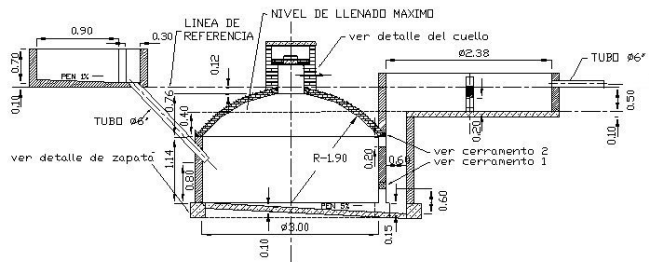


LE BIODIGESTEUR



DOSSIER TECNICO-ECONOMIQUE

D. GAU, S. KLOTZ



CIRAD-EMVT
ANTENNE MARTINIQUE
BP 427
97204 Fort de France cedex



IIP - Instituto de Investigaciones Porcinas
Cuba

AVANT PROPOS

Ce document illustre les différentes phases de la réalisation d'un digesteur d'une capacité de 90 m³, construit à la Martinique en 2001.

Ce chantier, a été réalisé en collaboration avec l'I.I.P. (Instituto de Investigaciones Porcinas) et le C.I.R.A.D.-E.M.V.T. (Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement, département Elevage et médecine vétérinaire).

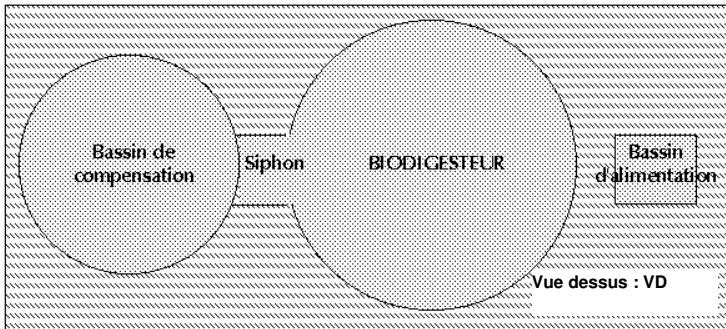
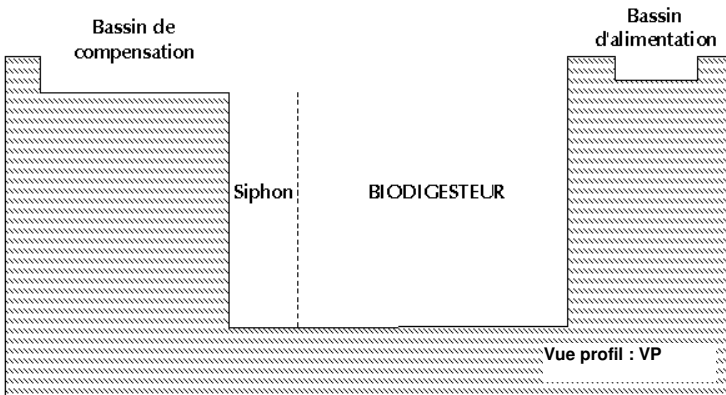
Un ingénieur de l'I.I.P. (Ramon CHAO ESPINOSA), un maçon spécialisé cubain (Ricardo MIRO FRAGA) ainsi qu'un maçon Martiniquais (Hubert BRELEUR), ont contribué pleinement à la réalisation de cet ouvrage.

SOMMAIRE

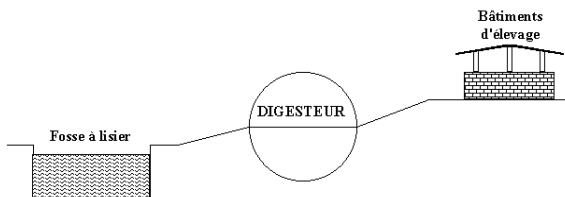
AVANT PROPOS.....	1
SOMMAIRE.....	2
CHAINAGE DE BASE.....	5
PREMIERE PARTIE DU MUR	7
BASE DE LA CUVE	9
PREMIER CHAINAGE	11
DEUXIEME PARTIE DU MUR	13
DEUXIEME CHAINAGE	16
DEBUT DE LA COUPOLE	19
ENDUIT INTERNE DE LA CUVE ET MONTAGE DE LA COUPOLE	21
FIN DE LA COUPOLE	23
CONSOLIDATION, ENDUIT EXTERNE DE LA COUPOLE POSE DU TUYAU D'ALIMENTATION PREPARATION DU BASSIN DE COMPENSATION ET DU CANAL D'EVACUATION	26
PREMIER ETAGE DE LA CHEMINEE	30
CONSTRUCTION DES BASSINS D'ALIMENTATION, DE COMPENSATION ET DU CANAL D'EVACUATION	34
2 ^{EME} ETAGE DE LA CHEMINEE, IMPERMEABILISATON INTERNE DE LA COUPOLE.....	39
JONCTION BASSIN DE COMPENSATION ET CANAL D'EVACUATION	42
FERMETURE ETANCHE DE LA CHEMINEE ET FINITIONS	45
REMBLAI.....	48
COTES DES DIGESTEURS (1) - VUE LATERALE.....	50
COTES DES DIGESTEURS (2)	51
COTES DES DIGESTEURS (1) - VUE SUPERIEURE	52
COTES DES DIGESTEURS (2)	53
COTES DES CHAINAGES (1)	54
COTES DES CHAINAGES (2)	55
COTES DE LA CHEMINEE	56
IMPERMEABILISATION DES MURS ET DE LA COUPOLE	57
COUTS PREVISIONNELS	58

EXCAVATION, TERRASSEMENT

Le choix du lieu de construction doit être réfléchi en fonction de la nature du terrain, du volume du digesteur et de la configuration des bâtiments d'élevage.



- Pour faciliter l'écoulement des déjections animales, le niveau du digesteur doit être situé entre les bâtiments d'élevage et la fosse à lisier. **Un bon choix d'implantation du dispositif va limiter les travaux d'excavation et de nivellement.**



- Le tableau ci-dessous définit la surface de terrain nécessaire pour l'implantation du digesteur (l'aire utile au canal d'évacuation n'est pas prise en compte).

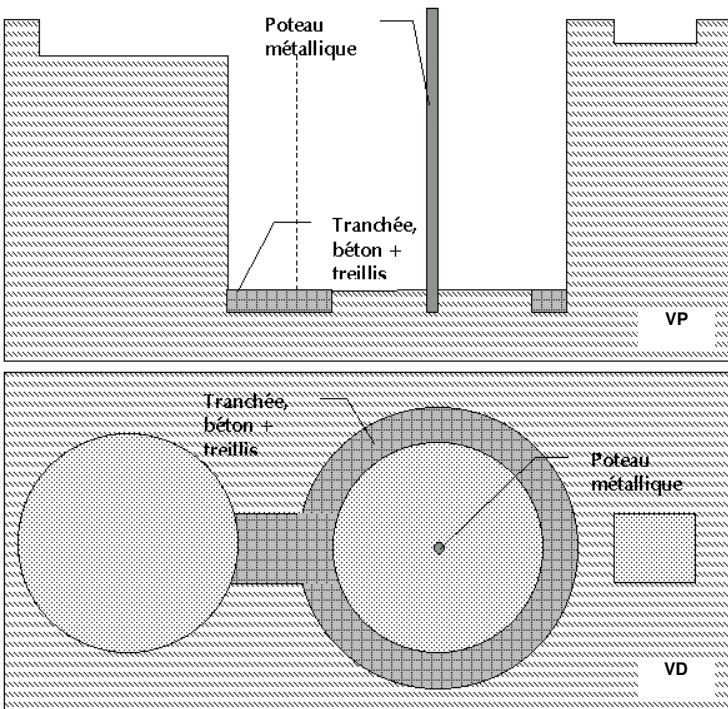
<i>Volume du digesteur (m³)</i>	<i>Surface nécessaire (m²)</i>
4	65
8	90
12	90
48	150
70	170
90	195

Les cotes des différents éléments du digesteur sont précisées pages 51 et 52.

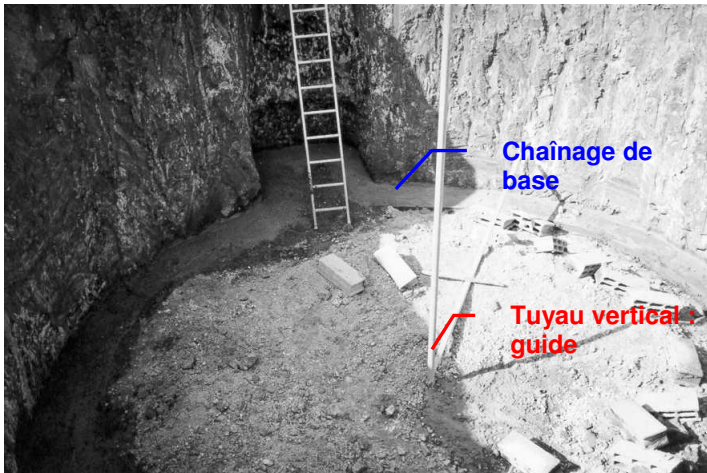
- L'excavation doit prendre en compte les cotes du digesteur + 20 cm.
Lors de la fouille, les emplacements du bassin d'alimentation, du digesteur et du bassin de compensation doivent être alignés.

CHAINAGE DE BASE

Le chaînage de base sert de fondation pour la cuve du biodigesteur.

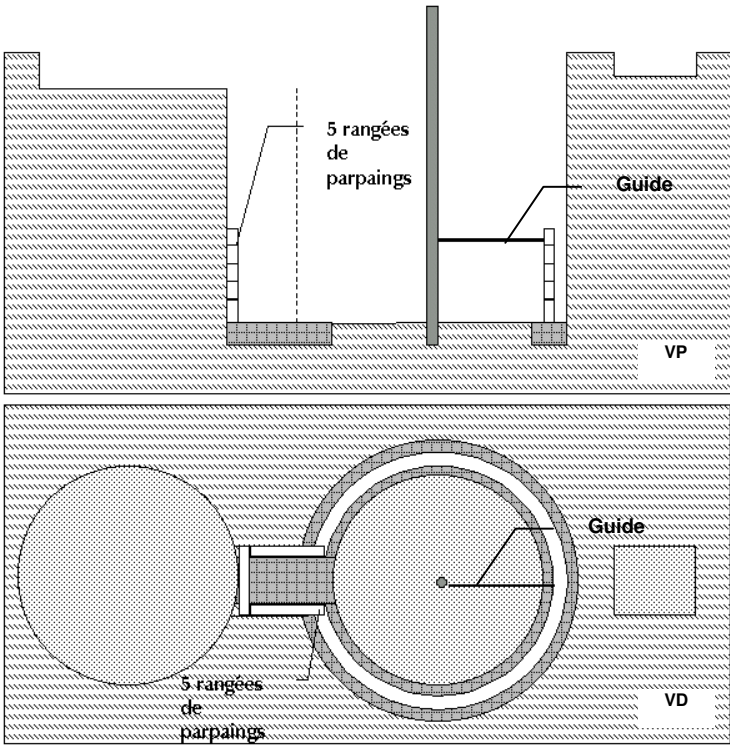


- Un tuyau vertical au centre du trou sert de guide pour creuser une tranchée périphérique circulaire.
- La tranchée creusée accueillera le chaînage de base.
- Les fers à béton sont posés dans la tranchée et le chaînage est coulé.

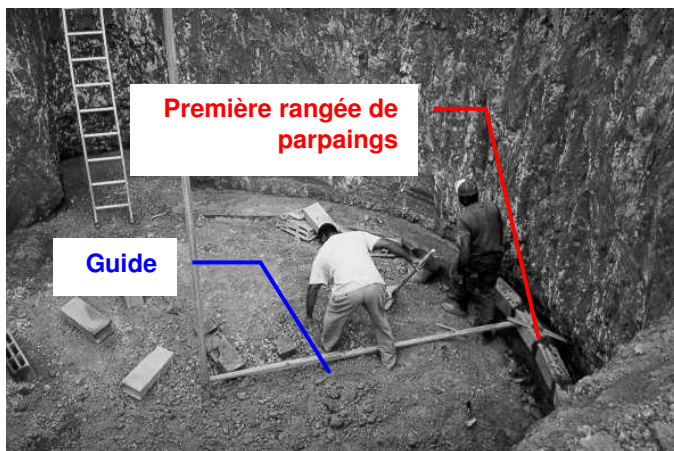


Le chaînage de base

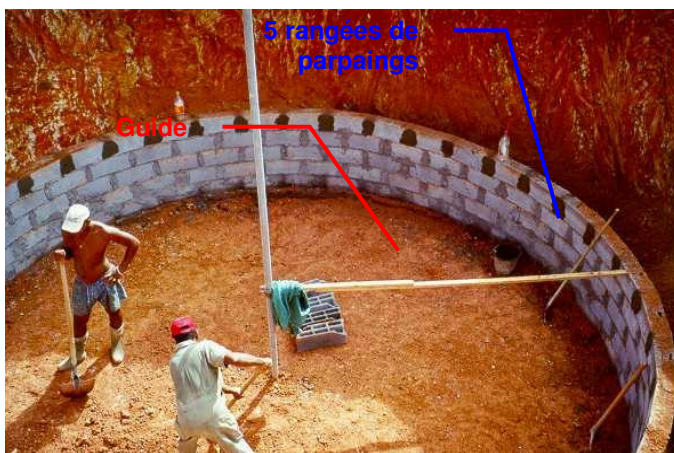
PREMIERE PARTIE DU MUR



- Un premier mur de parpaings est monté en se guidant grâce au tuyau central et à un tasseau horizontal ($r = 3.13$ m).
- La première rangée de parpaings délimite l'emplacement d'une future dalle de béton, (fond du digesteur).
- Les parpaings du mur du digesteur sont montés sur le chaînage afin d'assurer l'intégrité de la cuve.

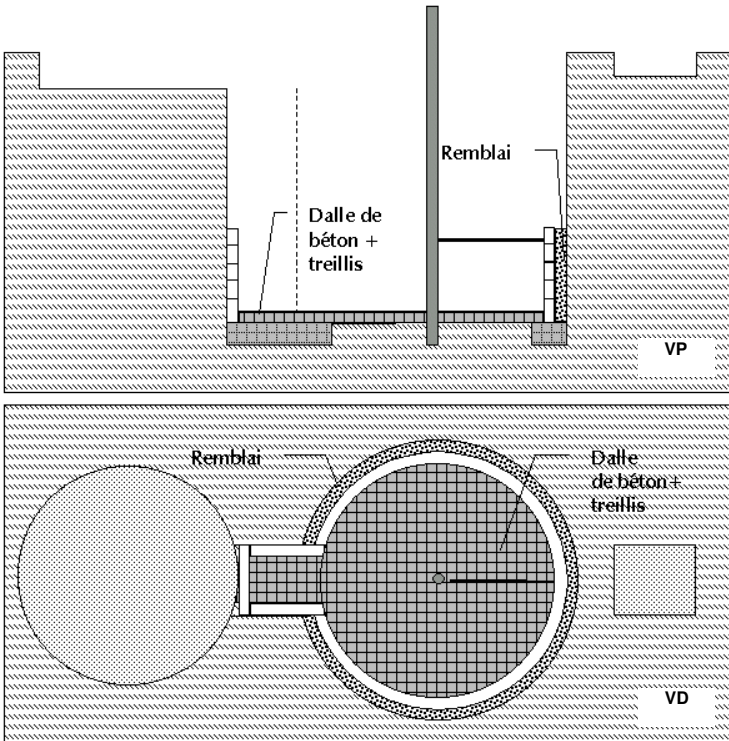


La première rangée de parpaings



La première partie du mur du digesteur

BASE DE LA CUVE

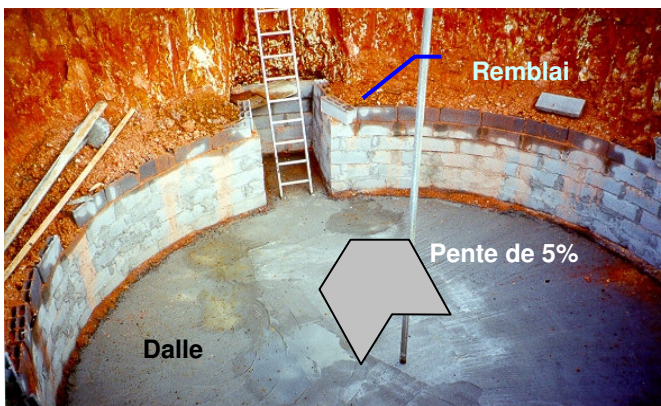


- Les treillis métalliques sont ajustés au fond du trou.



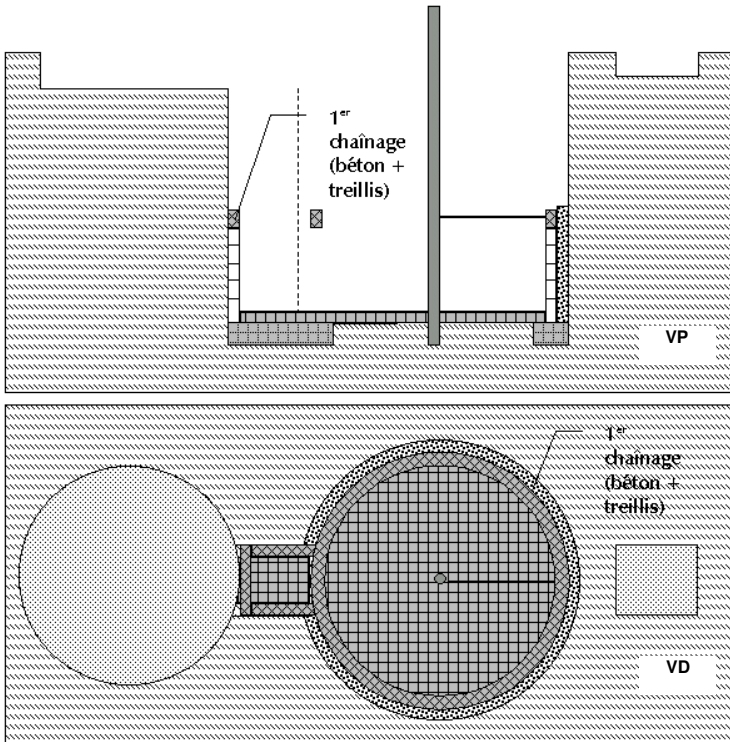
Pose des fers à béton

- La dalle est coulée sur le sol et une partie sur le chaînage de base. Une pente de 5% vers le futur bassin de compensation est nécessaire pour faciliter l'écoulement du lisier
- L'extérieur du mur est remblayé. Il est important d'arroser pendant le remblai, afin de tasser la terre.



Dalle de béton et remblai

PREMIER CHAINAGE

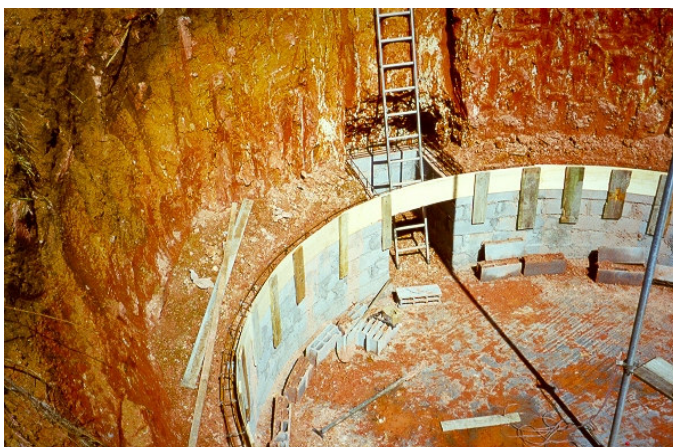


- Les fers à béton du 1^{er} chaînage sont préparés à l'extérieur (Cf. page 53).



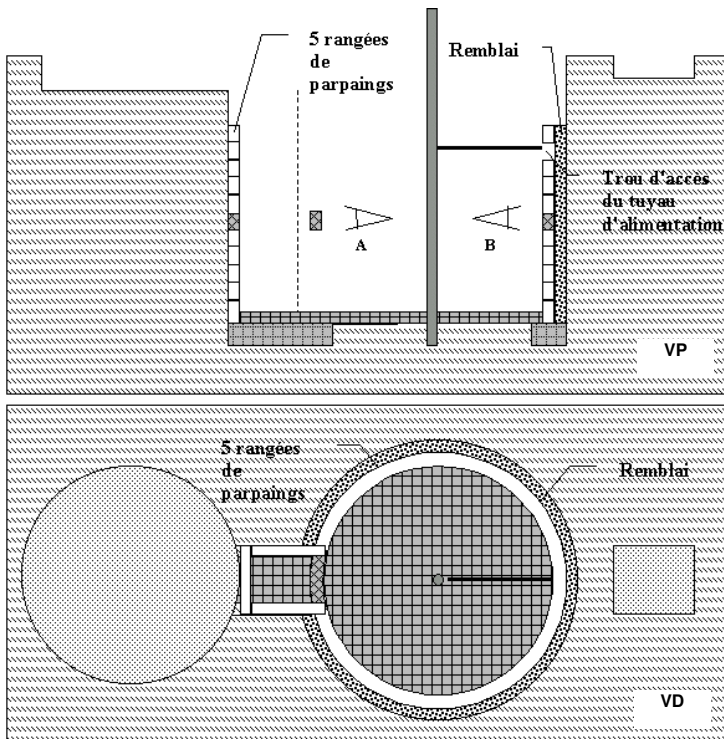
Montage des fers à béton du premier chaînage

- Un coffrage est monté sur le mur. Il faut prévoir la hauteur d'un parpaing (30 à 40 cm).



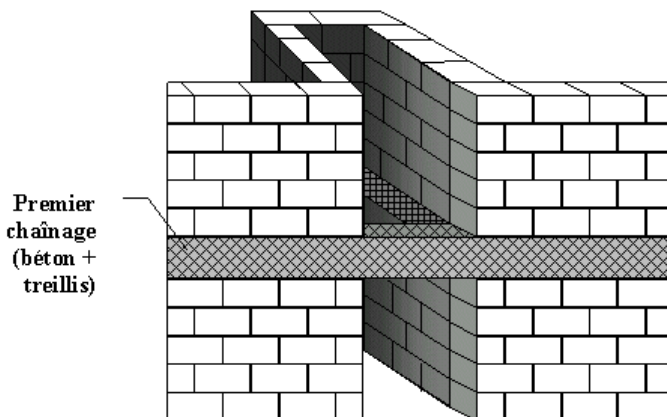
Coffrage du premier chaînage

DEUXIEME PARTIE DU MUR



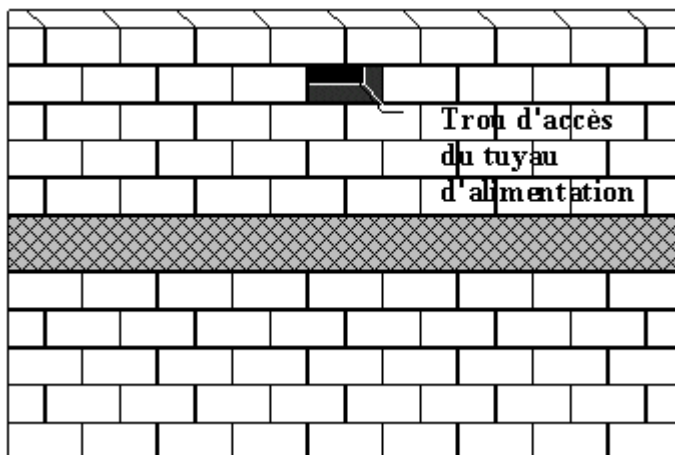
- Le mur n'est pas entièrement monté au-dessus du chaînage, de façon à garder une ouverture maximale du siphon.

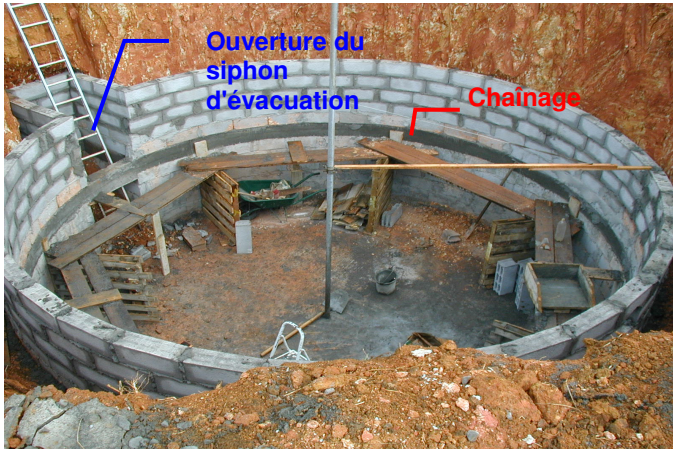
Vue A



- Un trou est percé pour permettre le passage du futur tuyau d'alimentation de la cuve.

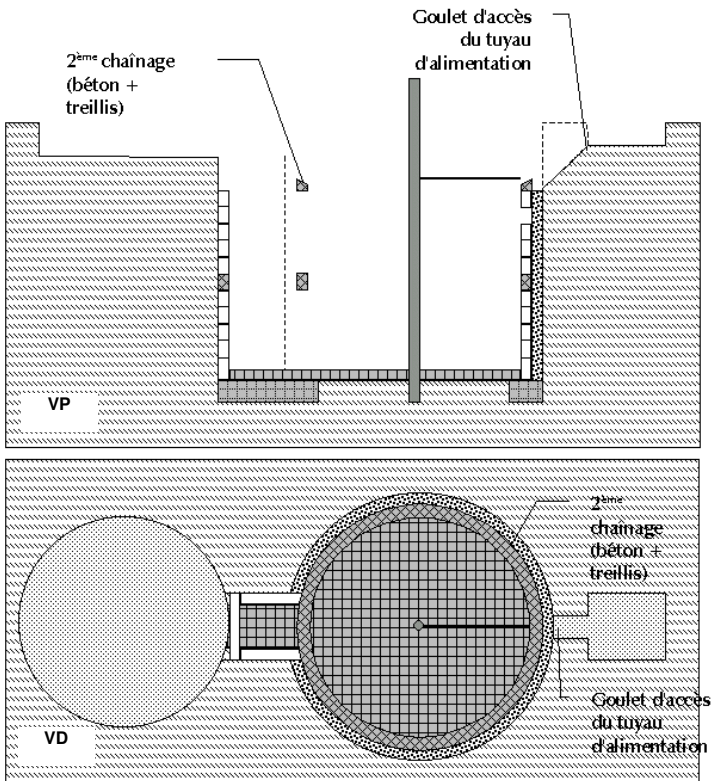
Vue B





Montage de la deuxième partie du mur

DEUXIEME CHAINAGE

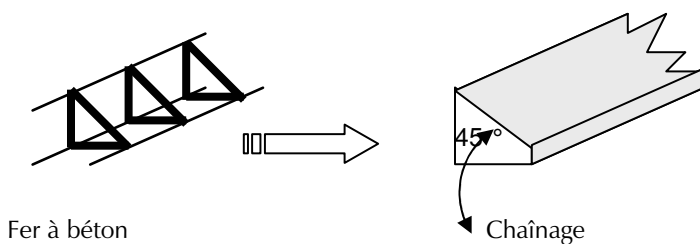


- Les fers à béton et le coffrage du deuxième chaînage sont montés sur le mur de la cuve.

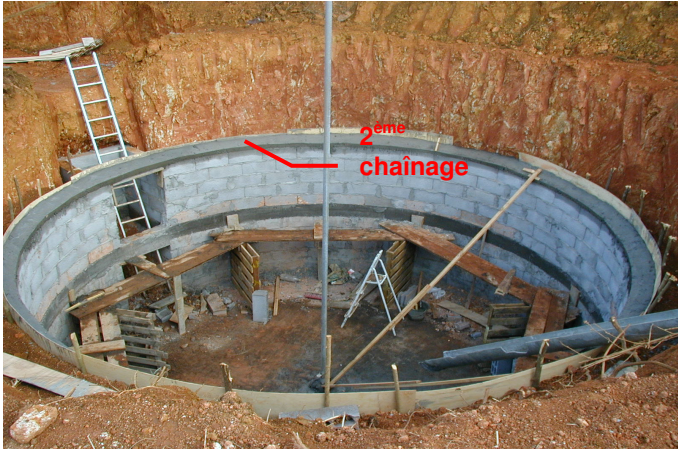


Pose des fers à béton du deuxième chaînage

- Les fers à béton ont une forme triangulaire pour obtenir un chaînage trapézoïdal (Cf. page 53).

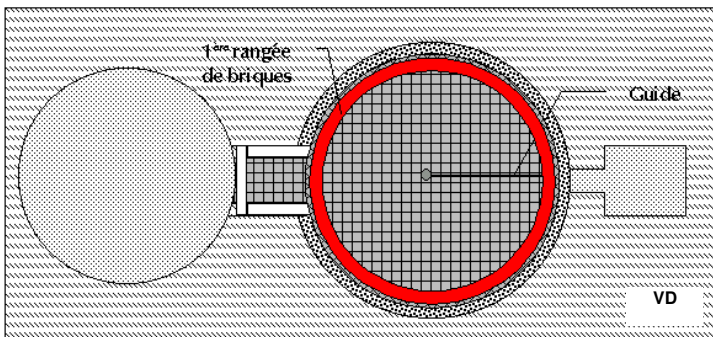
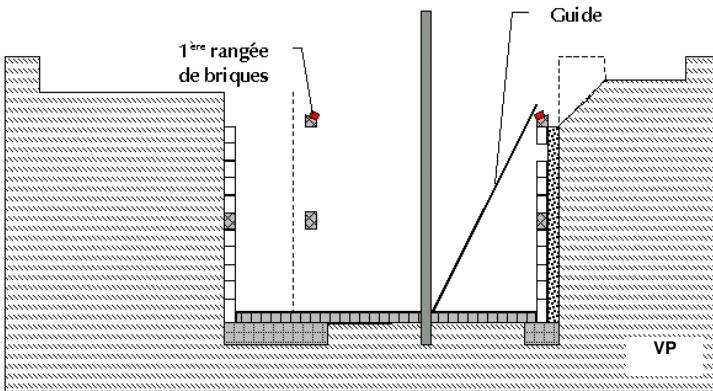


- Un goulet est creusé entre le trou du futur bassin d'alimentation et l'orifice de passage du tuyau d'alimentation.
- Le chaînage est ensuite coulé.

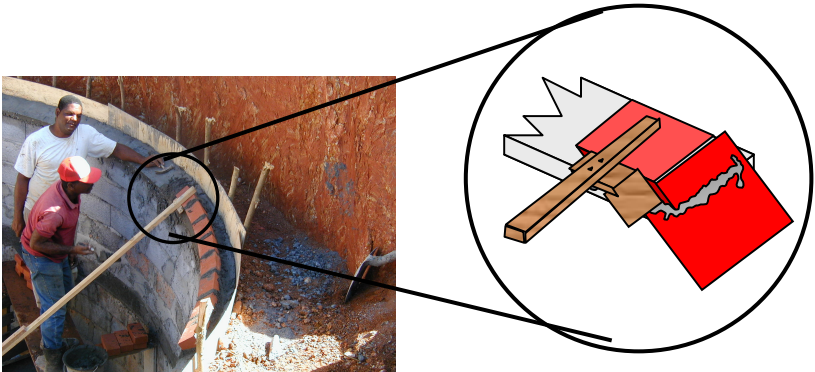


Le deuxième chaînage

DEBUT DE LA COUPOLE

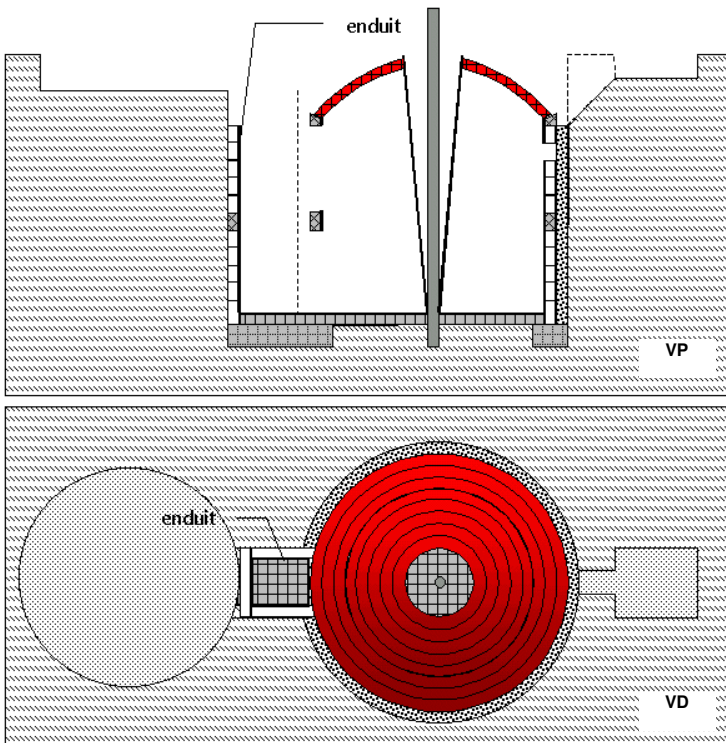


- Une première rangée de briques est posée sur le deuxième chaînage. En attendant que le ciment prenne, les briques sont maintenues par l'intermédiaire d'un guide.



Système de maintien des briques de la coupole

ENDUIT INTERNE DE LA CUVE ET MONTAGE DE LA COUPOLE



- L'enduit est appliqué sur la paroi interne de la cuve.
L'enduit doit être étalé de façon à obtenir des rugosités, futures niches des micro-organismes de la fermentation anaérobie (Cf. page 55).



Passage de l'enduit



Rugosité de l'enduit

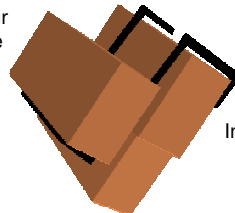
- A partir d'un certain degré d'inclinaison, les briques sont maintenues par un système de fer à béton.



Montage de la coupole

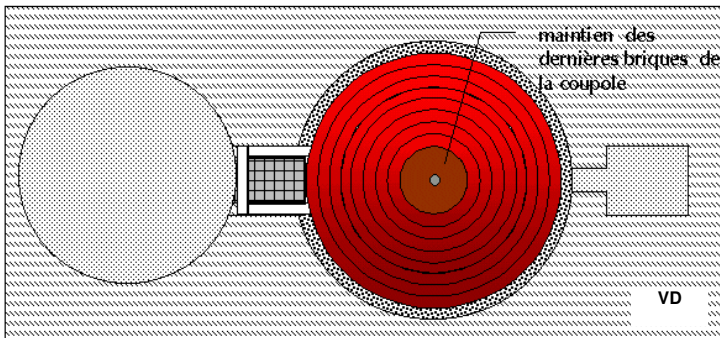
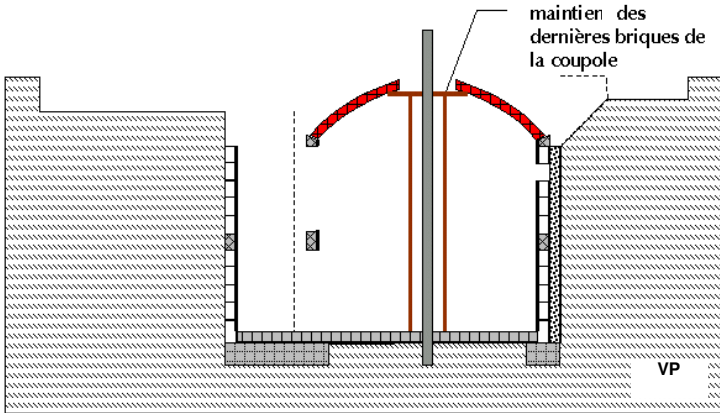


Extérieur
coupole



Intérieur coupole

FIN DE LA COUPOLE



- Pour terminer la coupole, un système spécifique est utilisé pour maintenir les dernières briques disposées verticalement.



Système interne de maintien des dernières briques



Système externe de maintien des dernières briques

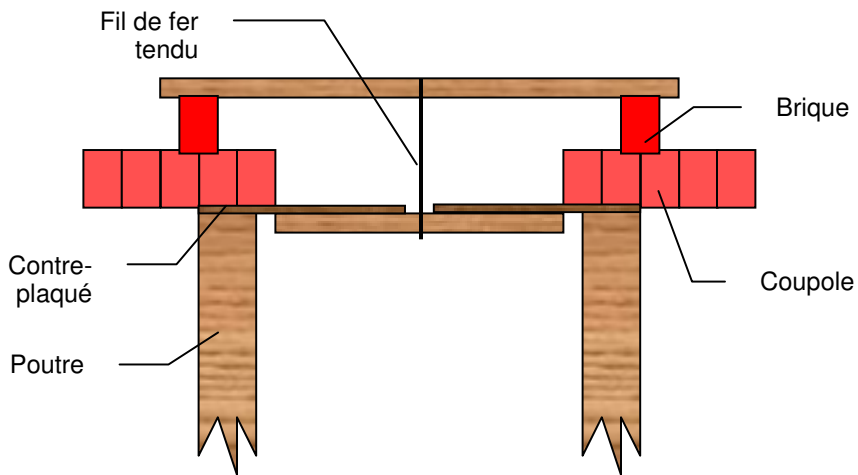
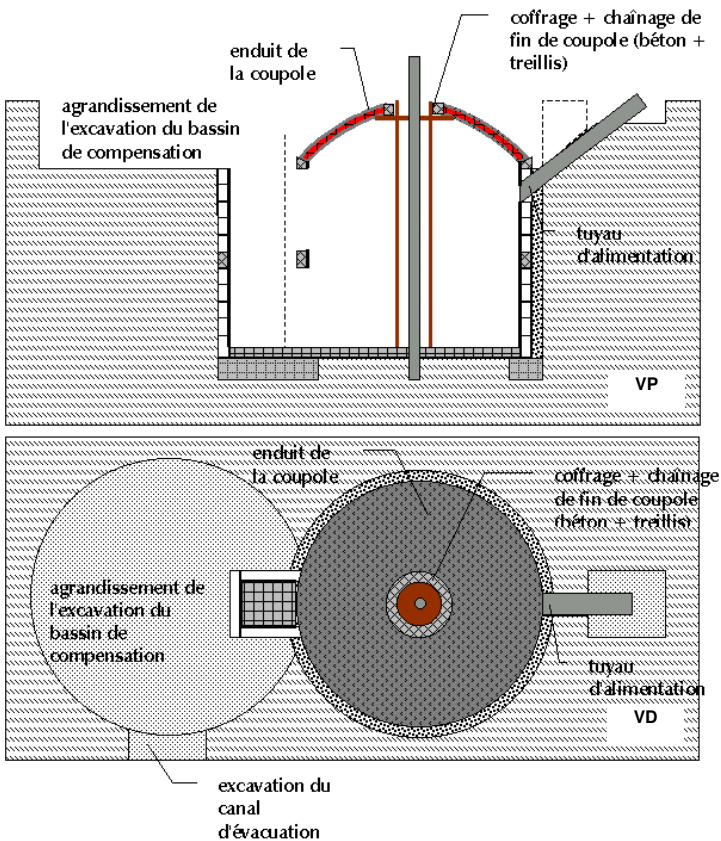


Schéma du système de maintien de la coupole

**CONSOLIDATION, ENDUIT EXTERNE DE LA
COUPOLE
POSE DU TUYAU D'ALIMENTATION
PREPARATION DU BASSIN DE
COMPENSATION ET DU CANAL
D'EVACUATION**



- Un anneau de béton est posé pour maintenir les dernières briques et consolider la coupole.



Anneau de consolidation

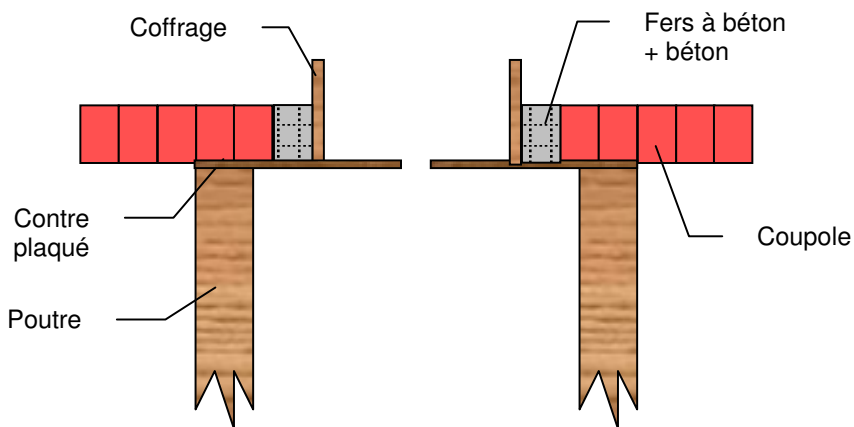


Schéma de l'anneau de consolidation

- L'enduit est appliqué sur la coupole (Cf. page 55).



Coupole enduite

- Pose du tuyau d'alimentation. Passage dans le goulet et l'orifice de la cuve prévu à cet effet. Mise en place d'un joint tuyau-cuve (mortier étanche).



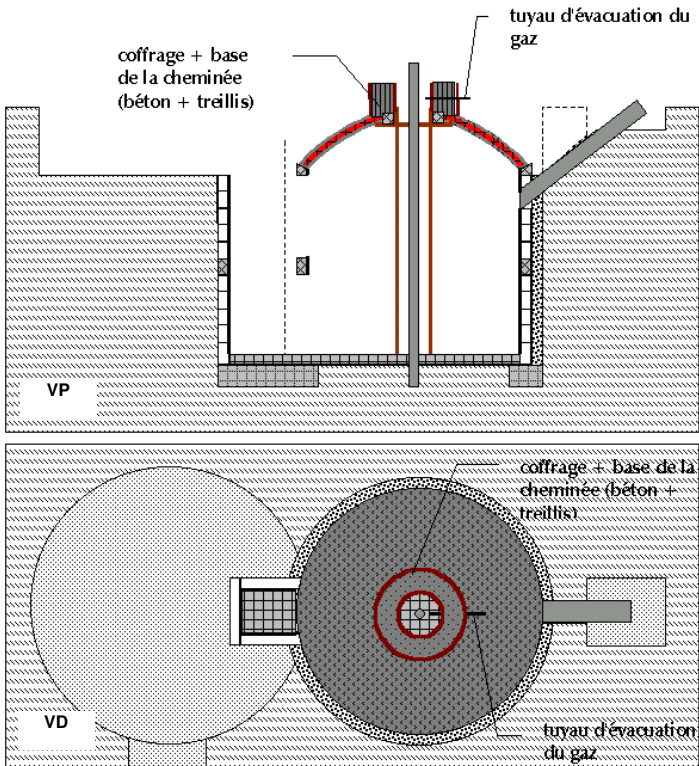
Pose du tuyau d'alimentation

- Terrassement de la zone d'implantation du bassin de compensation et du canal d'évacuation du lisier.



Excavation du bassin de compensation et du canal d'évacuation

PREMIER ETAGE DE LA CHEMINÉE



- Le coffrage de la première partie de la cheminée est placé sur l'anneau de consolidation ainsi que sur une partie de la coupole (Cf. page 54).
- Le tuyau d'évacuation du biogaz est positionné au travers du coffrage.
- Le béton est coulé dans le coffrage.

Lors de la confection de l'anneau de consolidation, deux fers à béton sont positionnés, sur lesquels deux anneaux de fer sont fixés.

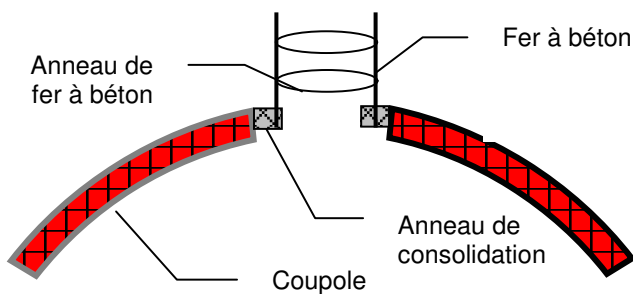
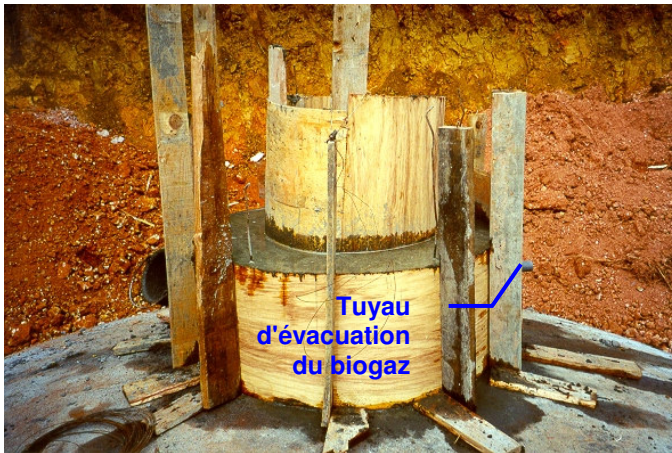
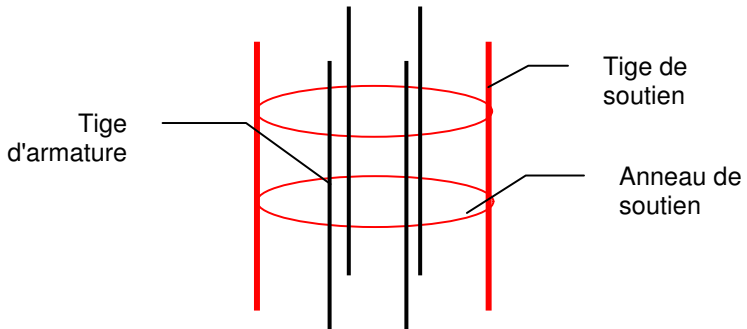


Schéma de l'armature de la cheminée

Sur ces 2 anneaux, 4 tiges de fer à béton sont fixées pour composer l'armature de la cheminée.



Premier étage de la cheminée

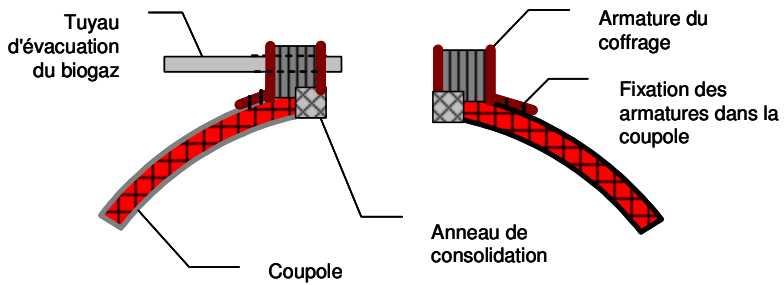
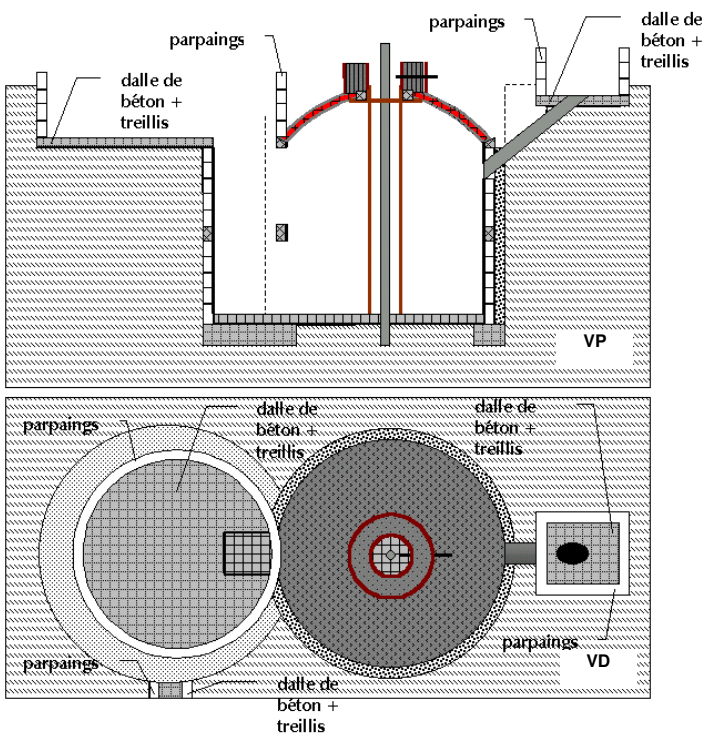


Schéma du premier étage de la cheminée

CONSTRUCTION DES BASSINS D'ALIMENTATION, DE COMPENSATION ET DU CANAL D'EVACUATION



- La dalle du bassin d'alimentation délimitée par quelques parpaings est coulée autour du tuyau d'alimentation sur une plaque de contreplaqué. Prévoir une pente de 1% pour permettre l'écoulement du lisier vers le tuyau d'alimentation. Une fois la dalle sèche, le tuyau d'alimentation est scié à niveau et le mur de parpaing est monté.



Dalle du bassin d'alimentation

- Avant de couler la dalle du bassin de compensation, un coffrage est mis en place au niveau de l'orifice du siphon.

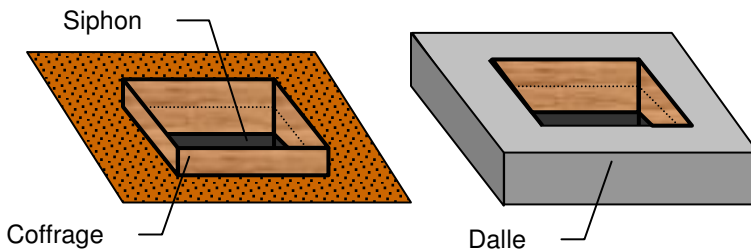
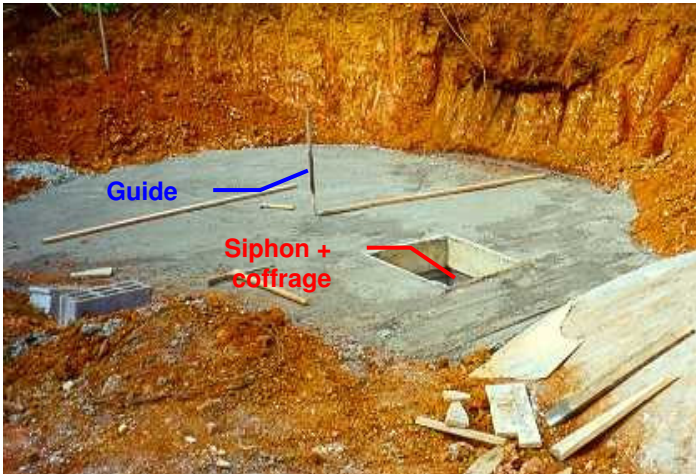


Schéma de l'ouverture du siphon de compensation



Dalle du bassin de compensation

- 4 rangées de parpaings sont montées sur la dalle en béton, en s'appuyant sur un guide positionné au centre du bassin de compensation.



Le bassin de compensation

- La base du canal est coulée après la pose de fers à béton. Prévoir également une pente pour faciliter l'écoulement du lisier traité.



Dalle du canal d'évacuation

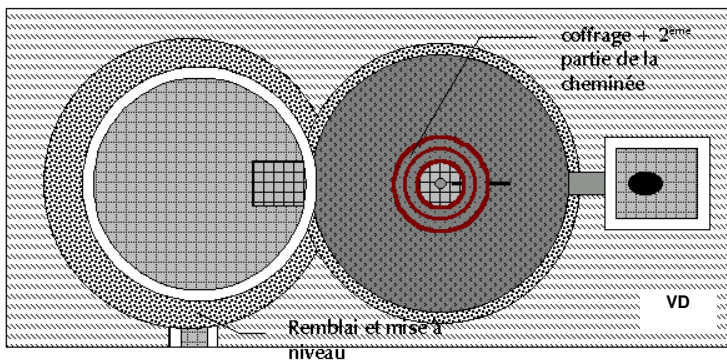
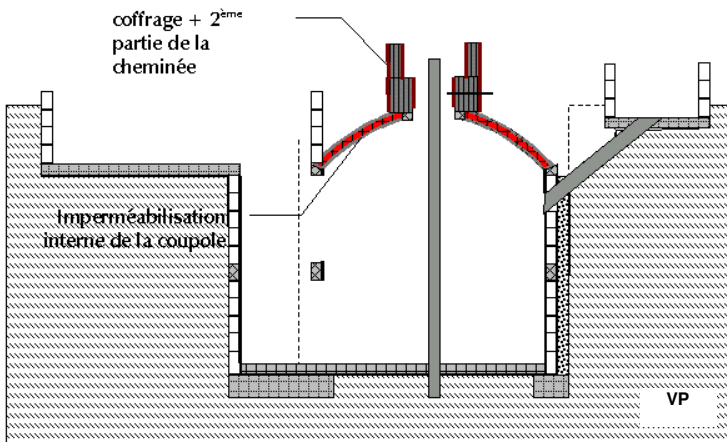
- 2 rangées de parpaings sont montées sur la dalle en béton.



Le canal d'évacuation

Une alternative intéressante consiste à installer un tuyau d'évacuation à la sortie du bassin de compensation, plutôt que de construire un canal.

2ème ETAGE DE LA CHEMINÉE, IMPERMEABILISATION INTERNE DE LA COUPOLE



- Le coffrage du deuxième étage de la cheminée est monté sur la moitié externe du premier étage. Le béton est coulé après la pose de fers à béton (Cf. page 54).

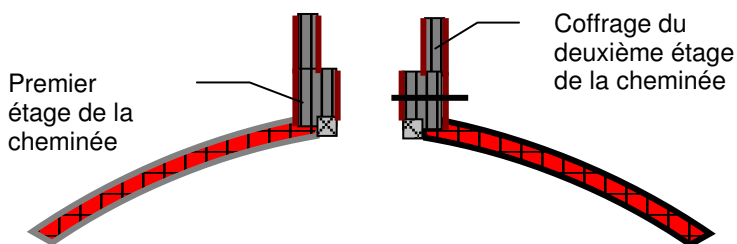


Schéma du deuxième étage de la cheminée

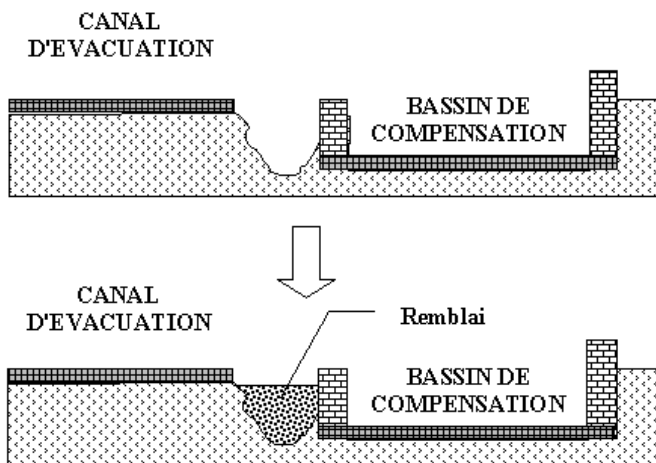
Une fois la cheminée sèche, le coffrage est démonté et une pâte pure étanche (ciment + eau + imperméabilisant) est appliquée sur tout le pourtour pour boucher les trous de fixation.

- L'enduit est passé à l'intérieur de la coupole (Cf. page 55).

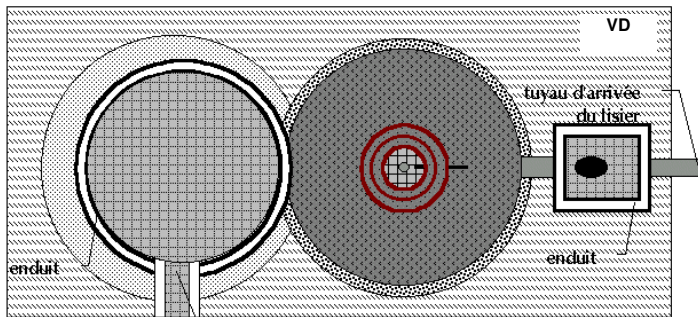
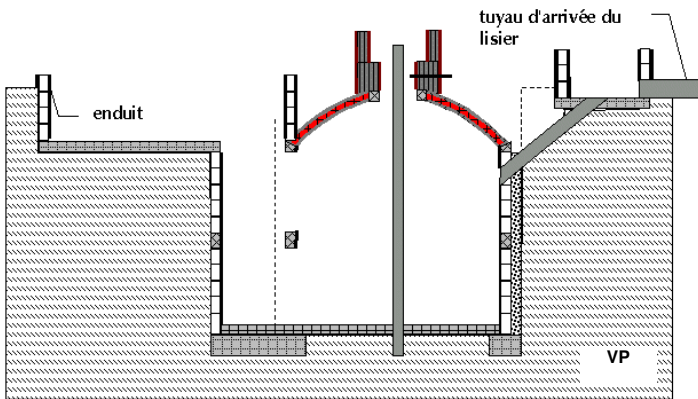


Application de l'enduit à l'intérieur de la coupole

- Le fossé entre le canal d'évacuation et le bassin de compensation est remblayé et mis à niveau

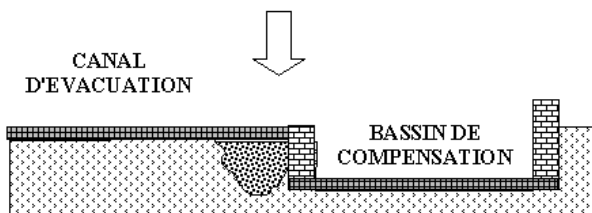
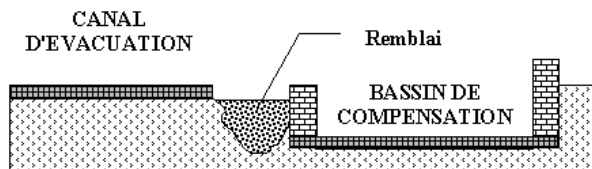


JONCTION BASSIN DE COMPENSATION ET CANAL D'EVACUATION



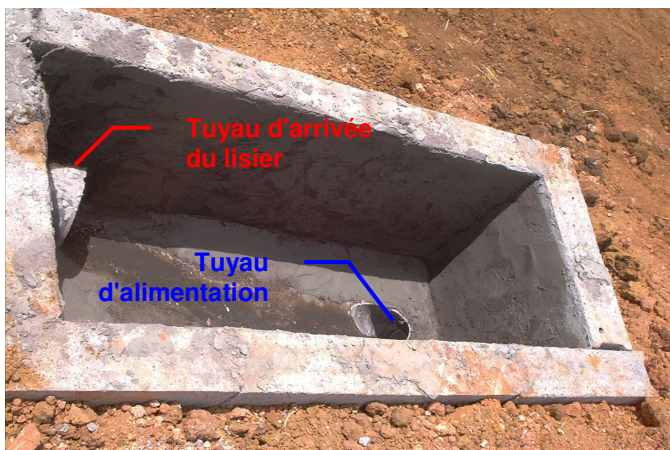
Jonction entre le bassin de compensation et le canal d'évacuation

- La jonction entre le bassin de compensation et le canal d'évacuation est réalisée en coulant une dalle de béton (fers à béton + béton) et en montant un mur de 2 rangées de parpaings.



Jonction bassin de compensation / canal d'évacuation

- Le tuyau d'arrivée du lisier dans le bassin d'alimentation est posé après avoir percé le mur du bassin.



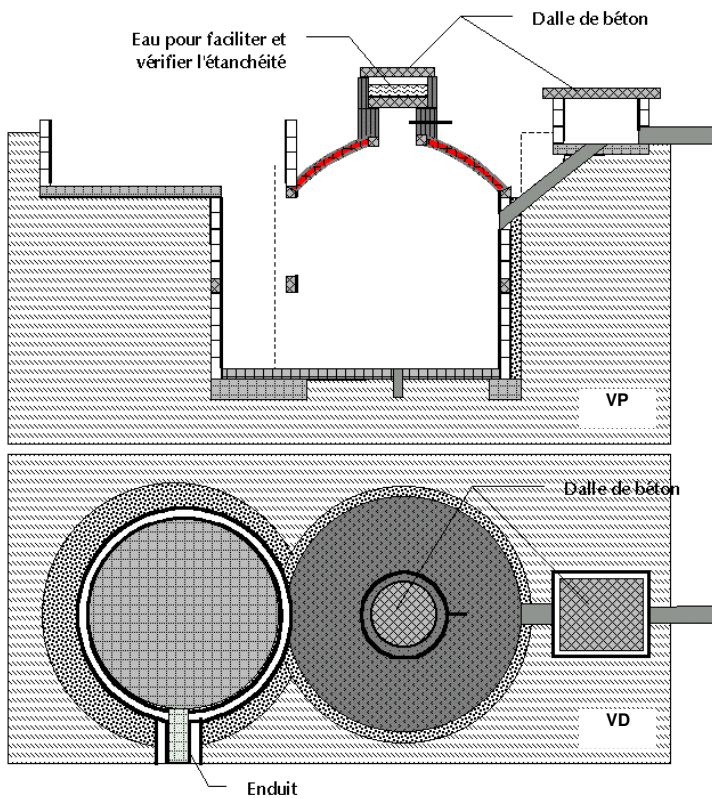
Bassin de réception et tuyau d'alimentation

- L'enduit est appliqué sur le mur du bassin d'alimentation et du bassin de compensation (Cf. page 55).



Passage de l'enduit à l'intérieur du bassin de compensation

FERMETURE ETANCHE DE LA CHEMINEE ET FINITIONS



- Un premier couvercle fermant le premier étage de la cheminée, est coulé dans un coffrage préalablement formé (béton normal).



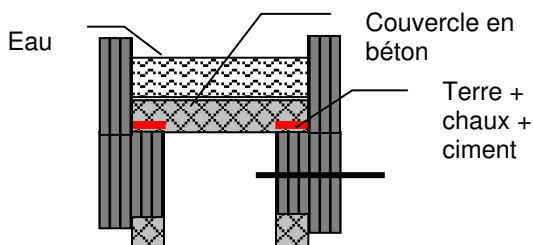
Coffrage du couvercle du premier étage de la cheminée



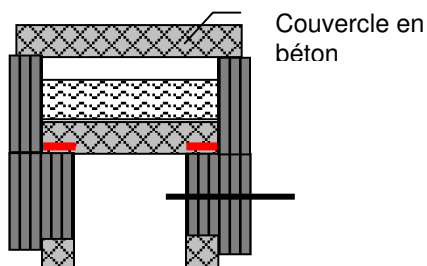
Couvercle coulé

Une fois sec, le couvercle est enduit de 3 couches de pâte pure imperméabilisante (ciment + eau + imperméabilisant). Bien laisser sécher entre chaque couche.

- Le premier couvercle est posé sur le premier étage de la cheminée. Un mélange de terre argileuse, de chaux et de ciment est placé entre le couvercle et le premier étage. De l'eau recouvre le tout afin de réaliser l'étanchéité de la cheminée avec le mélange. Elle permet également de vérifier la présence de fuites (bulles de gaz apparentes).



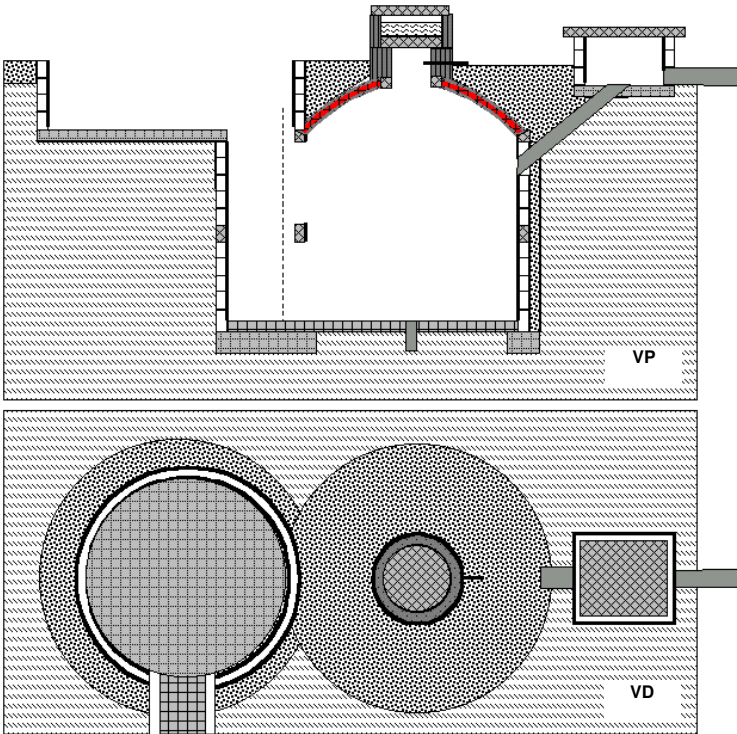
- Une deuxième dalle de béton referme le deuxième étage de la cheminée.



- Le bassin d'alimentation est également fermé par une dalle de béton, pour limiter les infiltrations d'eau lors de pluies. Une dilution du lisier limiterait le processus de fermentation anaérobie.
- L'enduit imperméabilisant est appliqué sur les murs du canal d'évacuation (Cf. page 55).

REMBLAI

Le digesteur est remblayé pour maintenir l'intégrité de la coupole du digesteur sous pression.



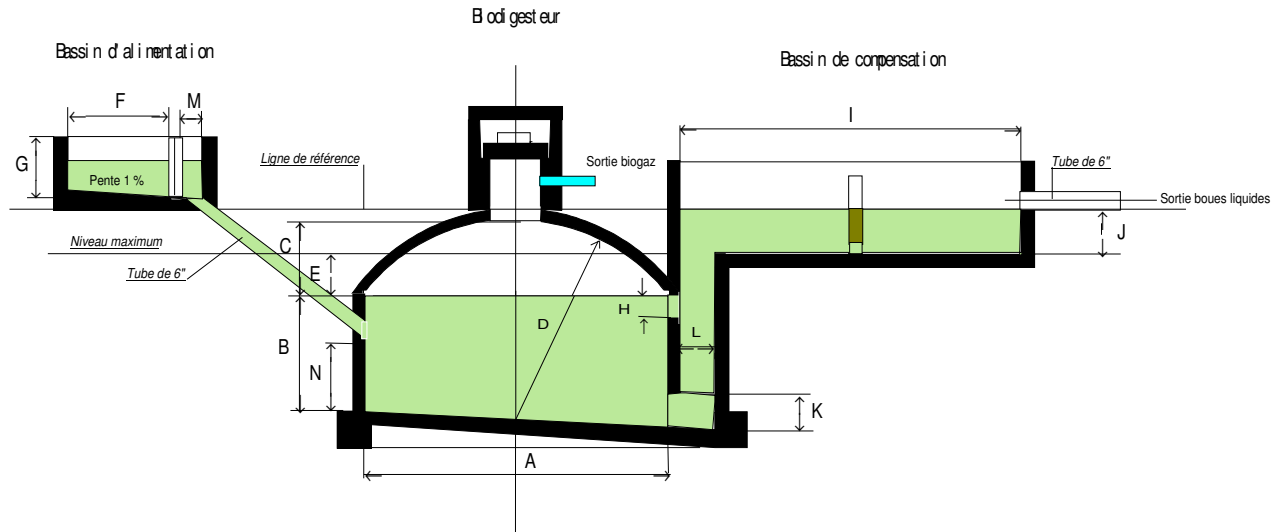


Digesteur avant le remblai



Digesteur après le remblai

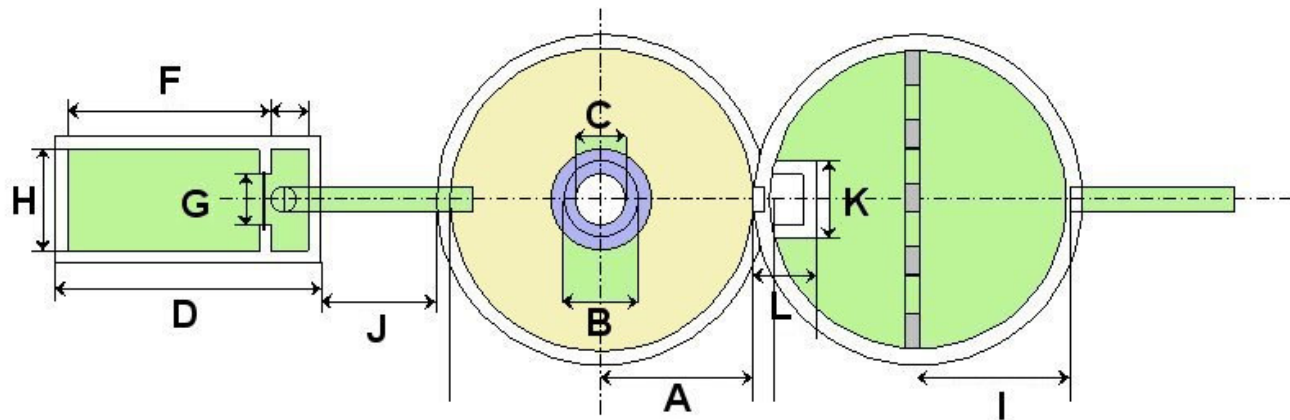
COTES DES DIGESTEURS (1) - VUE LATÉRALE



COTES DES DIGESTEURS (2)

<i>Volume</i>	<i>Volume</i>	<i>Valeurs de la cote</i>													
<i>Digesteu</i>	Bassin de	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
<i>m³</i>	m ³	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
<i>4</i>	0.84	2.2	0.8	0.5	1.3	0.3	0.	0.	0.	1.6	0.3	0.	0.	0.	0.5
<i>8</i>	0.39	2.8	1.0	0.7	1.7	0.6	0.	0.	0.	3.7	0.2	0.	0.	0.	0.5
<i>12</i>	2.22	3	1.1	0.7	1.9	0.4	0.	0.	0.	2.3	0.5	0.	0.	0.	0.8
<i>48</i>	10	4.8	1.8	1.2	3.0	0.7	1.	0.	0.	4.5	0.6	0.	0.	0.	1.4
<i>70</i>	10	5.7	2.1	1.4	3.5	0.4	2	0.	0.	4.2	0.7	0.	0.	0.	1.7
<i>90</i>	23.17	6.2	2.3	1.5	3.9	0.4	2	0.	0.	4.9	1.2	0.	0.	0.	1.4

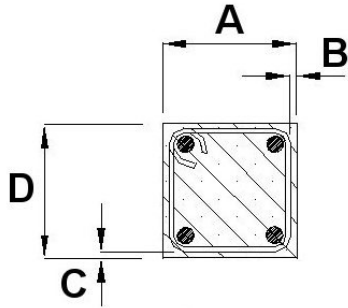
COTES DES DIGESTEURS (1) - VUE SUPERIEURE



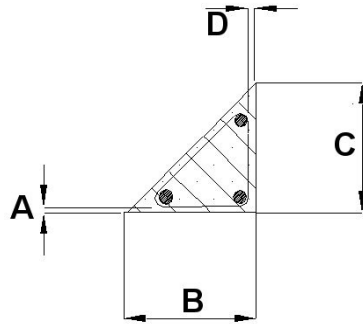
COTES DES DIGESTEURS (2)

<i>Volume</i>	<i>Valeurs de la cote</i>											
<i>Digesteur</i>	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
<i>m³</i>	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m	m
4	1.1	0.74	0.54	1.35	0.3	0.6	0.3	0.6	0.83	1	0.6	0.6
8	1.42	0.74	0.54	1.35	0.3	0.6	0.3	0.6	1.86	1	0.6	0.6
12	1.5	0.74	0.54	1.65	0.3	0.9	0.3	0.8	1.19	1	0.6	0.6
48	2.44	0.74	0.54	2.25	0.3	1.7	0.5	1.1	2.27	1	0.8	0.8
70	2.86	0.74	0.54	2.55	0.3	2	0.3	1.1	2.13	1	0.8	0.8
90	3.13	0.74	0.54	2.55	0.3	2	0.3	1.1	2.48	1	0.8	0.8

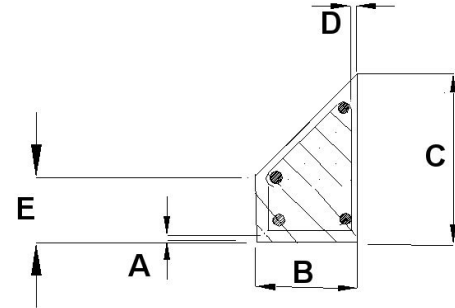
COTES DES CHAINAGES (1)



Premier chaînage



Deuxième chaînage de 4 à 12 m³



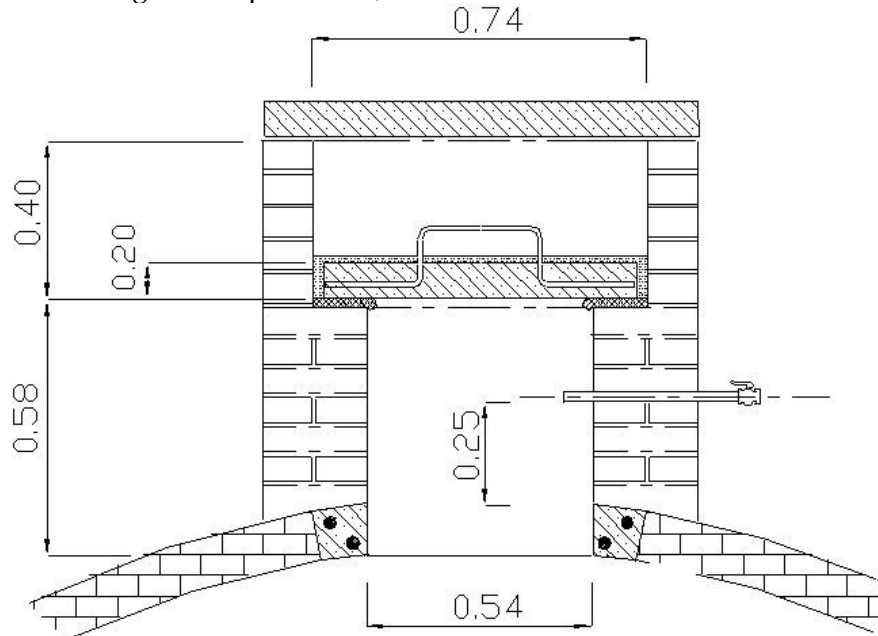
Deuxième chaînage de 48 à 90 m³

COTES DES CHAINAGES (2)

<i>Volume</i>	<i>Valeurs de la cote</i>								
	Premier chaînage				Deuxième chaînage				
<i>Digesteur</i>	A	B	C	D	A	B	C	D	E
<i>m</i>	m	m	m	m	m	m	m	m	m
<i>4</i>	0.12	0.025	0.025	0.12	0.025	0.12	0.12	0.025	-
<i>8</i>	0.15	0.025	0.025	0.15	0.025	0.15	0.12	0.025	-
<i>12</i>	0.15	0.025	0.025	0.15	0.025	0.15	0.12	0.025	-
<i>48</i>	0.15	0.025	0.025	0.15	0.025	0.15	0.18	0.025	0.10
<i>70</i>	0.15	0.025	0.025	0.15	0.025	0.15	0.18	0.025	0.10
<i>90</i>	0.15	0.025	0.025	0.20	0.025	0.15	0.18	0.025	0.10

COTES DE LA CHEMINÉE

Pour les 6 digesteurs présentés, les cotes de la cheminée sont identiques.



IMPERMEABILISATION DES MURS ET DE LA COUPOLE

L'imperméabilisation est réalisée sur :

- L'intérieur et l'extérieur de la coupole du digesteur,
- Le mur interne du digesteur,
- L'intérieur et l'extérieur du mur du bassin d'alimentation,
- L'intérieur et l'extérieur du mur du bassin de compensation,
- L'intérieur et l'extérieur des murs du canal d'évacuation.

Cette perméabilisation se réalise en 5 phases :

- Phase 1 - pâte pure étanche : ciment + eau + perméabilisant,
- Phase 2 - mortier étanche : 2 de sable + 1 de ciment + 1/2 de chaux + perméabilisant (la chaux doit rester 3-4 jour avant d'être utilisée),
- Phase 3 - pâte pure étanche,
- Phase 4 - mortier étanche,
- Phase 5 - pâte pure étanche.

COUTS PREVISIONNELS

Année 2001 – cuve de 90 m³
Localisation : Ile de la Martinique

FOURNITURES

Désignation	Unité	Prix unitaire FF HT	Quantité	Coût total FF HT
Colle PVC	tube	29,00	1,00	29,00
Collier simple 40	collier	1,40	2,00	2,80
Fûts vides	fût	50,00	12,00	600,00
Hydrofuge Oxymper dose	50 cl	38,00	5,00	190,00
Disque meuleuse	disque	16,00	4,00	64,00
Patte à vis bois 7x50	vis	0,60	2,00	1,20
Pinceau	pinceau	47,00	3,00	141,00
Pointes	kg	8,50	5,00	42,50
Pointes acier	Kg	41,40	1,00	41,40
Tamis M 10	Tamis	92,67	1,00	92,67
Tube 160x4.5 / 6 m	Tube	255,00	1,00	255,00
Vanne PVC à collier D 40	Vanne	105,00	1,00	105,00
Total fournitures				1 564,57

MATERIAUX DE CONSTRUCTION

Désignation	Unité	Prix unitaire FF HT	Quantité	Coût total FF HT
Béton 350 + tapis	m ³	948,69	9,00	8 538,19
Brique pleine rouge	Brique	7,92	2 400,00	18 999,50
Chaux	sac 25 kg	125,00	5,00	625,00
Ciment	sac 50 kg	38,00	110,00	4 180,00
Contreplaqué DE 4 mm	Planche	74,34	7,00	520,38
Fer béton D 10	Barre	14,70	20,00	294,00
Fer béton D 12	Barre	20,94	34,00	711,96
Fer béton D 6	Barre	6,78	44,00	298,32
Fil galvanisé n°10	Kg	14,63	5,00	73,15
Fil recuit n°6	Kg	8,90	5,00	44,50
Gravillons	godet 0.75 m ³	225,80	5,00	1 129,00
Latte PDL 05x3	Latte	11,80	4,00	47,20
Parpaing 15x20x50	Parpaing	7,02	1 000,00	7 020,00
Pelle mécanique	Journée	1 800,00	3,00	5 400,00
Sable béton 05	godet 0.75 m ³	166,41	23,00	3 827,43
Sable enduit 02	godet 0.75 m ³	250,92	2,00	501,84
Transport matériaux	Rotation	600,00	3,00	1 800,00
Treillis 10x20x8x8	Feuille	717,93	3,00	2 153,79
Désignation	Unité	Prix unitaire FF HT	Quantité	Coût total FF HT
Treillis 20x20x6x6	Feuille	109,00	3,00	327,00
Tube galvanisé 50x60 2 pouces	Tube	194,04	1,00	194,04
Tuyau PVC 250x4	Tuyau	470,25	8,00	3 762,00
Tuyau PVC D 250x4 eau usée 4 ML	Tuyau	470,25	6,00	2 821,50
Tuyau PVC D 315x6 eau usée 4 ML	Tuyau	644,90	3,00	1 934,70
Tuyau PVC D 40x3 eau usée 4 ML	Tuyau	28,20	1,00	28,20
Total matériaux de construction				65 231,70

MAIN D'ŒUVRE

Désignation	Unité	Prix unitaire FF HT	Quantité	Coût total FF HT
Maçon ¹	Journée	700	86	60 200,00
Manœuvre ^{1,2}	Journée	412	48	19 775,62
Total main d'œuvre				79 975,62

¹charges patronales incluses

²sur la base du SMIG

Gau, D. and Klotz, S., 2001.
Le biodigesteur: dossier technico-économique.
CIRAD publication.
Fort de France, Martinique, France. 56p.

Mise en page : Porphyre, V.

Ce dossier est également disponible
en version électronique
sur le site **PIGTrop**
<http://pigtrop.cirad.fr>