelles
- reprise des labours
- semis
- sarclage (seule interligne faite à la main)
- battage
- récolte pour l'arachide

Compte tenu de l'ensemble de ces travaux, des conditions pluviométriques de la région, il est indispensable que l'agriculteur dispose de deux paires de boeufs, afin que les façons culturales soient effectuées dans les temps.

Le matériel complémentaire à acquérir serait :

- I charrue complète transformable
- I semoir (2 rangs)
- I herse
- I charette
- 2 rayonneurs
- I pulvérisateur à dos

2242) Alimentation des boeufs

Pour que l'ensemble des objectifs prévus soient réalisables (possibilité de travail des boeufs, récupération des fèces animales) il faudra prévoir :

- de fournir une alimentation de complément aux boeufs
- de garder les animaux en stabulation autant que possible.

Le tableau XIV récapitule l'estimation des différents besoins fourragers des deux paires de boeufs. (voir page suivante).

TABLEAU XIV : EVOLUTION DES BESOINS DES BOEUFs EN KG

Période	Travail demandé	Paille de mil ou sorgho	Paille de riz	Paille d'arachide Niebé	Graines de coton	Graines de sorgho
Mai - Juin - Juillet	fort	1 800	-	360	720	720
Août	moyen	-	-	-	-	120
Sep embre	moyen	-	-	-	120	120
Octobre	moyen	-	-	-	120	-
Novembre	faible	-	-	420	120	-
Décembre - Janvier	nul	-	-	600	240	-
Février - Mars	nul	-	720	480	240	-
Avril	moyen	600	180	-	180	120
Total		2 400	900	1 860	1 200	1 080

L'alimentation tient compte d'une utilisation possible de jachères du mois d'août à janvier dans des proportions données par le tableau XV.

TABLEAUX XV - Utilisation des jachères par les boeufs.

périodes	% des besoins couverts	
	UF	MAD
Août	92	100
Septembre	60	40
Octobre	70	31
Novembre	26	15
Décembre-Janvier	25	3

225) Bilan des résidus de récolte et d'élevage

225I) Les résidus de récolte

Le tableau XVI récapitule les différents résidus de récolte disponibles en tenant compte de l'alimentation animale.

Il laisse apparaître une disponibilité de quelques 14,4 tonnes de pailles de céréales.

2252) Les déchets animaux

Les déchets animaux sont calculés sur la base de temps passé en stabulation estimée en fonction des travaux (temps passé au champ) et de l'alimentation (pâturage) et pour des fèces estimés à 3 kg/animal/jour.

L'ensemble des fèces serait, d'après cette estimation, de l'ordre de 3t par an (tableau XVII).

Afin que les déchets animaux soient facilement collectables, les boeufs seront maintenus en stabulation dans une étable fumièrre dont le plan est en annexe IV.

.../...

TABLEAU XVI - Récapitulatif des résidus de récolte : disponibilités.

Type de culture	Surface ha	Estimation paille produite kg	Alimentation des boeufs kg	Paille disponible kg
Sorgho S ₂₉	0,9	5 400	-	5 400
Arachide	0,7	1 400	1 400	0
Niébé	0,2	500	460	40
Sorgho SPV 35 et E 35-I	0,9	7 200	2 400	4 800
Mil P4	0,9	2 700	-	2 700
Maïs saison des pluies	0,1	600	-	600
Riz pluvial	0,15	900	900	0
Maïs contre saison	0,15	900	-	900
Maraîchage	0,1	-	-	-

TABLEAU XVII - Estimation des fèces disponibles.

Dates	Travail (h)	Pâtura (h)	Estimation fèces kg/j x animal	fèces disponibles pour 4 animaux
Mai-Juin Juillet	8	0	2	0,720
Août	6	6	1,5	0,180
Septembre	6	6	1,5	0,180
Octobre	4	6	1,75	0,210
Novembre	4	6	1,75	0,210
Décembre/ Janvier	0	6	2,25	0,540
Février/Mars	0	0	3	0,720
Avril	6	0	2,25	0,270
TOTAL ANNUEL.....				3,03

I III - L'INSTALLATION BIOGAZ

3I) La production de Biogaz

3II Rappel du principe

La fermentation anaérobie de la biomasse permet de produire un gaz combustible (en biogaz) composé d'environ 40 à 50 % de CO_2 et 50 à 60 % de CH_4 (voir annexe V).

Le pouvoir calorifique de ce gaz est intéressant puisqu'il est de l'ordre de 5000 kcal/m³ et permet son utilisation comme carburant des moteurs thermiques.

L'autre atout de cette filière est qu'elle permet, contrairement aux autres recyclages énergétiques de la biomasse, d'obtenir un résidu organique de fermentation qu'il sera possible d'utiliser comme amendement.

3I2) La technologie de production

3I2I) Choix du principe discontinu

On utilise pour cela une fosse maintenue en anaérobiose par un couvercle étanche à l'air munie ou non d'un dispositif de recharge et décharge.

En Inde et en Chine, de très nombreuses installations ont été réalisées et sont opérationnelles.

Elles sont de type continu et utilisent comme substrat essentiellement des déchets animaux dilués dans de l'eau, afin d'en faciliter le transfert dans le digesteur.

Ce type d'installation correspond à un degré d'intégration de l'agriculture à l'élevage très important, à l'opposé de la réalité de nombreuses régions soudano-sahéliennes.

Ces contraintes auxquelles vient s'ajouter la faible disponibilité en eau de ces zones nous ont amené à développer une technologie tablant :

- sur les résidus animaux liés à la culture attelée
- l'utilisation directe de résidus végétaux.

Compte tenu de la difficulté d'assurer le transfert d'un substrat pailleux sans mécanisation et de l'intérêt que représente la possibilité de recycler les fèces quant à l'économie de l'eau, ce sont des installations de type discontinu qui ont été retenues.

.../...

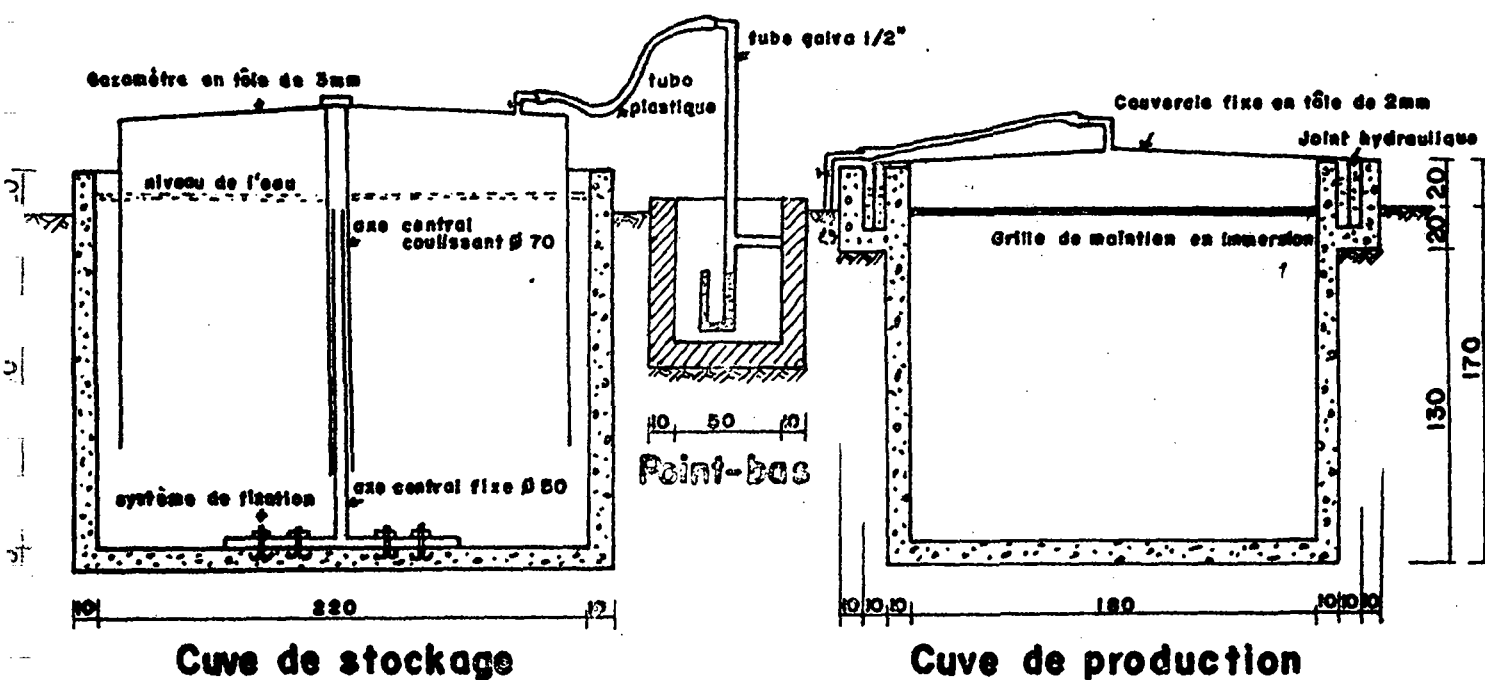
3I22) Description de la technique de fermentation

Le principe de la technique de fermentation discontinue est d'effectuer périodiquement un remplissage et une vidange complète du substrat contenu dans le digesteur.

Le digesteur est une cuve de type puits, munie d'un joint hydraulique et d'un couvercle permettant de maintenir le milieu en anaérobiose (voir figure 5).

Lors du remplissage, le substrat, qui est un fumier pailleux (75 % pailles, 25 % bouse), est immergé (à raison de 100 kg de MS/m³) dans un liquide composé du jus d'une précédente fermentation servant de mère bactérienne et d'eau (voir description des opérations de maintenance annexe V).

FIGURE 5 - Plan d'un digesteur couplé à un gazomètre

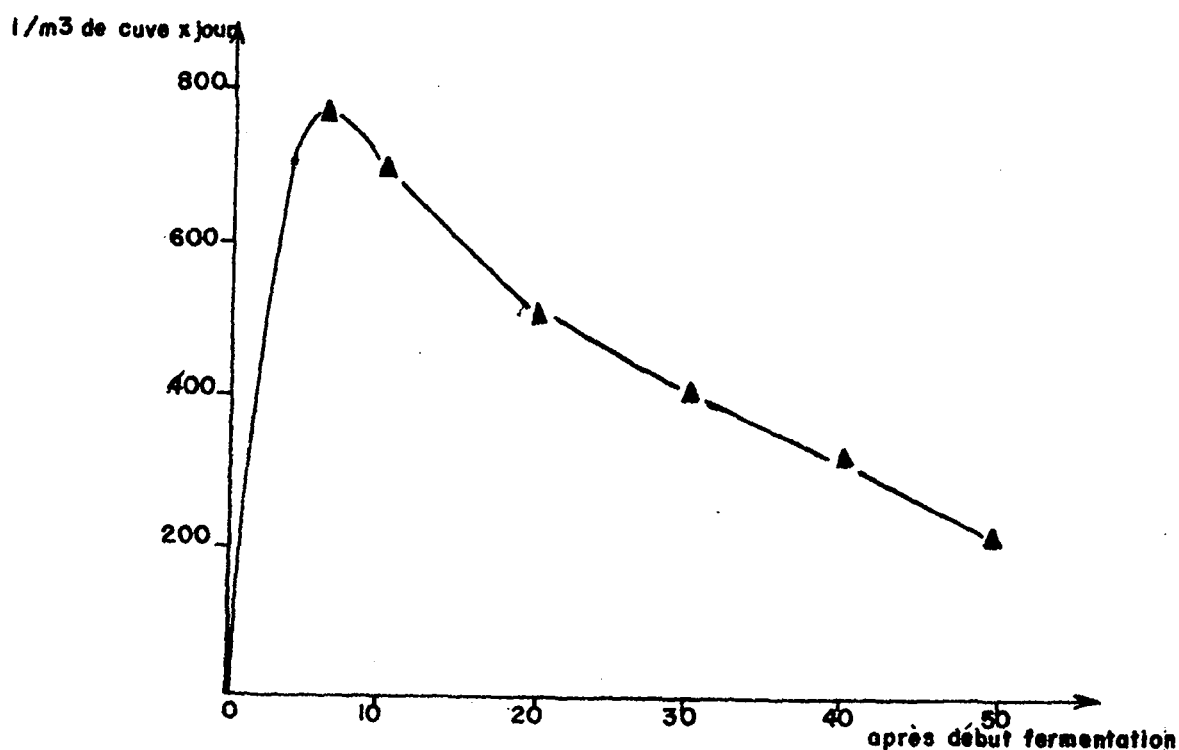


La cinétique, de production du Biogaz caractérisée par une décroissance de la production en fonction du temps (voir exemple figure 5) implique pour obtenir une production stable :

- de coupler plusieurs cuves de production dont la mise en route sera ajustée avec les besoins
- de coupler l'ensemble de ces cuves avec un gazomètre permettant le stockage et la mise en pression du gaz.

.../...

FIGURE 6 - Evolution de la production de Biogaz au cours d'une fermentation discontinue.



Ce type d'installation a été testé de façon satisfaisante par le CIEH sur la station de Saria (prototype petite irrigation) et à Boulbi (prototype installation domestique).

313) Niveau pratique de production de biogaz

Bien que les travaux réalisés au cours de la phase expérimentale aient largement amélioré les niveaux de production, la reproductivité du niveau de production varie d'une fermentation à l'autre pour un même substrat.

Il dépend, en effet

- de la réussite de la préfermentation
- de l'état des substrats (les vieilles pailles sont moins productives)
- des conditions extérieures (température).

Dans le présent projet, ce seront essentiellement des pailles de céréales (sorgho, mil, maïs) qui seront utilisées.

Le tableau XVIII illustre cette variabilité à partir de douze fermentations réalisées à Saria sur sorgho éclaté 75 kg par m³ bouses de vache 25 kg/m³ et recyclage du jus.

On notera d'ailleurs qu'en fonction du niveau de production, la cinétique de la réaction elle-même varie.

TABLEAU XVIII - Variabilité du dégagement gazeux en fonction des fermentations
 Production cumulée en l/kg MS fermentée au jour i de la
 fermentation

i	Numéro de la fermentation											
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	IO	II	I2
2	16,76	27,04	16,88	6,24	9,12	32,04	34,64	9,96	10,92	12,72	8,40	21,00
6	44,2	48,60	24,80	16,44	17,40	48,28	50,16	11,96	19,04	24,84	25,32	54,72
10	73,12	62,96	30,04	25,88	24,40	64,16	70,88	16,20	25,68	44,56	41,44	80,64
14	102,24	74,28	35,36	38,04	34,12	80,56	91,20	18,92	31,28	60,84	54,32	104,64
18	125,76	83,92	45,60	50,04	44,92	102,20	98,88	25,00	36,84	74,36	63,76	143,04
22	143,96	94,00	62,24	59,48	56,08	119,32	115,84	34,72	47,84	83,04	71,52	159,36
26	157,24	100,28	75,12	68,20	66,76	136,72	133,60	46,92	61,08	89,32	78,72	177,60
30	167,32	108,92	87,24	78,12	77,88	154,40	150,48	59,04	75,08	95,08	88,88	195,84
34	173,28	116,60	96,08	87,08	88,48	170,96	165,88	71,44	88,92	100	94,8	...
38	185,56	120,60	103,64	93,44	99,36	186,56	175,56	83,52	105,88	104,24	100,44	209,28
42	205,52	125,64	112,76	99,68	111,16	189,36	186,76	96,16	120,12	108,80	105,32	219,84
46	214,28	132,96	125,36	102,72	120,64	201,20	194,68	108,16	136,12	112,36	110	229,44
50	220,84	137,76	137,32	106,32	129,32	212,84	203,32	120,24	151,68	114,48	114,16	235,20

i	Numéro de la fermentation											
	I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2	16,76	27,04	16,88	6,24	9,12	32,04	34,64	9,96	10,92	12,72	8,40	24,00
4	44,2	48,60	24,80	16,44	17,40	48,28	50,16	11,96	19,04	24,84	25,32	54,72
6	73,12	62,96	30,04	25,88	24,40	64,16	70,88	16,20	25,68	44,56	41,44	80,64
8	102,24	74,28	35,36	30,04	34,12	80,56	91,20	18,92	31,28	60,84	54,32	104,64
10	125,76	83,92	45,60	50,04	44,92	102,20	115,84	25,00	36,84	74,36	63,76	125,76
12	143,96	94,00	62,24	59,48	56,08	119,32	133,60	34,72	47,84	83,04	71,52	143,04
14	157,24	100,28	75,12	68,20	66,76	136,72	150,48	46,92	61,00	89,32	78,72	159,36
16	167,32	108,92	87,24	78,12	77,88	154,40	165,88	59,04	75,08	95,08	88,88	177,60
18	173,28	116,60	96,08	87,08	88,48	170,96	175,56	71,44	88,92	100	94,8	195,84
20	185,56	120,60	103,64	93,44	99,36	186,56	186,76	83,52	105,88	104,24	100,44	209,28
22	205,52	125,64	112,76	99,68	111,16	189,36	194,68	96,16	120,12	108,80	105,32	219,84
24	214,28	132,96	125,36	102,72	120,64	201,20	203,32	108,16	136,12	112,36	110	229,44
26	220,84	137,76	137,32	106,32	129,32	212,84		120,24	151,68	114,48	114,16	235,20

Afin de s'assurer un niveau minimum de production sur lequel baser le dimensionnement de l'installation tout en tenant compte de la variation de la cinétique en fonction du niveau du dégagement on a :

- calculé la vitesse moyenne de dégagement du gaz en l./kg MS x jour entre les jours i et $i + 4$ avec $i_0 = 2$ et $i_n = 46$
- pour chacun de ces pas de temps, retenu la valeur ayant la fréquence expérimentale de dépassement 70 %
- généré une courbe de production fictive donnant le volume de gaz produit en quatre jours au cours de la fermentation donné par le tableau IX.

TABLEAU IX - Courbe de production fictive /m³ cuve x jour utilisée pour le dimensionnement de l'installation.

Période du jour $4i$ au jour $4(i+1)$	Production moyenne en l./kg x jour	Production cumulée au $i + 4$ ème jour/kg	Production en l /m ³ cuve du i au $i + 4$ jour
0 - 4	3,52	14,08	1 408
4 - 8	1,91	21,72	764
8 - 12	2,09	30	836
12 - 16	2,39	39,64	956
16 - 20	2,39	49,20	956
20 - 24	2,30	58,4	920
24 - 28	2,35	67,8	940
28 - 32	2,22	76,68	888
32 - 36	1,75	83,68	700
36 - 40	1,42	89,36	568
40 - 44	1,54	95,52	616
44 - 48	1,51	101,56	-

Cette méthode, faute de moyens de calcul, reste une approche.

.../...

En effet, pour réaliser un dimensionnement tenant compte du risque de panne, il conviendrait :

- de simuler le fonctionnement du périmètre ainsi dimensionné en retenant pour production d'une fermentation l'une des courbes expérimentales par tirage au hasard non
- de simuler pendant une dizaine d'années ce fonctionnement
- d'analyser statistiquement les résultats de ces simulations.

On notera néanmoins que la production cumulée au 50ème jour trouvée à partir de la courbe de production fictive est expérimentalement dans tous les cas dépassée.

32) Dimensionnement de l'installation

32I) Comparaison disponibilité en biomasse - Besoins en énergie.

- Potentialités énergétiques de la biomasse

En gardant le rapport 1/4 fèces 3/4 déchets végétaux, ce seraient quelques 12 tonnes de mélange paille-fèces qui seraient à fermenter.

Soit en m³ de gaz produit
 $12 \cdot 10^3 \times 100 \times 10^3 = 1200 \text{ m}^3$ de biogaz

- Besoins de biogaz pour le pompage

Volume total d'eau à pomper :

- irrigation de complément	680 m ³
- irrigation de saison sèche	1905 m ³
Volume total	2585 m ³

- Besoins en biogaz (voir annexe III)

- puissance du moteur 5 CV
- consommation horaire 2,750 m³ à raison de 550 litres par CV et par heure
- consommation de biogaz par m³ d'eau pompée (débit pompe 15 m³/h)
- $2\ 750 : 15 = 183$ litres besoins en biogaz pour satisfaire les besoins en eau
 $183 \times 2585 = 474 \text{ m}^3$

- Les potentialités énergétiques de la biomasse permettent de couvrir très largement les besoins en irrigation et permettraient de pratiquer l'irrigation sur au moins une surface double de celle prévue.

.../...

Néanmoins, les besoins en Biogaz ainsi évalués sont largement sous estimés. Il faudra, en effet, dans la réalité, produire beaucoup plus pour couvrir les besoins spécifiques.

322) Dimensionnement de la cuverie en fonction des besoins de pointe

Les besoins de pointe en eau se situent la 3ème décade de décembre (22,66 m³/jour).

- Temps nécessaire au pompage
 $22,66 \text{ m}^3 \times 15 = 1,51 \text{ heures}$

- Besoins en gaz
 $1,51 \times 2,75 = 4,15 \text{ m}^3$

- Cuverie nécessaire en m³

production moyenne journalière par m³ de cuverie (batterie de 4 cuves) à raison de 100 kg de MS par mètre³ sz cuve

$$\frac{100 \times 100}{50} \quad 200 \text{ l/jour} \times \text{m}^3 \text{ de cuverie}$$

Volume de cuve nécessaire

$$4,15 \times 0,2^{-1} = 20,77 \text{ m}^3 \text{ de cuverie}$$

- Nombre de cuves nécessaires

Compte tenu des possibilités de réalisation à partir de matériel disponible (moule de puits), de la meilleure régularité de la production lorsque plusieurs cuves sont groupées et de la plus grande souplesse d'utilisation, on retiendra 4 cuves de 5 m³ chacune.

Réalisées à l'aide de moule de puits (Ø 1 m 80) leur profondeur utile sera de deux mètres.

Le dimensionnement du gazomètre doit permettre de pondérer les différences entre production et besoins en gaz.

Compte tenu du coût relativement élevé du gazomètre, une capacité de stockage double des besoins de pointe a été retenue et semble satisfaire les contraintes de fonctionnement si l'on se réfère à la simulation du fonctionnement de l'installation (voir annexe VII)

$$V \text{ gazomètre} = 2 \times 4,15 \approx 9 \text{ m}^3$$

.../....

33) Plan et devis de l'installation

33I) Description de l'installation

Le plan détaillé de l'installation est donné en annexe X

33II) Production du gaz

Compte tenu des contraintes liées à l'irrigation et au rythme de production du gaz, le système de fermenteur retenu comprend 4 cuves.

Chacune de ces cuves a un volume utile de 4,5 m³, soit un volume total utilisable de 18 m³.

Ces cuves sont cylindriques et enterrées.

Elles sont réalisées en béton armé suivant la technique de construction des puits. Au cours du coulage ce béton sera vibré ce qui permettra d'obtenir l'étanchéité des parois.

Chaque cuve est équipée :

- d'un joint hydraulique en béton dans lequel viendra se poser le couvercle et qui assurera le maintien en anérobiose du milieu.
 - d'un couvercle de fermeture circulaire, réalisé en tôle de 3 mm. Ce couvercle est équipé d'un manchon de prise de gaz relié au dispositif de collecte.
- Ce couvercle est fixé sur la cuve grâce à 4 dés de blocage fixés au sol.
- d'une grille de maintien en immersion du substrat.

33I2) Stockage du gaz

Le stockage du gaz sera assuré par 2 types de gazomètre

- l'un de stockage est mis en pression, réalisé en tôle de 3 mm.
Pour une surface portante de 3,14 m² et une hauteur de jupe 1,60 m il permettra de stocker 5 m³ sous une surpression de l'ordre de 10 cm de colonne d'eau.
- l'autre de simple stockage, réalisé en polyvinyl aura un volume d'environ 4 m³.
Il sera muni d'un piston de guidage que conduira un bâti réalisé en tubes.

.../...

3313) Collecte et distribution du gaz

La collecte et la distribution du gaz sera assurée :

- par des tubes galvanisés de $\frac{1}{2}$ pouce pour la collecte.
- par des tubes galvanisés de $\frac{3}{4}$ de pouce pour l'utilisation.

t Toutes les conduites souples seront réalisés en tube caoutchouc type compresseur d'un diamètre intérieur de $\frac{1}{2}$ pouce.

Tous ces tubes seront installés avec une pente de l'ordre de 1 % permettant à l'eau de condensation de s'écouler vers un point bas où elle sera piégée.

3314) Installations de collecte des déchets et de compostage

Les litières de l'étable fumière constituent le substrat à fermenter.

Pour en réaliser la collecte, une petite fosse a été aménagée le long de l'étable fumière.

Dans ce volume d'environ 7 m³ les déchets pourront être stockés entre deux chargements.

Une grande fosse semi-enterrée de 100 m³ sera par ailleurs prévue afin de permettre la "finition" des résidus de fermentation et des surplus de production de litière.

(voir annexe I et IV).

332) Devis descriptif et estimatif de l'installation

3321) Devis descriptif des matériaux nécessaires à la réalisation de l'installation

- Construction d'un digesteur

Compte tenu de sa forme cylindrique (diamètre 1 m 80, profondeur 2 m) et de l'épaisseur de la paroi de béton 10 cm, ce seront quelques 2 m³ de béton qui seront nécessaires.

../...

La réalisation d'une telle maçonnerie conduira à l'utilisation de :

- 600 kgs de CPA 325
- 1 m³ de gravillon
- 1 m³ de sable
- 9 barres de 12 m de fer à béton de diamètre 8 mm et environ 1 kg de fil de fer recuit.

L'équipement de la cuve nécessitera :

- la réalisation d'une grille de maintien en immersion des substrat (2 barres de 12 m - diamètre 8 mm).
- la construction d'un couvercle circulaire de 2m10 de diamètre muni d'une jupe de 30 cm le tout correspondant à l'utilisation de 5,5 m² de tôle de 3 mm.
- La réalisation des systèmes de blocage de la grille de maintien en immersion et des couvercles soit 0,25 m² de tôle de 3 mm et 1 tube de (20-20).
- Construction des gazomètres

Gazomètre en tôle :

Le volume de béton à utiliser pour la construction de la cuve sera de l'ordre de 2m³ et demandera la même quantité de matériaux qu'un digesteur.

Le gazomètre lui-même nécessitera l'emploi de 13,18 m² de tôle de 3mm et la réalisation de son axe et du guide respectivement 1m60 de tube de 2 pouce 1/2 et 4 mètres de tube de 2 pouces.

Gazomètre "plastique" :

On utilisera une bâche tronconique réalisée à partir de 2 couches de polyvinyl renforcé par un tissage. Elle aura une hauteur de 2,30 m pour des diamètres de base respectivement de 1,25 m et 2,10 m.

La réalisation du système de guidage (bâti et piston) nécessitera l'emploi de :

- 2,4 m² de tôle de 3 mm
- 17,4 m de tube de 1"1/2
- 10,5 m de tube de 2 pouces 1/2
- 1,7 m de tube de 2 pouces.

.../...

- Réalisation des conduites de collecte et d'amenée de gaz

Dans le cas du présent projet il faudra :

- 7 tubes de diamètre 1/2 pouce
- 7 tubes de diamètre 3/4 pouce
- 5,5 m de tuyau caoutchouc pour compresseur
- 0,3 m³ de béton pour la réalisation du point bas
- 6 vannes à gaz.

- Réalisation des installations de collecte des déchets et de compostage.

La cuve de collecte ne sera réalisée qu'avec l'aide de moellons de latérite comme la partie enterrée de l'installation de compostage. La partie aérienne de cette dernière installation sera réalisée par un double mur de briques de banco crépis de ciment soit 765 parpaings et l'utilisation 1 000 kgs de ciment.

3322) Devis estimatif de l'installation

L'annexe VI donne le devis estimatif détaillé de l'installation résumée par le tableau XX ci-dessous.

TABLEAU XX - Récapitulatif du coût de l'installation

Equipement	Devis estimatif
- Digesteurs	784 332
- Gazomètres	458 869
- Conduites	84 635
- Installation de collecte et finition des composteurs	89 489
Coût total	estimé à ... I 417 325

Soit dans ce cas un prix de 79 000 F CFA par m³ de cuve installée.

.../...

34) Gestion de l'installation Biogaz34I) Couverture des besoins en énergie

L'objectif est de faire correspondre au mieux le rythme de production du gaz avec les besoins nécessaires à l'exhaure de l'eau. Cela revient à définir un calendrier de gestion des installations en fonction des besoins en gaz.

34II) Evaluation des besoins en gaz

Les besoins en gaz ont été évalués à partir d'une simulation du fonctionnement du périmètre au cours de la saison. Le détail de cette simulation permettant journalièrement d'obtenir des besoins en eau et d'en déduire les besoins en gaz est donné en annexe VII.

Le tableau XXI ci-dessous fait un récapitulatif de ces besoins mois par mois.

TABLEAU XXI - Récapitulatif des besoins pratiques en eau et gaz mois par mois

Mois	Besoins en eau d'irrigation m ³	Besoins en gaz m ³
Juin	320	57,6
Juillet	160	28,8
Août	100	18
Septembre	220	39,6
Octobre	140	25,2
Novembre	645	116,1
Décembre	630	113,4
Janvier	425	76,5
Février	50	9
TOTAL.....	2 690	484,2

34I2) Calage de la production de biogaz en fonction des besoins

Comme pour ce qui est des besoins en eau et en gaz, on aura recours à la simulation de la production du biogaz pour définir un calendrier optimum de maintenance des installations.

Outre les besoins en gaz qui ont été évalués si-dessus et le rythme de production du gaz (voir tableau XIX) il faudra tenir compte de la capacité de stockage qui n'est que de 9 m³.

Ne disposant pas de moyens de calcul assez puissants pour rechercher mathématiquement la gestion optimale, nous avons opté pour une méthode graphique.

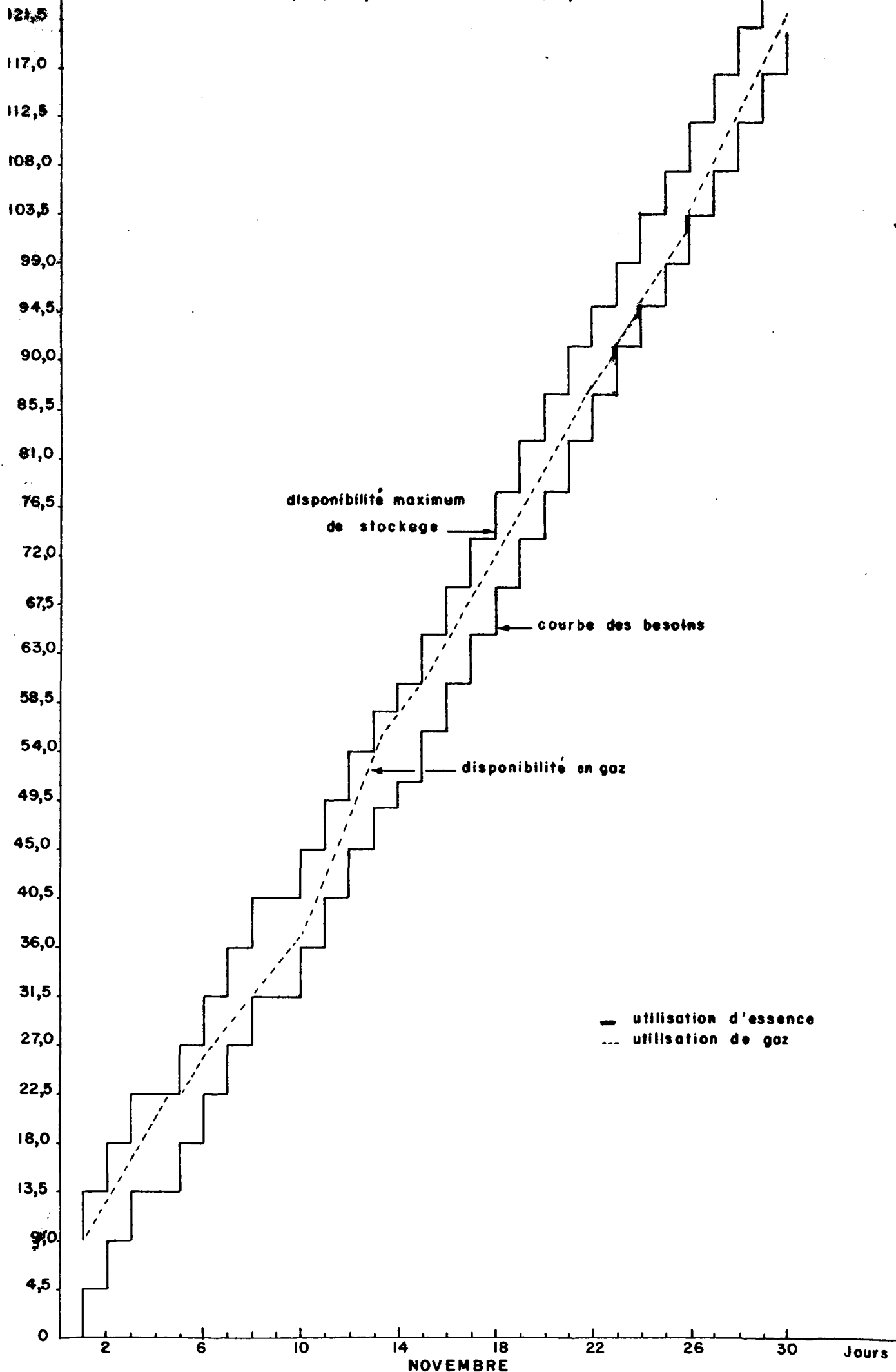
Elle consiste à caler le rythme des fermentations et leur durée afin que les disponibilités définies par le volume produit et limitées par la capacité de stockage maximum soient supérieures ou égales à la demande.

A cette fin on construira la courbe cumulée des besoins en gaz, la courbe cumulée des disponibilités maximales. (translatée de la première d'un volume égale au stockage maximum).

Sur ce graphique on ajustera la courbe cumulée des disponibilités construite à partir du volume de gaz produit et limitée par la courbe cumulée des disponibilités maximales. On pourra ainsi vérifier que les disponibilités en gaz sont bien supérieures ou égales à la demande.

La figure 7 ci-dessous illustre l'application de cette méthode au cas du mois de novembre.

des installations
(exemple: mois de Novembre)



343I) Calendrier prévisionnel de gestion de l'installation

L'application de la méthode graphique ci-dessus énoncée nous a permis de définir un calendrier prévisionnel de gestion des installations définie dans le tableau ci-dessous.

TABLEAU XXII - Calendrier prévisionnel de gestion des installations

Période		Type d'opérations effectuées	N° de la cuve	Observations
du	au			
3 Juin	7 Juin	démarrage	I	
11 Juin	15 Juin	démarrage	2	
23 Juin	27 Juin	démarrage	3	
25 Juillet	2 Août	vidange rechargement	I	
2 Août	10 Août	vidange rechargement	2	
14 Août	18 Août	vidange rechargement	3	
19 Septembre	23 Septembre	vidange rechargement	I	
27 Septembre	1 Octobre	vidange rechargement	2	
5 Octobre	9 Octobre	vidange rechargement	3	
13 Octobre	17 Octobre	démarrage		
21 Octobre	25 Octobre	vidange rechargement	4	
2 Novembre	6 Novembre	vidange rechargement	2	
6 Novembre	10 Novembre	vidange rechargement	3	
14 Novembre	18 Novembre	vidange rechargement	4	
22 Novembre	26 Novembre	vidange rechargement	I	déficit gaz 4,5 m ³
30 Novembre	4 Décembre	vidange rechargement	2	déficit gaz 1,8 m ³
8 Décembre	12 Décembre	vidange rechargement	3	
16 Décembre	20 Décembre	vidange rechargement	4	
24 Décembre	28 Décembre	vidange rechargement	I	
1 Janvier	5 Janvier	vidange rechargement	2	
9 Janvier	13 Janvier	vidange rechargement	3	
6 Février		vidange	4	
14 Février		vidange	I	
22 Février		vidange	2	
26 Février		vidange	3	

Ce ne seront donc que 21 chargements qui seront effectués comprenant 10 fermentations d'une durée de 48 jours et 11 fermentations d'une durée de 28 jours seulement pour augmenter le rythme de production par m³ de cuve.

On remarquera que l'installation n'est utilisée qu'à 60 % de sa capacité de production. En effet en prenant une durée moyenne de fermentation plus chargement de 40 jours on s'aperçoit que l'on pourrait effectuer de l'ordre de 36 fermentations au lieu de 21 effectivement réalisées.

.../...

3414) Part des résidus agricoles utilisés

Ces 21 remplissages correspondent à l'utilisation de 9 450 kgs de déchets soit environ 2 350 kgs de bouses de vache et 7 100 kgs de paille soit respectivement 80 % et 50 % des disponibilités.

3415) Economies d'énergie réalisées

Dans le cas d'une utilisation d'essence ce serait un moteur de 3 CV qui serait nécessaire. Il nécessiterait dans les mêmes conditions d'utilisation de l'ordre de 110 litres d'essence par campagne à raison d'environ 0,6 litre par heure soit une charge de 24 750 F CFA par campagne.

Dans le cas du biogaz l'essence servira :

- à assurer le démarrage à raison de 50 cm³ à chaque fois. Soit pour environ 1,2 démarrage par jour d'irrigation et 142 jours d'irrigation un besoin de l'ordre de 8,5 litres.
- à assurer le pompage de 35 m³ d'eau (environ 1 heure 30 mn de pompage à l'essence) soit une consommation de 1,5 litre environ.

L'économie de carburant serait donc de 90 % permettant d'épargner de l'ordre de 22 500 F CFA par an.

342) Couverture des besoins en fumure organique

Les besoins en fumure organique ont été évalués à 11,5 tonnes chaque année : (2,5 tonnes pour le périmètre irrigué, 9 tonnes pour les cultures sèches).

Les études sur la valeur agronomique des produits issus de la fermentation (voir annexe VIII) ont montré qu'il était nécessaire d'envisager une finition aérobie des résidus de la fermentation méthanique. Cela sera effectué dans une grosse fosse semi-enterrée réalisée à cet effet. Au cours du traitement anaérobie comme du traitement aérobie ce n'est guère que les 2/3 du poids de matière sèche mis en fermentation que l'on pourra espérer ramener au champ (chiffre à confirmer). Ainsi les 9 450 kgs de déchets ne donneront que de l'ordre de 6,2 tonnes d'amendement organique.

Les 5,3 de fumure organique restant à trouver pour assurer l'entretien de la fertilité pourront l'être à partir des résidus non utilisés à savoir 7 tonnes de pailles et 700 kgs de bouses de vache. A cette fin on envisagera que la litière pailleuse soit enrichie en paille et compostée aérobiement avec les résidus de fermentations (perte de matière 20 % du poids initial mis en fermentation).

IV - ETUDE ECONOMIQUE DU PROJET

41) Main d'oeuvre disponible sur l'exploitation

On comptera sur l'exploitation 12 présents dont le tableau XXIII donne la composition.

TABLEAU XXIII - Composition de la famille de l'exploitation

Sexe	Age	0 - 14 ans	15 - 50 ans	+ 50 ans
Masculin		-	2	1
Féminin		3	5	-

En prenant les coefficients d'équivalence :

1 homme = 1 actif, 1 femme = 0,6 actif

1 enfant de moins de 15 ans = 0,14 actif.

On aura au total 6,42 actifs sur l'exploitation.

42) Incidence du biogaz sur le revenu annuel brut de l'exploitation

Les tableaux XXIV et XXV récapitulent respectivement le coût des différents équipements réalisés sur le projet et les principaux postes du compte d'exploitation.

Comme on pouvait s'y attendre dans le cas d'une source d'énergie nouvelle entièrement prise en charge par l'exploitation, ce compte est déficitaire pour un montant de l'ordre de 300.000 F CFA.

On remarquera à ce propos :

- que ce chiffre est modique vis-à-vis de celui qu'il aurait été dans le cas de l'équipement de l'installation de pompage par un système photovoltaïque.
- que l'installation de pompage, du fait notamment des disponibilités en eau, est sous utilisée (seulement 2 500 m² sont irrigués).
- qu'on se situe dans le cadre d'une expérimentation dont le but essentiel est de démontrer la cohérence technique de la filière Biogaz compost et non sa rentabilité économique.

.../...

TABLEAU XXIV - Coût des différents équipements réalisés sur le projet

O B J E T	Coût F. CFA	Durée d'amortissement ou remboursement	Intérêt
I) <u>Culture attelée</u> :			
acquisition des boeufs de labour : 2 paires.	200.000	5 ans	II %
Matériel culture attelé			
- charrue	56.000	"	"
- semoir	25.000	"	"
- charette	60.000	"	"
- 2 rayonneurs	10.000	"	"
- 1 pulvérisateur	15.000	"	"
Etable funière	20.000	"	"
2) <u>Equipement du périmètre</u>			
- pompe	200.000	"	"
- moteur	300.000	"	"
- puits	pm	"	"
- réseau	200.000	10 ans	5 %
3) <u>Installation Biogaz</u>			
- construction équipement	I.400.000	10 ans	5 %

C H A R G E S	R E C E T T E S
<u>I. CHARGES VARIABLES</u>	<u>I. PRODUCTION VEGETALE :</u>
II. Production végétale	Sorgho S29... I800x70 = I26 000
III. Cultures pluviales	Sorgho amélioré 3600x50 I80 000
engrais :	Mil P4..... 900x50 = 45 000
phosphate naturel I440xI2 = I7 280	Maïs.....I000x66 = 66 000
engrais coton.... 495x45 = 22 275	Riz..... 370xI00= 37 000
urée..... 270x55 = I4 850	Arachide..... 700x70 = 49 000
Kcl..... I80x70 = I2 600	Niébé..... 200x60 = I2 000
semences..... = 8 000	
produits phytosanitaires. = I 000	
II2. Cultures irriguées	<u>2. Production animal</u>
engrais :	engraissement des boeufs = 40 000
phosphate naturel 60xI2 = 720	
engrais coton.... 22,5x45= I 0I2	
urée..... 35x55 = I 925	
Kcl..... 7,5 x70 = 525	<u>3. Produit du maraîchage</u>
supertriple..... 37,5x60 = 2 250	I 462xI00 = I46 200
sulfate de potasse 30x60 = I 800	
semences = 5 000	
produits phytosanitaires = 2 000	
I2. Alimentation du bétail	
complément graines de coton 3I 320	
sorgho..... = 54 000	
produits phytosanitaires = 5 000	
I3. Motorisation	
essence..... = 2 250	
huile..... = 2 000	
<u>2. CHARGES FIXES :</u>	
2I. Charges d'équipement	
2II. amortissement matériel	
culture attelée = 47 200	
matériel d'irrigation =I20 000	
Biogaz =I40 000	
2I2. entretien matériel	
d'irrigation = 30 000	
installation biogaz = I0 000	
22. Charges de structures achat des boeufs.	
22I. intérêt des emprunts	
matériel culture attelée; 222 023	
matériel d'irrigation	
biogaz	
222. Salaires calculés	
4,18x 40 000 = 250 000	
<u>TOTAL DES CHARGES = I. 005 030</u>	<u>TOTAL DES RECETTES = 70I 200</u>
	<u>DEFICIT = 303 830 F CFA.</u>

V - PERSPECTIVES

L'évaluation économique du Biogaz est à replacer dans son contexte : celui d'une expérimentation se donnant pour premier objectif de démontrer la cohérence du biogaz avec les contraintes du milieu et celles de l'irrigation.

L'ensemble de ce projet est dimensionné sur des résultats de terrain obtenus dans le cadre du projet Biogaz mené par le CIEH et n'a aucun aspect prospectif. Toutes les potentialités de la technologie ne sont pas utilisées et les solutions les plus économiques n'ont pas toujours été préconisées ou ont été impossible à retenir compte tenu de l'aspect expérimental et de la spécification du site (pompage dans un puits, eau en quantité limitée).

De nettes améliorations sont possibles tant au niveau de l'utilisation du gaz qu'à celui de la conception des installations.

Pour rendre cette filière compétitive, on devra absolument résoudre le problème de la motorisation.

Le calcul comparatif ci-dessous illustre que, même en se référant aux normes Indiennes, les moteurs fonctionnant au Biogaz ont de très mauvais rendements :

- utilisation d'essence en L par CV et par heure :	0,2	
litres		
- énergie utilisée (7500 kcal/l d'essence)		
7500 kcal × 0,2		1 500 kcal
- énergie produite en 1 heure par 1 CV		633 kcal
- rendement du moteur		42 %
- utilisation du Biogaz en l/ CV et par heure		
-l		
550 × 0,8		6 87 l
- énergie utilisée (6000 kcal/m ³ de gaz)		4 125 kcal
- rendement du moteur		15 %

La mise au point d'un moteur fonctionnant au Biogaz avec un rendement de l'ordre de 40 % en modifierait totalement les perspectives de développement.

Dans le cadre du projet, le rendement du moteur n'est que de 11 %. Aussi, l'acquisition d'un moteur performant permettrait de multiplier par 3,5 les surfaces irriguées si les disponibilités en eau étaient suffisantes.

L'installation Biogaz, telle qu'elle est conçue est suréquipée : pour la seule motorisation l'utilisation de baches plastiques pour le stockage du gaz suffirait.

En retenant ces hypothèses et en gardant la même surface agricole utile de l'exploitation, on pourrait envisager que trois hectares soient cultivés en sec (sorgho amélioré, arachide, mil) et que 8 500 m² soient irriguables : 1 000 m² en maraichage et 7 500 m² en maïs durant la contre saison, 8 500 m² de riz pluvial en hivernage.

... /....

Dans ce cas, le compte d'exploitation serait équilibré avec un salaire calculé de l'agriculteur de l'ordre de 250 000 F CFA par an, et ce, sans envisager les possibilités éventuelles d'une installation Biogaz collective ni d'une utilisation de la pompe dans le cadre d'une coopérative.

TABLEAU XXVI - Compte d'exploitation (hypothèse irrigation de 8 500 m²)

charges (F CFA)	Recettes (F CFA)
I) <u>Charges variables</u>	I) <u>Production végétale</u>
- cultures pluviales 63.337	- culture sèche 407 780
- cultures irriguées 51 788	- maïs 198 000
- alimentation du bétail 90 320	- riz 209 666
- motorisation 4 250	- maraîchage 146 200
	2) <u>Production animale</u> 40 000
2) <u>Charges fixes</u>	
- charges d'équipement (pompes moins chères, équipement d'irrigation plus important) 350 000	
- charges de structure 214 610	
- salaire calculé 250 000	
Total = 1 024 305	I 001 646

Ce type d'installation ne permet de récupérer que de l'ordre de 20 % des potentialités énergétiques des résidus de récolte. Aussi, face à la sécurisation de la production que représente l'irrigation de complément, on sera amené à développer de nouveaux types de digesteurs plus performants. Logiquement, on devrait s'orienter vers des digesteurs continus semi-mécanisés permettant d'utiliser des substrats très pailleux avec des rendements en gaz de l'ordre de 40 % des potentialités. Une telle installation permettrait dans le cas du projet de remplacer la sole de mil par du maïs cultivé avec irrigation de complément, avec des coûts énergétiques peu différents de ceux de la solution actuelle.

Un peu partout, on assiste au développement de la petite irrigation (au fil de l'eau, par forage, petites retenues).

Les problèmes d'entretien de la fertilité et le coût de l'énergie sont les difficultés sur lesquelles les agriculteurs butent le plus souvent.

En Haute-Volta, où ce projet doit être réalisé, ces problèmes ne sont souvent que difficilement surmontés.

.../...

- L'épandage de matière organique est essentiel en maraîchage. Le plus souvent, ce problème est résolu par des accords individuels passés avec des éleveurs peuhls. Ces derniers échangent la poudrette produite en parc par leurs troupeaux contre des légumes produits sur le périmètre maraîcher. Mais du fait des transhumances, ces accords peuvent être à tout moment rompus, le maraîcher étant alors privé d'un produit indispensable au maintien de la fertilité de ses terres.

- Les groupements achètent en commun des groupes motopompe. On constate cependant que le carburant est souvent insuffisant soit à cause des difficultés d'approvisionnement, soit à cause de son prix sans cesse plus élevé. On note des charges en carburant de 20 à 40 000 F CFA à l'hectare pour des revenus moyens de 170 000 F CFA par hectare.

La filière Biogaz est à même d'apporter sa contribution à la résolution de ces deux problèmes.

Par un suivi de type recherche développement (voir principales observations prévues en annexe IX), ce projet devrait permettre d'appréhender les problèmes pratiques posés par l'application du Biogaz à la petite irrigation.

Cette démarche sera essentielle pour la conception de futures installations Biogaz, qui tout porte à le croire, seront dans quelques années associées au développement des petits périmètres irrigués.

// A B L E A U X

- I - Participation des différents organismes nationaux au projet
- II - ETP journalière en mm Penmann
- III - Pluviométrie de probabilité supérieure à I en %
- IV - Les cultures pluviales
- V - Fumures minérales sur cultures pluviales
- VI - Calendrier cultural de périmètre irrigué en saison sèche
- VII - Cultures irriguées de contre saison
- VIII - Fumure minérale sur les cultures irriguées de contre saison
- IX - Besoins pratiques en irrigation des cultures de contre saison
- X - Cultures de saison des pluies avec irrigation de complément
- XI - Fumure minérale : culture avec irrigation de complément
- XII - Récapitulation des besoins en eau des cultures de saison
- XIII et
- XIV bis - Caractéristiques conduites primaires et canaux secondaires
- XIV - Evaluation des besoins alimentaires des boeufs
- XV - Utilisation des jachères par les boeufs
- XVI - Résidus de récolte : disponibilités
- XVII - Résidus animaux : disponibilités
- XVIII - Variabilité du dégagement gazeux en fonction des fermentations
- XIX - Courbe de production fictive utilisée pour le dimensionnement de l'installation.
- XX - Devis estimatif de la construction de l'installation
- XXI - Récapitulatif des besoins en eau d'irrigation et en gaz mois par mois.
- XXII - Calendrier prévisionnel de gestion des installations
- XXIII - Composition de la famille de l'exploitant
- XXIV - Coût des différents équipements réalisés sur le projet
- XXV - Compte d'exploitation.
- XXVI - Compte d'exploitation (irrigation 8500m²).

77- I G U R E S

- I - Comparaison ressources, besoins en eau en m³/j en contre saison.
 - 2 - Comparaison ressources, besoins en eau (saison des pluies).
 - 3 - Courbe caractéristique pompe type mono.
 - 4 - Débit en tête des canaux secondaires en fonction du pompage.
 - 5 - Plan d'un digesteur couplé à un gazomètre.
 - 6 - Evolution de la production de biogaz au cours d'une fermentation.
 - 7 - Détermination graphique de la gestion des installations.
-

ANNEXES

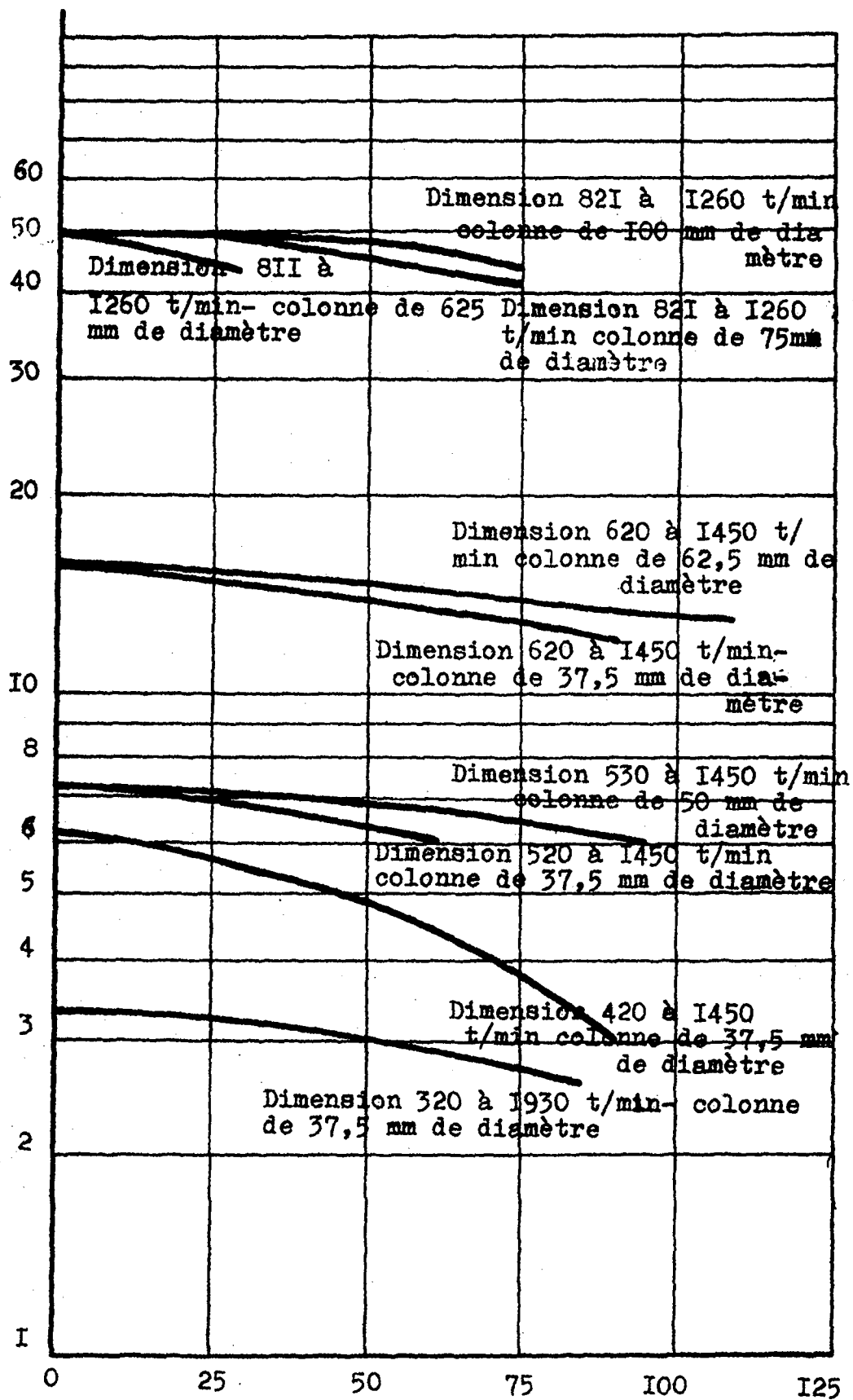
- I - Plan général de l'aménagement.
 - II - Caractéristiques techniques pompes types mono.
 - III - Utilisation du biogaz pour la motricisation.
 - IV - Etable fumière.
 - V - Production du biogaz.
 - VI - Devis estimatif détaillé de l'installation biogaz.
 - VII - Simulation des irrigations sur le périmètre.
 - VIII - Finition des résidus de la fermentation méthanique.
 - IX - Observations prévues au cours du suivi de l'exploitation biogaz-compost-petite irrigation.
 - X - Plan détaillé de l'installation biogaz.
 - XI - Bibliographie.
-

// -) N N E X E - I -

//)LAN DE L'EXPLOITATION

COURBES DES PERFORMANCES

Schéma II



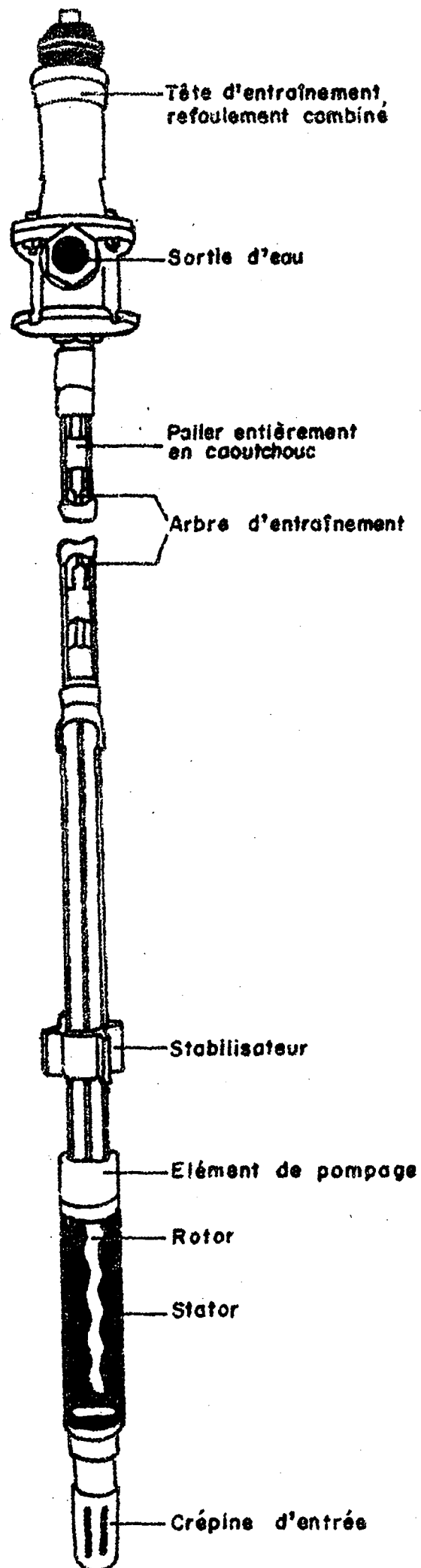
Hauteur manométrique totale (mètres)

//-) N N E X E - II -

//- ARACTERISTIQUES TECHNIQUES

POMPES TYPES MONO

Schema I



I - CONSTRUCTION :

L'ensemble se compose d'une tête d'entraînement refoulement montée en surface et d'un corps de pompage volumétrique entraîné par un arbre.

L'élément de pompage ainsi que la tête d'entraînement, refoulement sont reliés par des tuyaux montés sur colonne. (voir schéma)

Tête d'entraînement - refoulement :

L'ensemble est conçu pour que la tête d'entraînement refoulement reste au niveau du sol ce qui évite d'utiliser un moteur submersible et permet d'utiliser n'importe quelle force motrice.

Arbres d'entraînement :

L'entraînement est transmis à l'élément de pompage par une longueur d'arbres d'entraînement comportant raccords rigides et paliers souples entièrement en caoutchouc qui serrent les parois des tuyaux.

Elément de pompage :

L'élément de pompage volumétrique Mono ne comporte qu'un seul organe mobile. Un rotor hélicoïdal en métal tourne à l'intérieur d'un manchon fixe (le stator) dont l'intérieur est également de forme hélicoïdale, mais qui, sur une longueur donnée n'a que la moitié des hélices du rotor.

Courbes de performance :

(voir schéma 2).

// -) N N E X E - III -

// // TILISATION DU BIOGAZ

POUR LA MOTORISATION

Les moteurs fixes (groupes électrogènes, motopompe, machine agricole à poste fixe...) peuvent être alimentés avec le biogaz non épuré, à basse pression, avec un simple robinet et un mélangeur au niveau des soupapes.

ADAPTATION DES MOTEURS A 4 TEMPS

Le taux de compression optimum étant de 15, on sera amené très souvent à raboter la culasse pour ne pas perdre trop de puissance. Comme le méthane a une faible vitesse de combustion, un système de réglage de l'avance à l'allumage sera nécessaire. Le réglage au démarrage sera de 5 à 10 ° et en marche normale jusqu'à 45°.

Pour éviter ce dispositif on démarrera le plus souvent le moteur à l'essence. Pour ce faire ce n'est qu'en amont du carburant qu'on placera le mélangeur au gaz (voir schéma). Les Indiens annoncent des pertes de puissance de 20 % par rapport à la puissance à l'essence lorsque le moteur utilise du biogaz. Les recherches en Haute-Volta n'ont permis jusqu'ici que des pertes de puissance de 40 %. La consommation de biogaz est de l'ordre de 550 à 600 L par CV et par heure.

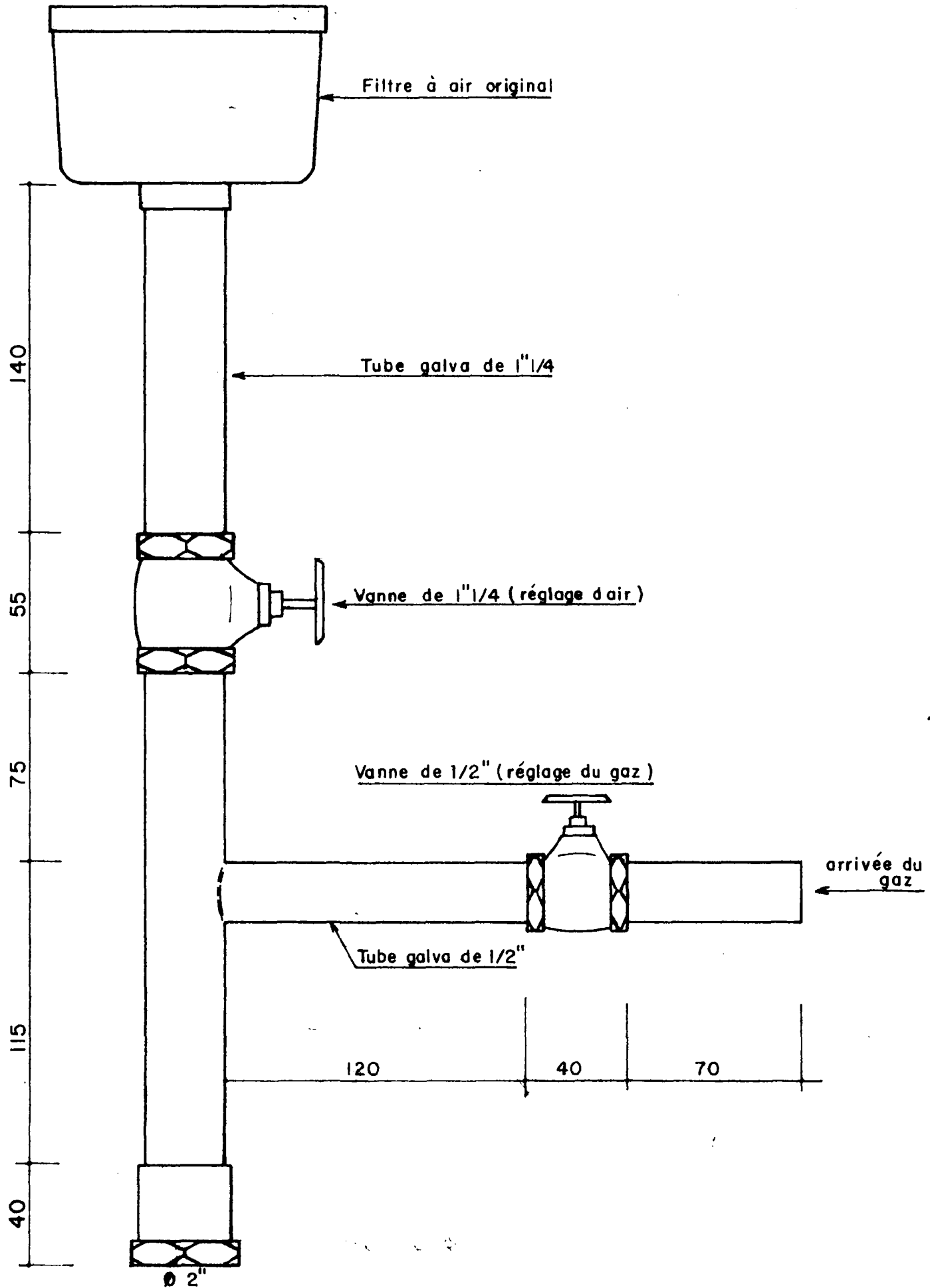
ADAPTATION DES MOTEURS DIESELS

L'adaptation de ces moteurs se fait soit par mélange avec le gaz-oil, soit par remplacement des injecteurs par des bougies. Sur les très gros moteurs la compression est suffisante et l'injecteur est simplement débranché.

En-dessous d'une certaine puissance on préfère ajouter 25 % de gaz-oil et régler l'injecteur au cinquième du régime normal.

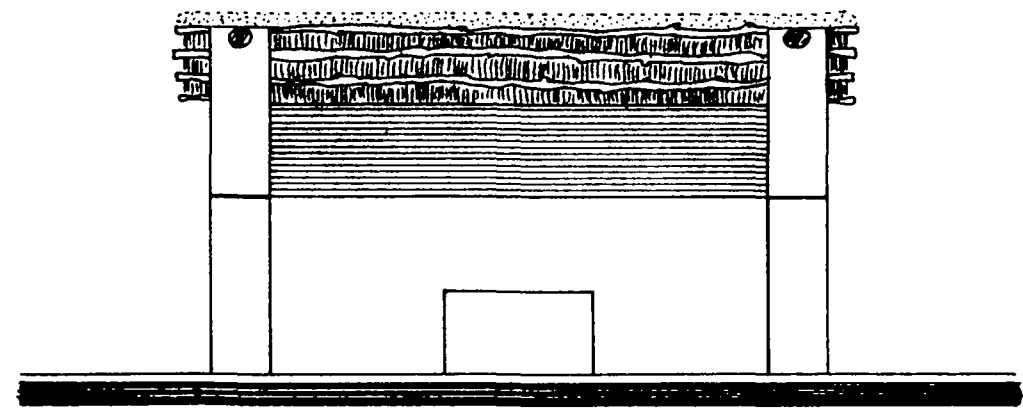
Les Indiens ont mis au point un petit moteur (5 CV) fonctionnant de cette sorte. Au fuel uniquement ils consomment 1,1 L par heure alors qu'au biogaz ils consomment 2 750 L de biogaz pour 0,1 L de fuel par heure.

ADAPTATEUR

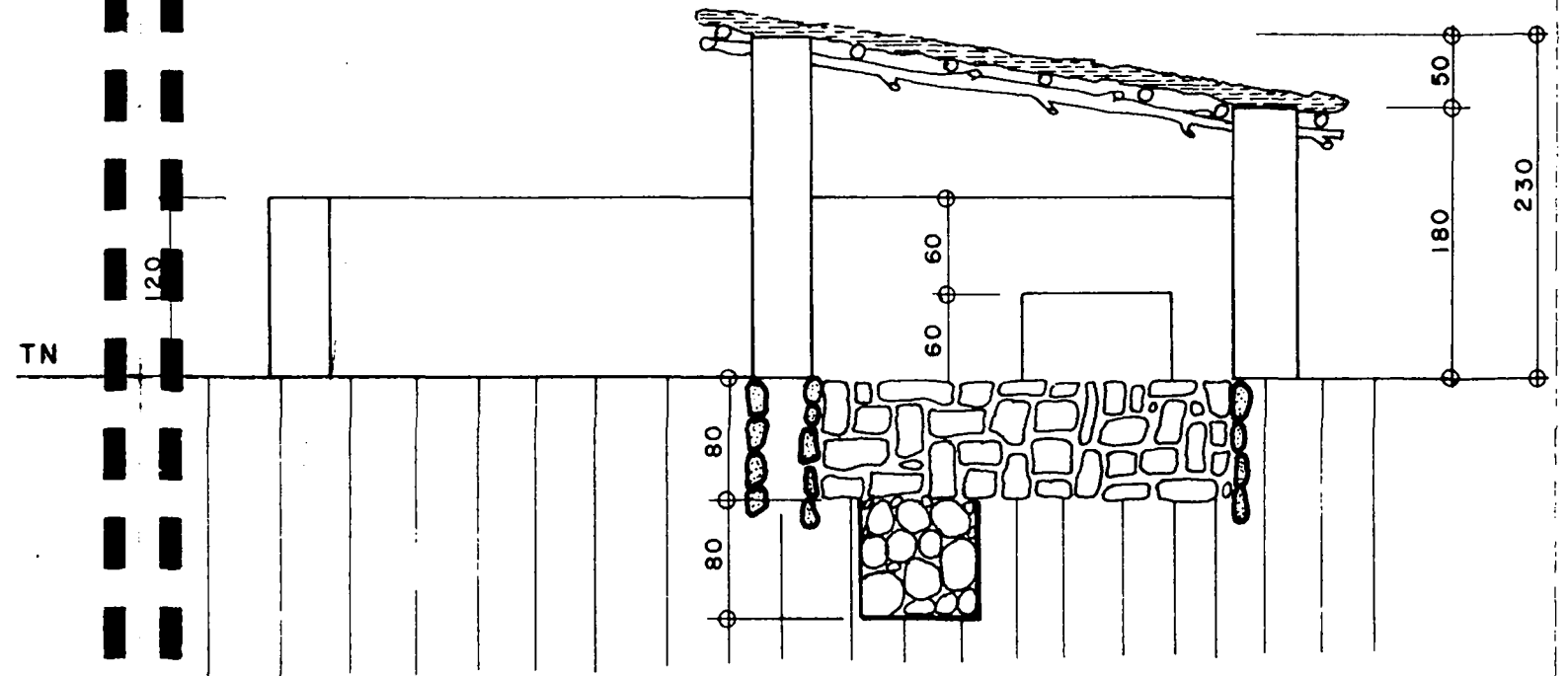


//-) N N E X E IV

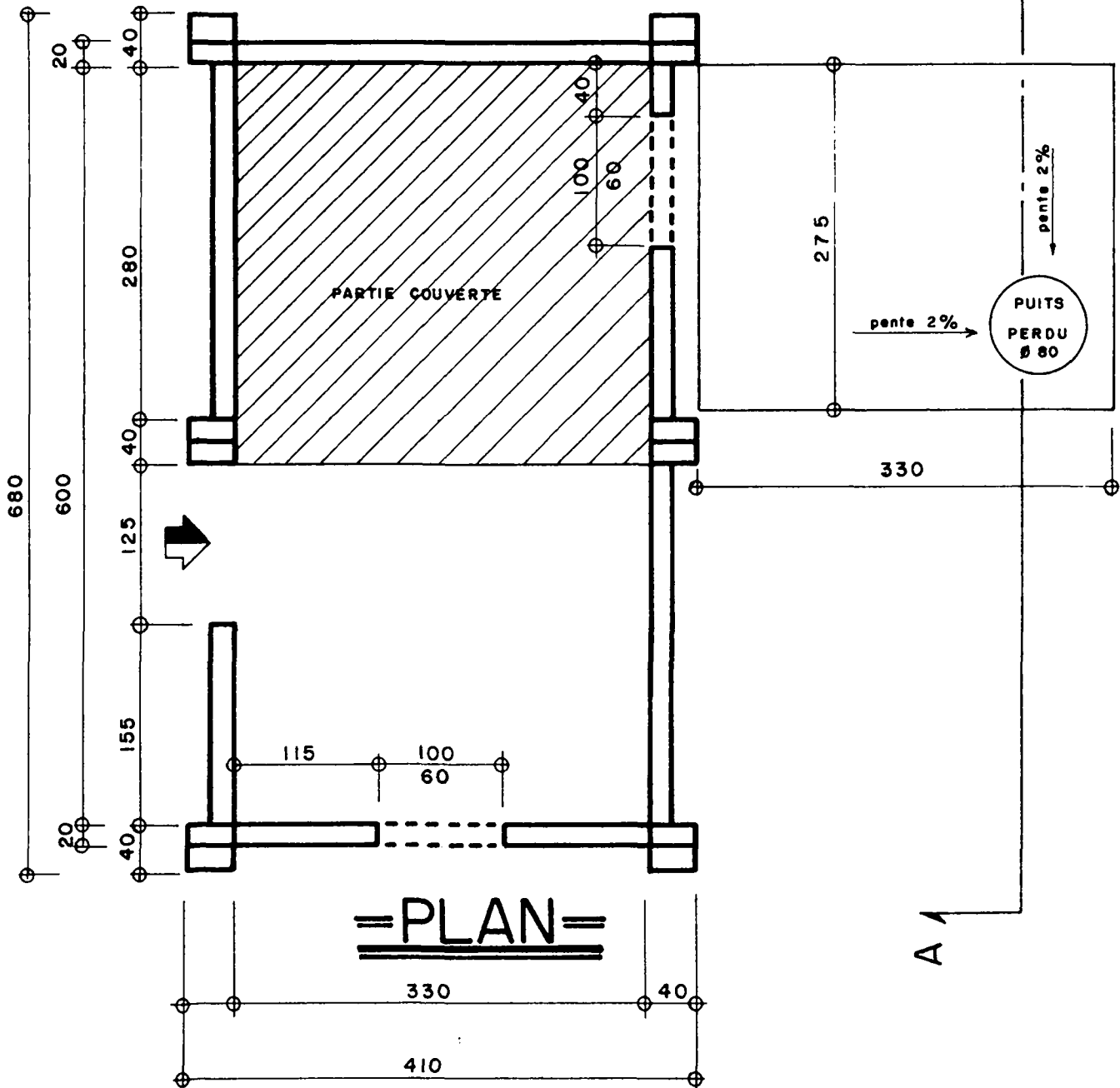
STABLE FUMIÈRE (Schéma et plan)



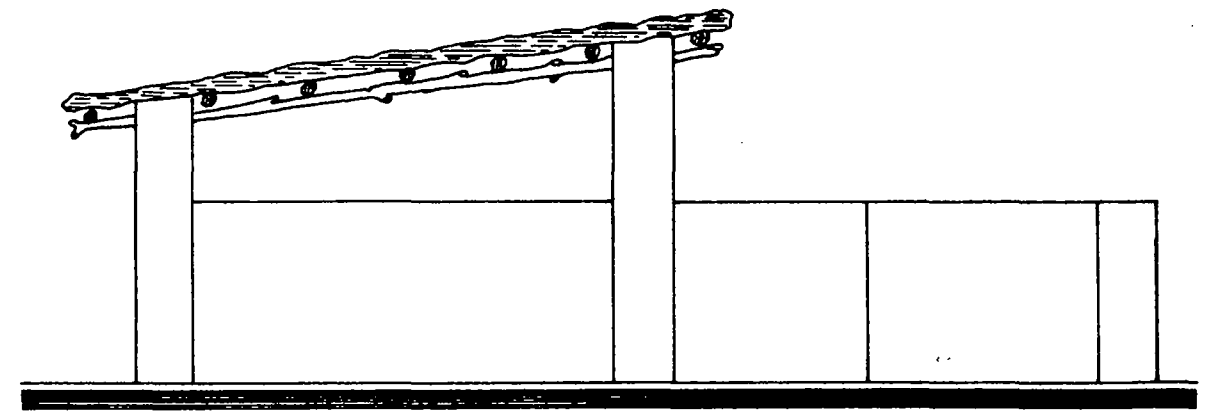
== FACADE NORD ==



== COUPE AA ==



== PLAN ==

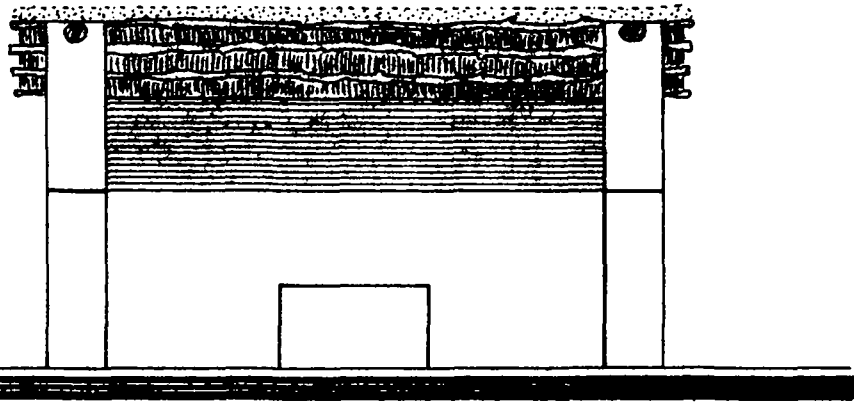


== FACADE OUEST ==

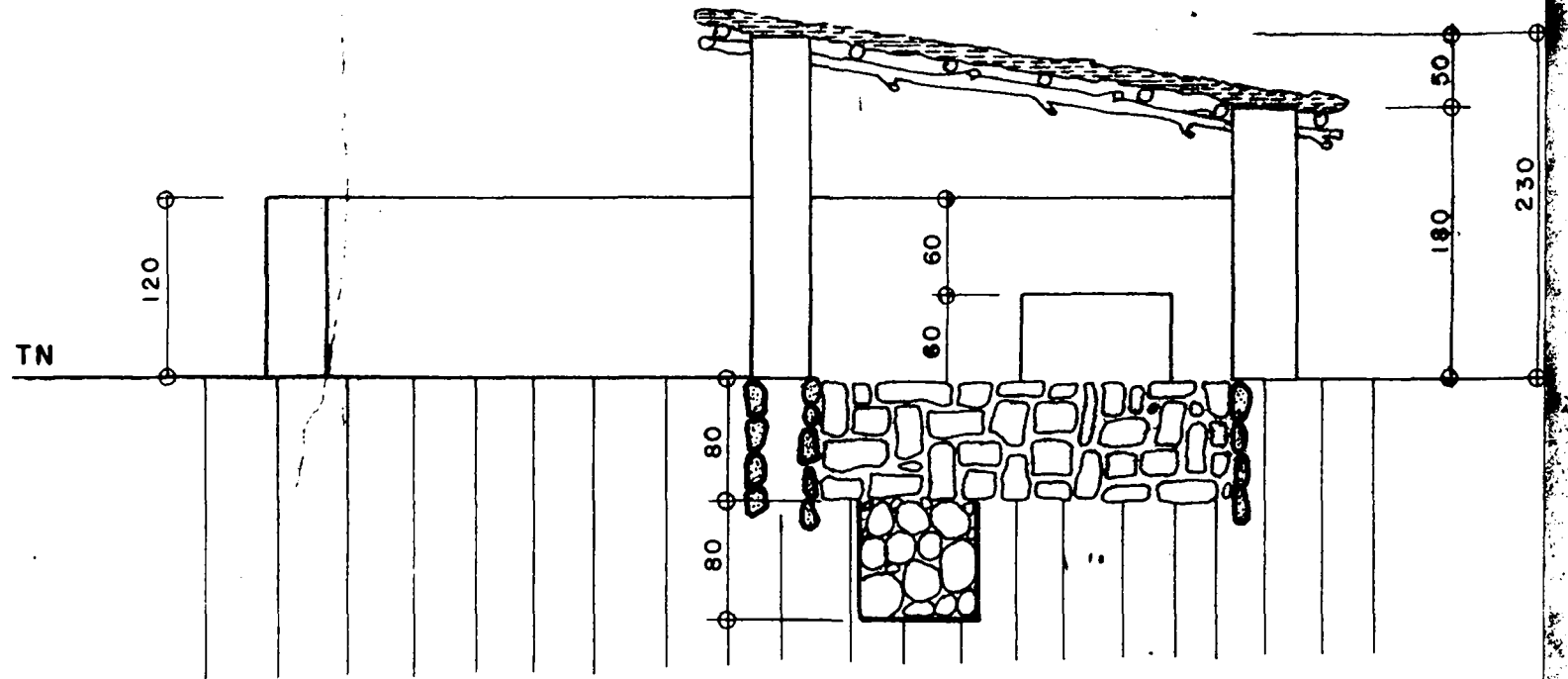
PROJET BIOGAZ

ETABLE FUMIERE pour 2 paires de bœufs

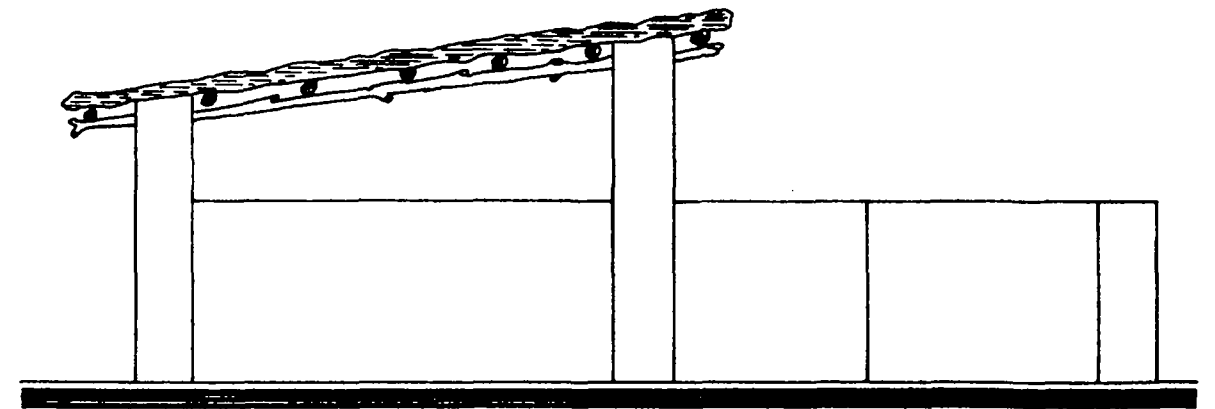
== PLAN-COUCPE-FACADES ==



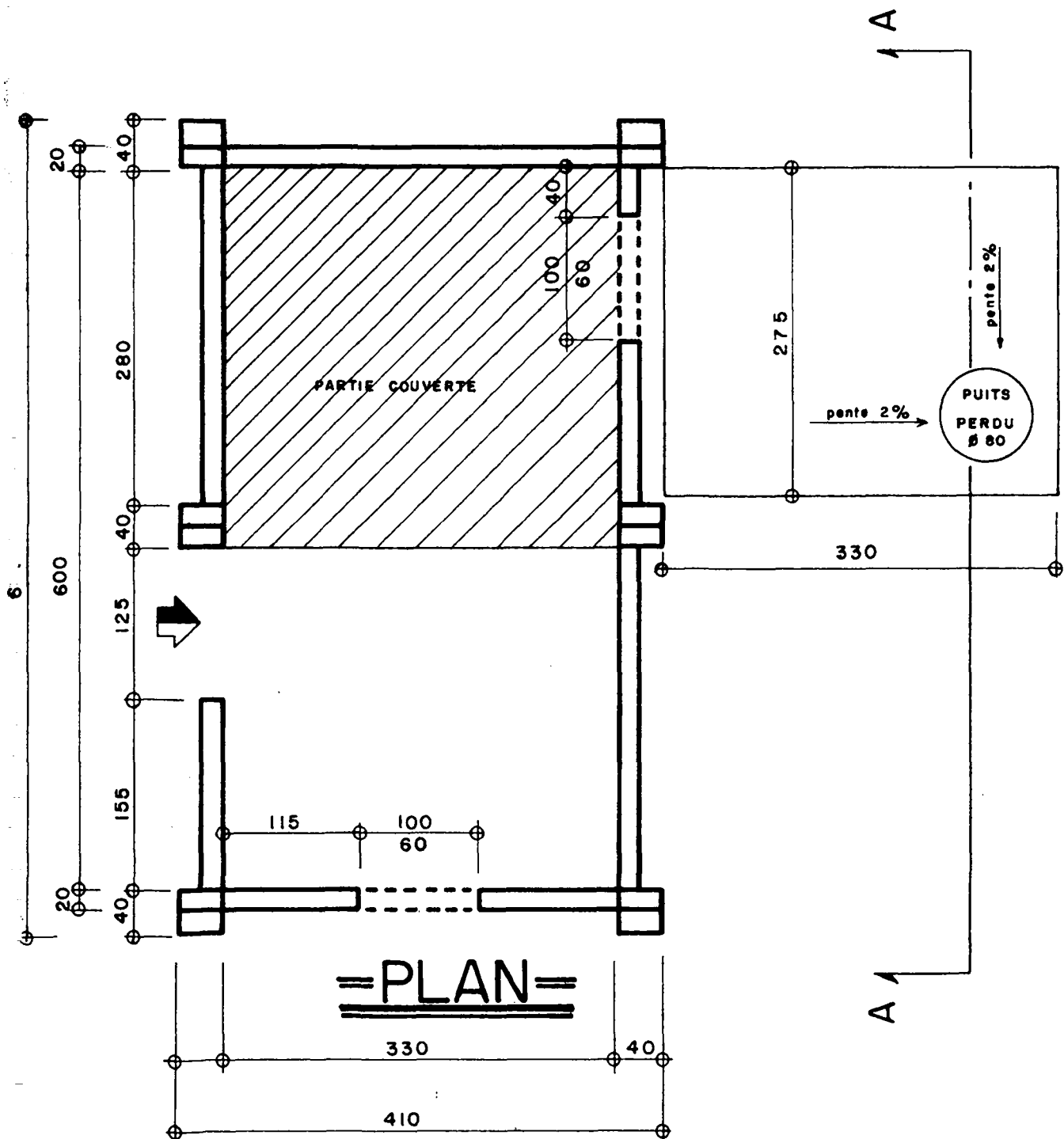
== FACADE NORD ==



== COUPE AA ==



== FACADE OUEST ==



== PLAN ==

PROJET BIOGAZ
ETABLE FUMIERE pour 2 paires de bœufs

== PLAN - COUPE - FACADES ==

77- N N E X E - V -

PRODUCTION DU GAZ

MAINTENANCE DES INSTALLATIONS

DESCRIPTION DES OPERATIONS DE
MAINTENANCE DE L'INSTALLATION

L'alimentation du digesteur comporte 5 postes.

I. POSTE I - FABRICATION DE LA LITIERE PAILLEUSE

II. Production de la litière

Les expérimentations effectuées tendent à montrer qu'un rapport bouse/paille de 1 à 3 est convenable pour réussir la fermentation. Aussi on s'efforcera dans la mesure du possible, de réaliser ces proportions. En prenant comme hypothèse moyenne qu'un boeuf, pendant son temps de stabulation nocturne et diurne produit environ 2 kgs de bouse par jour (en matière sèche), il faudra prévoir que les refus et litières soient de l'ordre de 6 kgs par animal.

I2. Stockage

Ce fumier pailleux sera quotidiennement stocké dans la fosse contiguë à la stabulation.

2. POSTE II - PREFERMENTATION

Avant le remplissage d'une cuve on procédera à la préfermentation aérobie du matériel qu'on veut y introduire.

I) A la fourche, on aérera les déchets stockés dans la fumière.

2) On humidifiera et maintiendra l'humidité durant 3 à 4 jours. Au cours de cette période on constatera un réchauffement du tas.

3. POSTE III - REMPLISSAGE DE LA CUVE ET FERMETURE

I) Remplissage

La cuve aura été précédemment vidée et la moitié de son volume environ sera occupé par le jus de la fermentation précédente.

On effectuera ensuite le chargement de la cuve à l'aide de fumier préfermenté.

Pour permettre un meilleur dégagement du gaz, on placera au centre de la cuve un fagot d'une dizaine de pailles de sorgho, mil ou maïs qui servira de cheminée d'évacuation pour le biogaz.

Une fois que la cuve sera remplie jusqu'au niveau de pose de la grille, on tassera au pied son contenu puis on complètera le chargement.

Une fois le remplissage terminé, on effectuera la pose de la grille de maintien en immersion puis on procédera au remplissage de la cuve avec de l'eau jusqu'à ce que le liquide arrive au niveau de la grille.

2) Fermeture

- Pose du couvercle :

On placera le couvercle dans le joint hydraulique et on le fixera. On remplira ensuite le joint hydraulique jusqu'à un pouce du bord.

- Branchement de la cuve :

Après avoir rempli le joint hydraulique, on reliera la cuve avec le reste de l'installation en branchant le tuyau de raccordement puis en ouvrant la vanne.

Si le gazomètre est rempli de gaz, la mise en pression de la cuve se traduira par une remontée ou un léger débordement dans le joint hydraulique.

4. POSTE IV - OPERATION DE MAINTENANCE DURANT LA PERIODE DE PRODUCTION

La maintenance se résume à des opérations de contrôle :

- Contrôle du niveau de l'eau dans le joint hydraulique. Le joint hydraulique doit rester plein.
- Contrôle du niveau de l'eau dans les points bas. L'installation comporte 2 points bas (voir détail plan de l'installation).

On veillera à ce que le tube U du point bas soit toujours rempli d'eau.

5. POSTE V - VIDANGE DE LA CUVE

Suivant le planning de gestion des installations on procédera à la vidange de la cuve.

Pour cela on fermera la vanne de raccordement, débranchera le tuyau souple de branchement et siphonnera le contenu du joint hydraulique avant de pouvoir retirer le couvercle.

.../...

Une fois la grille de maintien en immersion retirée, les pailles ont tendance à flotter, facilitant ainsi leur enlèvement à la fourche.

Les matières retirées de la cuve seront ensuite acheminées vers la fosse de finition.

77- N N E X E - VI -

77-)EVIS ESTIMATIF DETAILLE

DE L'INSTALLATION BIOGAZ

DEVIS QUANTITATIF ET ESTIMATIF DETAILLE
DE L'INSTALLATION BIOGAZ

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Nbre	Montant
I. DIGESTEUR					
- Fouilles	m3	6.6	400	4	10 560
- Sable	m3	1.0	2 250	4	9 000
- Gravillon	m3	2.0	2 250	4	18 000
- Ciment CPA 325	T	0.7	36 240	4	101 472
- Treillis soudés	M2	13.0	1 305	4	67 860
- Grilles quadrillées 15x15	u	1.0	26 080	4	104 320
- Couvercle	u	1.0	74 830	4	299 320
- Système de fixation de la grille de maintien en immersion	u	3.0	300	4	3 600
- Système de maintien en stabilité du couvercle	u	4.0	300	4	4 800
- Tuyau plastique à pression	m1	1.0	700	4	2 800
- Tube carré de 20x20	m1	6.0	1 695	4	40 680
- Main d'oeuvre pour la construction	m3	2.0	15 240	4	121 920
					784 332
II. GAZOMETRE					
- Fouilles	m3	6.0	400	I	2 400
- Sable	m3	1.0	2 250	I	2 250
- Gravillon	m3	2.0	2 250	I	4 500
- Treillis soudés	m2	12.0	1 305	I	15 660
- Ciment CPA 325	T	0.6	36 240	I	21 744
- Cloche métallique de 3 mm	u	1.0	171 884	I	171 884
- Axe central	u	1.0	22 500	I	22 500
- Robinet de 1/2"	u	1.0	2 000	I	2 000
- Tuyau plastique à pression	m1	1.5	700	I	1 050
- Main d'oeuvre construction	m3	1.7	15 240	I	25 908
					269 869
III. CONDUITES ET ACCESSOIRES					
- Tube galva de 1/2 pouce	m1	6.0	2 970	7	20 790
- Coude	u	5.0	275		1 375
- Tce	u	7.0	400		2 800
- Mamelon	u	6.0	300		1 800
- Robinet à gaz	u	6.0	2 000		12 000
- Tube galva de 3/4	m1	6.0	4 410	7	30 870
- Point bas en béton	m3	0.3	50 000		15 000
					84 635

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire	Nbre	Montant
IV. <u>INSTALLATION DE COLLECTE ET FINITION DES COMPOSTS.</u>					
- Fouilles	m3	57.40	400		2 957
- Moellon	u	765.0	p.m		p.m
- Ciment CPA 325	T	1.0	36 240		36 240
- Main d'oeuvre construction	m3	3.3	15 240		50 292
					<u>89 489</u>
V. <u>GAZOMETRE PLASTIQUE</u>					
- Bâche en polyvinyl	u	1.0	100 000		100 000
- Tôle de 3 mm	m2	2.4	5 625		13 500
- Tube galva de 1"1/2	ml	17.4	1 367		23 916
- Tube galva de 2"1/2	ml	10.5	1 575		16 250
- Tube galva de 2"	ml	1.7	1 400		22 500
- Soudure					
- Fouilles					
- Sable	m3	0.27	2 250		607
- Gravillon	m3	0.54	2 250		1 215
- Ciment CPA 325	T	0.23	36 240		8 335
- Main d'oeuvre	m3	0.67	15 240		10 210

TOTAL GENERAL : I 417 325 F. CFA

/7-) N N E X E VII

SIMULATION DES IRRIGATIONS SUR LE PERIMETRE

CALENDRIER DES IRRIGATIONS DE S. LOUH SECHE.

FILTRES		oignon	oignon	tomate	tomate	poton de bagre	poton de terre	choux	haricot vert	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	Bassin en eau	Bassin en gel	
Parcelle		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	m3	m3
date	mois																						
31	Decembre																					25	4.8
12																						25	4.5
23																						25	4.5
24																						25	4.5
27																						15	2.7
28																						25	4.5
29																						25	4.5
30																						25	4.5
31																						25	4.5
1	Janvier																					20	3.6
2																						20	3.6
3																						45	2.7
4																						45	2.7
5																						25	4.5
6																						20	3.6
7																						20	3.6
8																						45	2.7
9																						25	4.5
10																						20	3.6
11																						20	3.6
12																						45	2.7
13																						25	4.5
14																						25	4.5
15																						25	4.5
16																						45	2.7
17																						25	4.5
18																						45	2.7
19																						25	4.5
20																						26	4.5
21																						.	.
22																						45	2.7
23																						25	4.5
24																						20	3.6
25																						20	3.6
26																						.	.
27																						.	.
28																						45	2.7
29																						45	2.7

RELEVÉ DES CONSOMMATIONS DE SAISON D'ÉTÉ.

CHIFFRES		algues	algues	tomate	tomates	potée de terre	potée de terre	choux	haricot vert	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	maïs	besoins en eau m ³	besoins en gaz m ³	
N° Parcelle		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
date	mois																							
30	Janvier																							
31	Janvier																							
1	Janvier																							
2	Janvier																							
3	Janvier																							
4	Janvier																							
5	Janvier																							
6	Janvier																							
7	Janvier																							
8	Janvier																							
9	Janvier																							
10	Janvier																							
11	Janvier																							
12	Janvier																							
13	Janvier																							
14	Janvier																							
15	Janvier																							
16	Janvier																							
17	Janvier																							
18	Janvier																							
19	Janvier																							
20	Janvier																							
21	Janvier																							
22	Janvier																							
23	Janvier																							
24	Janvier																							
25	Janvier																							
26	Janvier																							
27	Janvier																							
28	Janvier																							
29	Janvier																							
30	Janvier																							
31	Janvier																							
1	février																							
2	février																							
3	février																							
4	février																							
5	février																							
6	février																							
7	février																							
8	février																							
9	février																							
10	février																							
11	février																							
12	février																							
13	février																							
14	février																							
15	février																							
16	février																							
17	février																							
18	février																							
19	février																							
20	février																							
21	février																							
22	février																							
23	février																							
24	février																							
25	février																							
26	février																							
27	février																							
28	février																							
29	février																							
30	février																							
31	février																							
1	mars																							
2	mars																							
3	mars																							
4	mars																							
5	mars																							
6	mars																							
7	mars																							
8	mars																							
9	mars																							
10	mars																							
11	mars																							
12	mars																							
13	mars																							
14	mars																							
15	mars																							
16	mars																							
17	mars																							
18	mars																							
19	mars																							
20	mars																							
21	mars																							
22	mars																							
23	mars																							
24	mars																							
25	mars																							
26	mars																							
27	mars																							
28	mars																							
29	mars																							
30	mars																							
31	mars																							
1	avril																							
2	avril																							
3	avril																							
4	avril																							
5	avril																							
6	avril																							
7	avril																							
8	avril																							

//-) N N E X E VIII

VALEUR AGRONOMIQUE DES COMPOSTS ANAEROBIES

I - VALEUR AGRONOMIQUE DES RESIDUS DE FERMENTATIONS A LA SORTIE DES CUVES

Un essai au champ a été mis en place en 1979 et 1980 dans le cadre du programme Biogaz-compost mené par le CIEH.

Cet essai, réalisé par l'agence I.R.A.T. de Haute-Volta, avait été implanté en 1979 sur niébé. On avait constaté que les composts avaient un léger effet dépressif sur cette culture, ce qui montre leur caractère peu évolué du point de vue maturité.

En 1980, les mêmes quantités de compost ont été appliquées avec plusieurs doses d'azote pour pallier aux effets dépressifs. Il ressort de ces résultats (voir tableau ci-dessous) qu'en dehors de l'effet azoté, les composts n'ont pas un effet très net sur les rendements en sorgho. Cela est lié aux faibles quantités utilisées. On constate néanmoins une baisse de rendement quand ces composts sont enfouis sans engrais azotés. Par contre, avec 40 unités d'azote, l'incorporation au sol de 5T/ha de compost soit annuellement ou tous les 2 ans semble être intéressante.

- Rendement en kg/ha de sorgho S6 en 1980

		Sans azote	40kg/ha azote	80kg/ha azote
Témoin		3218	3300	3408
2,5 T/ha compost	Apport annuel	3179	3737	3294
	Apport tous les 2 ans	2709	3460	3368
5 T/ha compost	Apport annuel	3122	3664	3485
	Apport tous les 2 ans	3210	3628	3172

II. FINITION AEROBIE DES RESIDUS DE FERMENTATION

2I. Analyse chimique des résidus de fermentation comparaison avec d'autres amendements organiques

L'analyse chimique montre que les résidus de la fermentation ont un rapport C/N élevé assez proche de celui des pailles. Ceci montre qu'ils ne sont pas très évolués et explique les effets dépressifs constatés dans les essais au champ.

.../...

- Éléments totaux kg/T d'amendement (source IRAT HAUTE VOLTA)

Nature	Composition	C	N	C/N	P	K	Ca	Mg
Pailles		394	4,2	93	0,6	7,7	2,4	1,9
Fumier		217	14,7	15	2,4	16,2	10,8	4,9
Compost aérobie		325	7,6	43	0,9	8,0	3,3	3,0
Compost anaérobie		422	5,2	81	0,7	2,7	3,0	0,6

22. Finition aérobie

La comparaison au champ de ces différents amendements met nettement en évidence l'intérêt du compostage aérobie.

- Comparaison au champ des différents amendements

Rendement kg/ha sorgho grain E 35-I

(source IRAT HAUTE VOLTA)

Amendement	Azote	Sans azote	60 kg/ha azote
Témoin		1831	2796
Paille 10 T/ha		1652	3427
Fumier 10T/ha		2409	3591
Compost aérobie 10T/ha		2505	3608
Compost anaérobie 10T/ha		2304	3601

Ainsi on a été amené à préconiser une finition aérobie des résidus de la fermentation pour améliorer leur valeur agronomique (finition en fosse fumière).

Les premiers essais sont encourageants et montrent qu'en 50 jours la dégradation est déjà bien avancée.

De nouveaux travaux seront prochainement réalisés pour mieux évaluer les potentialités de cette technologie.

// -) N N E X E - IX

 OBSERVATIONS PREVUES AU COURS

DU SUIVI DE L'EXPLOITATION

BIOGAZ-COMPOST / PETITE IRRIGATION

Afin de mieux cerner les différents paramètres agroéconomiques de l'exploitation et d'être en mesure d'extrapoler les résultats, un suivi assez précis des cultures, de l'irrigation et de la gestion des installations biogaz sera effectué.

I. OBSERVATIONS PREVUES EN CULTURE SECHE.

- Observations sur 6 placettes de 20 m² chacune placée sur chaque culture.
- Relevé des temps de travaux.
- Prélèvement de sol avant labour et épandage d'engrais.
- Quantité de compost apporté par hectare.
- Date de labour.
- Profondeur du labour.
- Date de semis.
- Date de levée.
- Date des sarclobinages.
- Date du buttage.
- Présence de parasites ou de maladies et date des traitements.
- Date de récolte.
- Pesée en panicules, gousses, épis.
- Pesée en grain.
- Comptage de 1 000 grains.
- Prélèvement de sol en fin de cycle.

2. OBSERVATIONS PREVUES SUR LES CULTURES IRRIGUEES

Du même type de celles effectuées pour les cultures sèches. Les répétitions seront limitées à deux par sol de culture maraichère.

3. SUIVI DE L'IRRIGATION

Suivi journalier de l'irrigation

- temps de pompage
- surfaces irriguées
- problèmes rencontrés.

.../...

4. SUIVI DE L'INSTALLATION BIOGAZ

- relevé du calendrier de gestion des installations
- relevé des temps de travaux.
- volume de gaz utilisé
- problèmes rencontrés.

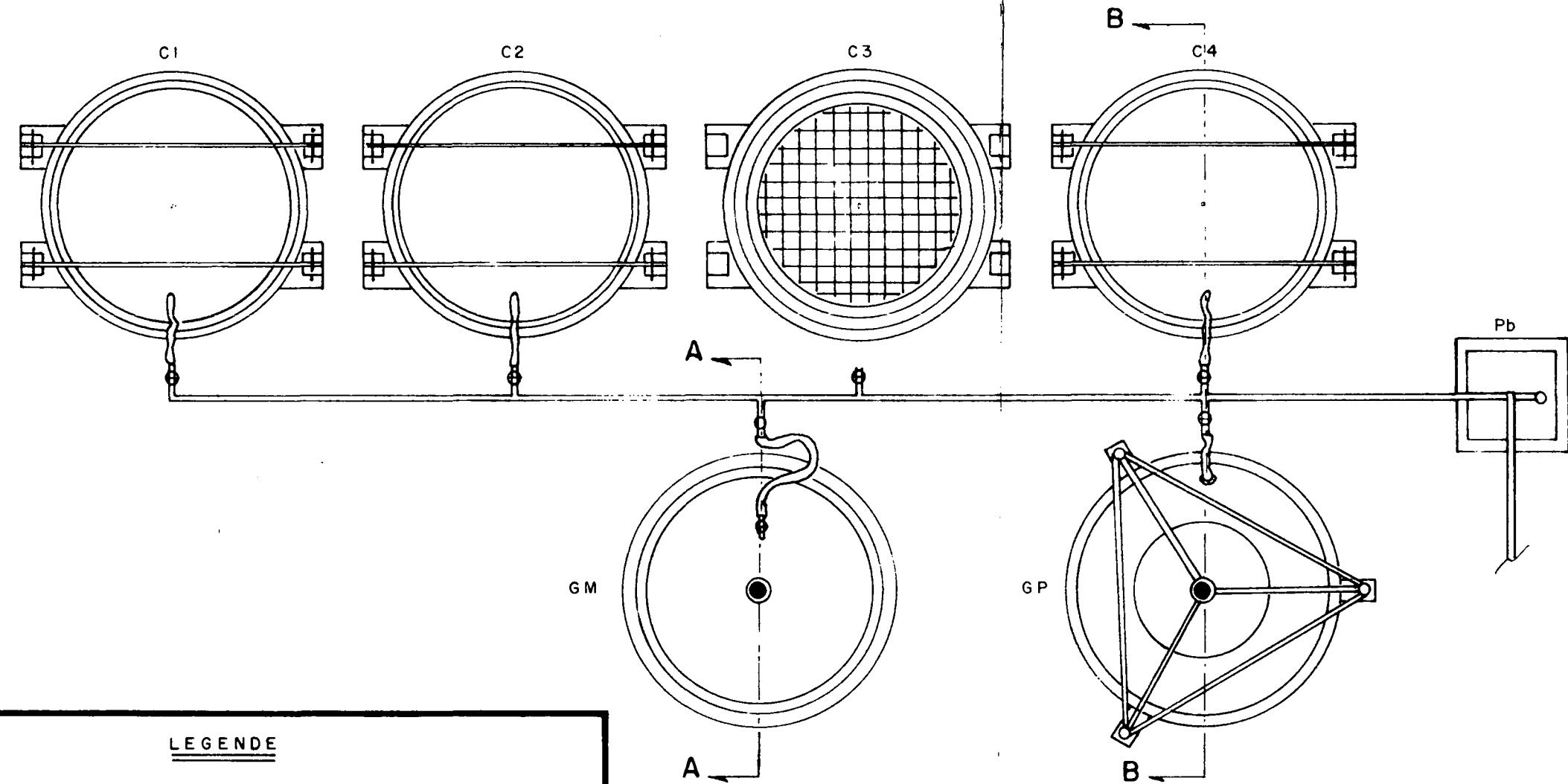
AIO.

(T-)_ N N E X E - X

PLAN DETAILLE DE L'INSTALLATION

INSTALLATION BIOGAZ-COMPOST type petite irrigation

réalisée à Saria/Haute-Volta

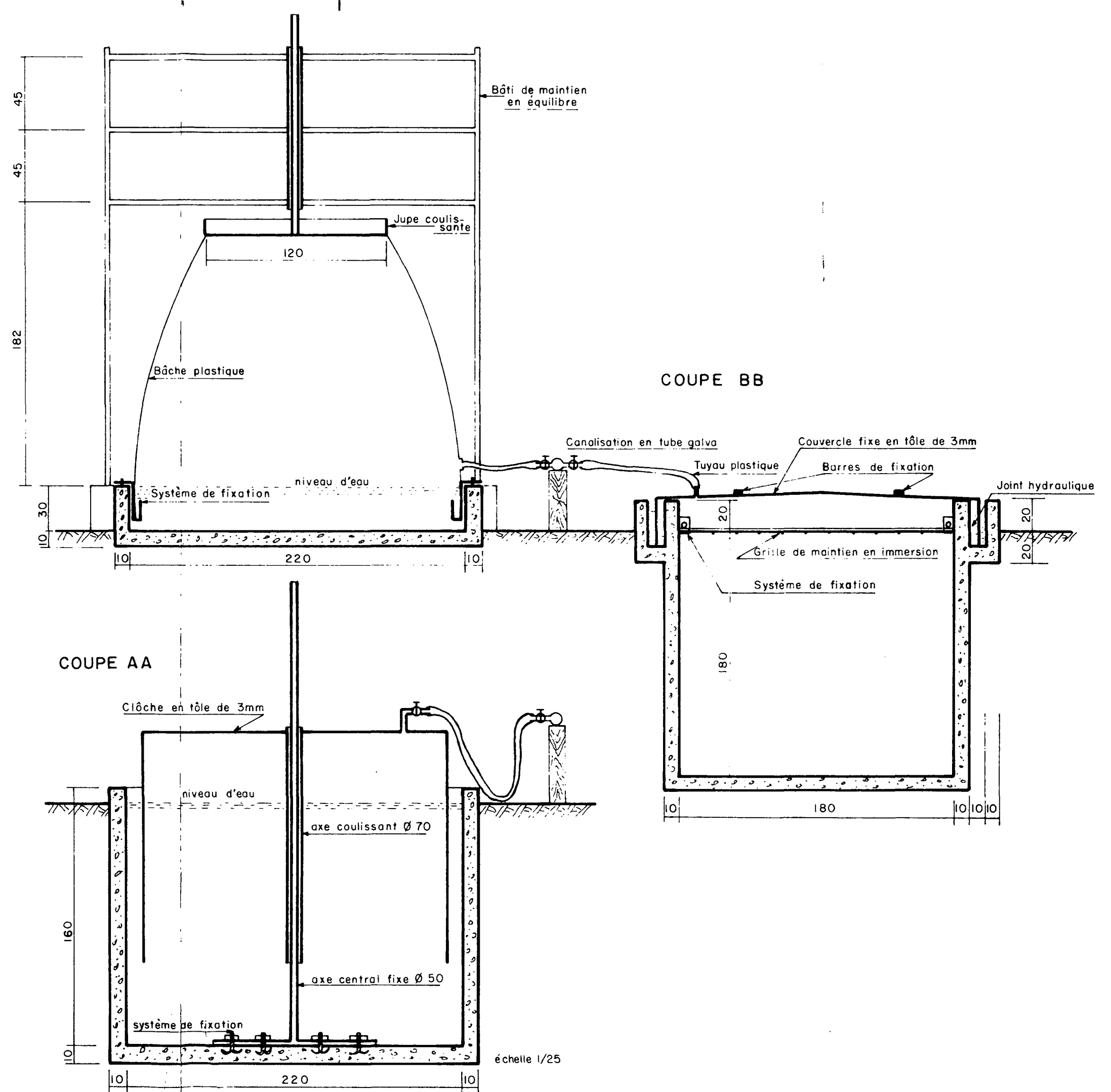


VUE GENERALE DE DESSUS

échelle: 1/50

LEGENDE

- | | |
|----------------|--|
| C1, C2, C3, C4 | cuves de production (digesteurs) |
| GM, GP | gazomètres métallique et plastique |
| Pb | point bas (vidange de l'eau condensée) |
| Bâti | construit en tube galva de 1"1/4 |
| Grille | quadrillage en fer rond de 10, espacé de 15 cm |
| GM | ∅ 200 H=150cm V= 4.71 m ³ |
| GP | tronçônique H=230cm V= 4 m ³ |
| | canalisation en tube galva de 1/2" |
| | robinet de 1/2" |



// -) ___ N N B X E - X I -

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

B I B L I O G R A P H I E

I. BIOMASSE

II. Aspects énergétiques

CHARTIER P.

L'énergie de la biomasse. Extrait de la recherche n° II3
Juillet-Août 1980.

CHARTIER P.

Potentiel énergétique de la biomasse, Décembre 1979.

C.N.E.E.M.A

Travaux et avis du C.N.E.E.M.A. sur la valorisation
énergétique de la biomasse - n°. 460 - Février 1980.

C.O.M.E. S.

Etude et recommandation pour l'exploitation de l'énergie
verte - Comité Biomasse Energie - Mai 1980.

DEMEYER A. JACOB F. JAY M. MENGUY G. PERRIER V.

La conversion bioénergétique du rayonnement solaire et les
biotechnologies, Technique et Documentation, Janvier 1981.

MOLLE J.F.

Compte rendu de mission sur les potentialités de la biomasse
au Sénégal - C.N.E.E.M.A. - Août 1979.

S.E.M.A.

Evaluation des énergies nouvelles pour le développement des
Etats Africains - Collection Technologies et Développement
- 1977.

I2. Disponibilités

AMBIKA SINGH

1975 Use of organic materials and green manures as fertili-
zers in developping countries - in organic materials as
fertilizers FAO Soil bulletin 27P. 19-30.

DREVON J.J.

1978 - Eléments pour une étude des apports de matières
organiques aux sols dans le bassin arachidier du Sénégal.
Doc. ronéo ISRA-CNRA BAMBEY 52 p.

PICHOT J.

Valorisation des déchets agricoles en milieu tropical.
IRAT - Avril 1979.

POULAIN (J.F.)

1977 - Les résidus de culture dans les systèmes culturaux traditionnels de l'Afrique de l'Ouest. Effets sur le bilan minéral et le statut organique des sols. Proposition pour leur meilleure gestion - Comm régional Workshop FAO-SIDA-BUEA CAMEROUN.

SABATIER J.L.

Inventaire des déchets tropicaux susceptibles d'être gazéifiés C.N.E.E.M.A. - C.E.M.A.T. - Mai 1978.

VAN RAAIJ (J.G.T.) - DE LEEUW (P.N.) 1970.

The importance of crop residues as fodder : a resource analysis in Katsina Province - NIGERIA.

Tijdschr econ. soc. geogr. I-137, 147.

II. BIOGAZ :

21. Aspects théoriques

BELAICH J.P.

Aspects fondamentaux de la fermentation de la cellulose. Intervention au CIT-AUPELF-LOME - Janvier 1981.

BUVET RENE

Caractérisation chimique, pouvoir méthanogène et bilan des biomasses disponibles. Intervention au CIT-AUPELF-LOME - Janvier 1981.

ROUSTAN J.L.

Fermentation méthanique des déjections animales et production de biogaz, Janvier 1980.

SALABERT P. VARAGNAT F.

Etude de la valorisation de certains déchets d'abattoirs par la méthanisation et le compostage, Juin 1978.

YAMOGO T. R. - GOMA G.

Bioconversion de déchets cellulósiques tropicaux en méthane et CO₂ par les bactéries du tumeur.

Etudes des cinétiques et des rendements, Février 1980.

22. Etudes générales

BIOMASS ENERGY INSTITUTE

Le fumier, c'est de l'énergie MANITOBA-CANADA - Mai 1978.

Dr. T.D. BISWAS

Biogaz plants - Prospects and limitations - INDE Janvier 1977.

C.N.E.E.M.A.

Le gaz de fumier et le gaz de lisier
Bournas coillard - Mai 1980.

C.N.E.E.M.A.

Production et utilisation du gaz de fumier, Méthane biologique HUU BANG DAO - 1974.

COMMISSION DU PACIFIQUE SUD

Manuel de rentilisation des effluents d'origine animale dans la pacifique Sud 1978.

DUCELLIER-FAUZE

Le méthane biologique - Novembre 1975.

GIDA

Le biométhane à la ferme - 1979.

G T Z

Installation de gaz biologique - Instructions de construction biogaz - biogasteam Bremen.

LAGRANGE B.

Biométhane I et II, EDISUD 1979.

THERY

Le phénomène biogaz en CHINE
Nouvelles de l'écodéveloppement n°7 Décembre 1978.

THERY

Evaluation comparée des programmes biogaz en INDE et en CHINE. Illustration du concept de technologie appropriée à chaque contexte, Mai 1980.

23. Projets et applications

C.I.E.H. - I.R.A.T.

Expérimentation des moyens de production de compost enrichi et d'énergie en milieu rural - Août 1975 - Mars 1977.

C.I.E.H.

La filière biogaz-compost, une contribution à une politique intégrée de gestion des ressources naturelles dans la zone Soudano-Sahélienne - Février 1979.