HTS
WOSSAC:6278
631:626.8
(691)

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY
Tanindrazana - Tolom-piavotana - Fahafahana

MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE,
ET DE LA REFORME AGRAIRE

# ETUDE DE REHABILITATION DE PERIMETRES RIZICOLES

## RAPPORT SUR LE PROJET D'AMENAGEMENT

## VOLUME 2: DOSSIERS TECHNIQUES
## PERIMETRE 3 AMBILA-MANAKARA
## EDITION PROVISOIRE JUIN 1983

HUNTING TECHNICAL SERVICES LIMITED
Borehamwood, ANGLETERRE
en association avec:
SIR M MACDONALD & PARTNERS LIMITED
Cambridge, ANGLETERRE
Société d'Etudes de Construction
de Maisons et Ouvrages de MADAGASCAR
(SECMO - MADAGASCAR)
Antananarivo, MADAGASCAR

6278

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY

Tanindrazana-Tolom-piavotana-Fahafahana

MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE ET DE LA REFORME AGRAIRE

# ETUDE DE REHABILITATION DE PERIMETRES RIZICOLES

Rapport sur le Projet d'Aménagement
Volume 2 - Dossiers Techniques
Périmètre 3 - AMBILA-MANAKARA

Edition Provisoire, Juin 1983

Etude financée par le Fonds Européen de Développement

No. Comptable 5100-32-35-014

HUNTING TECHNICAL SERVICES LIMITED
Borehamwood, Herts, ANGLETERRE

en association avec :

SIR M. MACDONALD AND PARTNERS LIMITED
Cambridge, ANGLETERRE

Société d'Etudes de Construction de Maisons et Ouvrages de Madagascar
(SECMO-MADAGASCAR)
ANTANANARIVO, MADAGASCAR

Ce rapport est financé par la Commission des Communautés Européennes sur les ressources du Fonds Européen de Développement et est présenté par HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD pour le compte du Gouvernement de la République Démocratique de Madagascar ; il ne représente pas nécessairement l'opinion de ce dernier, ni celle de la Commission des Communautés Européennes.

## PREFACE

Chaque Dossier Technique a été écrit afin que, autant que possible, il puisse être lu indépendamment du reste du rapport. Cependant, pour éviter que celui-ci prenne une longueur exagérée, les commentaires y sont intentionellement brefs, les facteurs relatifs au périmètre étudié prenant toute leur envergure. On trouvera des détails complémentaires en Volume 1, Présentation Générale, et en Annexe 1, études socio-économiques et situation actuelle à chaque périmètre.

TABLE DES MATIERES


| | | | Page |
|---|---|---|---|
| SOMMAIRE | | | 1 |
| CHAPITRE 1. | | GENERALITES | 2 |
| | 1.1 | Situation géographique | 2 |
| | 1.2 | Historique du Périmètre | 2 |
| | 1.3 | Description Sommaire du Périmètre | 3 |
| | 1.4 | Route d'Accès | 3 |
| CHAPITRE 2 | | SITUATION ACTUELLE | 5 |
| | 2.1 | Hydrologie | 5 |
| | 2.2 | Sols et Agriculture | 5 |
| | 2.3 | Aspects Socio-économiques | 6 |
| | 2.4 | Infrastructure Hydraulique | 6 |
| CHAPITRE 3 | | EVALUATION DES CONTRAINTES ET FACTEURS POSITIFS | 8 |
| | 3.1 | Contraintes | 8 |
| | 3.2 | Facteurs Positifs | 9 |
| | 3.3 | Conclusions | 9 |
| CHAPITRE 4 | | BESOINS ET DISPONIBILITE EN EAU | 10 |
| | 4.1 | Besoins en eau | 10 |
| | 4.2 | Ressources en Eau | 11 |
| CHAPITRE 5 | | TRAVAUX D'AMELIORATION A COURT TERME | 12 |
| | 5.1 | Introduction | 12 |
| | 5.2 | Critères de Calcul | 12 |
| | 5.3 | Barrage d'IVAKOANA | 13 |
| | 5.4 | Barrage de MANGARIVOTRA | 14 |
| | 5.5 | Travaux de Terrassement des Canaux | 14 |
| | 5.6 | Ouvrages des Canaux | 17 |
| | 5.7 | Gestion et Entretien | 19 |
| | 5.8 | Réalisation | 19 |
| CHAPITRE 6 | | ESTIMATION DES COÛTS | 20 |
| | 6.1 | Coûts de Construction | 20 |
| | 6.2 | Coûts de Gestion et d'Entretien | 20 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| CHAPITRE 7 | | ANALYSES ECONOMIQUES | 21 |
| | 7.1 | Le Producteur | 21 |
| | 7.2 | La Collectivité Régionale | 21 |
| | 7.3 | La Collectivité Nationale | 21 |
| | 7.4 | Conclusion | 22 |
| CHAPITRE 8 | | PROPOSITIONS A MOYEN TERME | 24 |
| | 8.1 | Généralités | 24 |
| | 8.2 | Portée des Etudes | 24 |
| | 8.3 | Planning et Personnel | 25 |

ANNEXE A - Besoins en Eau d'Irrigation

ANNEXE B - Estimation des Coûts

ANNEXE C - Pièces Dessinées

## TABLEAUX


| Chapitre | Numéro | Titre | Page |
|---|---|---|---|
| 4 | 4.1 | Besoins de Pointe de l'Irrigation | 10 |
| 4 | 4.2 | Besoins Totaux d'Irrigation | 10 |
| 5 | 5.1 | Canaux du Réseau de l'IVAKOANA | 15 |
| 5 | 5.2 | Canal Principal | 16 |
| 5 | 5.3 | Canaux Secondaires | 16 |
| 5 | 5.4 | Les Régulateurs | 17 |
| 5 | 5.5 | Les Ouvrages de Prise | 18 |
| 6 | 6.1 | Récapitulation des Prix (.000 FMG) | 20 |
| 7 | 7.1 | Calcul des Taux Internes de Rentabilité Economique | 23 |


## FIGURES


| Chapitre | Numéro | Titre | Page |
|---|---|---|---|
| 1 | C.1 | Périmètre AMBILA-MANAKARA | 4 |
| 1 | C.2 | Carte des sols AMBILA-MANAKARA | 4 |
| 5 | G.3 | Seuils d'Investissement AMBILA-MANAKARA | 22 |

SOMMAIRE

Le périmètre AMBILA-MANAKARA a été aménagé pendant les années 1950 et 1960 pour mettre en valeur un ancien marais et plusieurs drains ont été mis en place pendant la construction du chemin de fer allant de MANAKARA à FIANARANTSOA. La superficie irriguée en riz du périmètre est limitée par le volume d'eau disponible, par les problèmes des sols, par les pénuries de la main d'oeuvre et par le coût élevé de la main d'oeuvre disponible. Des palmiers à huile ont été introduits sur 690 ha du périmètre. La structure sociale traditionnelle est très conservatrice et limite donc la vitesse possible des changements sociaux. En conséquence, on recommande de n'entreprendre que des réparations limitées pour le moment ; réparations qui seraient suivies par une étude des ressources en eau pour permettre la planification la plus efficace du développement de l'exploitation des ressources en eau disponibles à moyen terme.

Le coût total de la construction pour les réparations proposées est de 41 660 000 FMG (le coût économique étant de 46 347 000 FMG). Le niveau des dépenses de fonctionnement proposé suivant les réparations est de 12 000 FMG par hectare irrigué. Les dépenses d'investissement proposées représentent une somme de 70 220 FMG par hectare irrigué. Cette somme est très proche du seuil d'investissement minimum et les dépenses ne seront que justifiées si les rendements obtenus sont de l'ordre d'un accroissement de 150 kg de paddy par hectare. Le taux interne de rentabilité économique (TIRE) avec la hausse minimum attendue au rendement serait de 2,4 %. Le TIRE avec la hausse optimiste attendue (480 kg de paddy par hectare) serait très élevé : au-dessus de 50 %. Si on étendait le calcul sur un horizon de sept ans, le TIRE avec la hausse minimum au rendement serait presque de 8 %. Les réparations proposées sont donc recommandées.

## 1. GENERALITES

### 1.1 Situation Géographique

FARITANY : FIANARANTSOA
FIVONDRONANA : MANAKARA
FIRAISANA : MAROFARIHY et AMBILA
FOKONTANY intéressés : 7

Coordonnées : 24 g 50 latitude sud
50 g 68 longitude est

Altitude moyenne : 7 m au-dessus du niveau de la mer

Carte : au 1/10 000 : SAHASINAKA Q 54
MANAKARA Q-R-55

Photos aériennes : SOTOM (Mission n° 71-219) du 18.9.1971

Echelle : 1/20 000 et 175/100, mai 1963
échelle 1/10 000

### 1.2 Historique du Périmètre

Périmètre très ancien dont l'aménagement est antérieur à 1940.
Plusieurs organismes ont aménagé le périmètre : à l'origine, les services de l'Agriculture et des Eaux et Forêts, puis le Service du Génie Rural.

On a observé la chronologie suivante :

1928-1933 construction de la voie ferrée MANAKARA-FIANARANTSOA. Les crues firent ébouler les digues supportant la voie. Il a fallu drainer.

1935-1944 creusement de plusieurs drains dans la zone du marais.

1953-1958 exécution des barrages de l'IVAKOANA (9 millions de $m^3$) et de MANGARIVOTRA (1,5 millions de $m^3$)
exécution du réseau d'irrigation issu du barrage de l'IVAKOANA.

Vers 1969 exécution du canal de la MANAMBAROA.

Vers 1965 exécution du seuil d'AMBANIALA du canal tête morte et du siphon (Ø 40) sous la rivière MANANANO.

1958-1968 650 ha de palmiers ont été plantés au sud du périmètre

1966-1969 exécution de drains secondaires et tertiaires dans la partie sud du réseau de l'IVAKOANA

1969 équipement d'une station de pompage en bordure de la MANANANO.

Entre 1960 et 1970 exécution d'un seuil sur la rivière SAHANIKATRA et d'un canal (débit prévu 700 l/s) qui alimente le réservoir de l'IVAKOANA.

1976-1979 curage du canal de la MANAMBAROA (4 km), prolongation de ce canal sur 2 km par la mise en place d'un remblai.

. travaux de réhabilitation depuis la création : d'après nos informations, aucun.

. travaux topographiques : levé topographique de base au 1/20 000 effectué par la SATET en 1951-1952.

Tous les plans, calques et dessins des aménagements ont été mis à la disposition du consultant, sauf ceux qui touchent le seuil d'AMBANIALA, le barrage de MANGARIVOTRA et la prise sur la rivière SAHANIKATRA.

. débits à la prise de l'IVAKOANA :

prévus dans le projet : 1 800 l/s et 2 700 l/s avec l'extension ;

actuels : inconnus, la campagne des mesures de débits recommandée permettra en particulier de connaître le débit délivré en tête du réseau.

## 1.3 Description Sommaire du Périmètre

Situé à 14 km au nord et nord-ouest de MANAKARA, sur la route MANAKARA-IRONDRO, le périmètre d'AMBILA a été aménagé dans le but de permettre la mise en valeur du marais situé de part et d'autre de la route.

Les premiers travaux qui visaient à assurer le drainage du marais, grâce à l'exécution de plusieurs drains primaires, ont été complétés de 1966 à 1969 par la réalisation dans la partie sud d'un réseau de drains secondaires et tertiaires, dans le but probable d'améliorer le drainage des plantations de palmiers à huile. La superficie du périmètre a été partagée en dix zones de drainage (I à X).

Afin de maîtriser l'irrigation du périmètre et d'apporter le supplément d'eau nécessaire à l'irrigation, deux retenues collinaires ont été construites :

- la retenue de l'IVAKOANA ($9 \times 10^6$ $m^3$)
- la retenue de MANGARIVOTRA ($1,5 \times 10^6$ $m^3$).

Ces aménagements ont été complétés au nord et à l'est de la voie ferrée par :

- le réseau issu du seuil d'AMBANIALA, sur la rivière MANAMBAROA,
- le réseau issu de la station de pompage située sur la rive droite de la rivière MANANANO.

Les pistes de circulation à l'intérieur du périmètre ont été construites entre les drains et les canaux, mais compte-tenu du manque d'entretien et des affaissements, il est très difficile d'y circuler, même en saison sèche.

## 1.4 Route d'Accès

Outre la Route Nationale n° 12, reliant IRONDRO à MANAKARA, qui est en train d'être bitumée et qui traverse le périmètre, de nombreuses pistes plus ou moins praticables en saison des pluies existent, à savoir :

- au nord du périmètre : une piste de 50 km environ relie les villages de TAMOTAMO, ANDRORANGAVOLA et MAROFARIHY. Elle est en mauvais état quand il pleut et nécessite l'utilisation de véhicules à deux ponts ;

- au sud du périmètre : la piste ANDROMBA-EBORANO-IVAKOANA, longue de 25 km, est presque impraticable.

La partie est du périmètre n'est accessible qu'à pied, (villages de NOSIALA-TARIAMBE-MANOLOTRONY). A partir du FIRAISANA de MAROFARIHY, il faut compter 4 à 5 heures de marche à pied pour se rendre à ces villages.

## 2. SITUATION ACTUELLE

### 2.1 Hydrologie

Ressources en eau :

| | Réservoir de l'IVAKOANA | Réservoir de MANGARIVOTRA |
|---|---|---|
| Bassin versant | 655 ha | 300 ha |
| Superficie retenue | 280 ha | 100 ha |
| Stockage | $10.10^6$ m$^3$ | $1,5.10^6$ m$^3$ |

| | Bassin versant | Débit maximum | Débit minimum |
|---|---|---|---|
| Rivière MANAMBAROA | | 80 m$^3$/s | 6 m$^3$/s |
| Rivière MANANANO | >250 km$^2$ | 180 " | 30 " |
| Rivière SAHANIKATRA | 15 km$^2$ | n.d. | n.d. |

Climatologie :

A - Evapotranspiration moyenne pour la culture de référence (selon Penman/FAO 24)
B - Pluviométrie moyenne mensuelle (MANAKARA 1941-1981)
C - Pluviométrie mensuelle, probabilité de dépassement : 80% (série non-homogène)

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D | Année | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 186 | 164 | 209 | 137 | 109 | 87 | 91 | 122 | 155 | 197 | 179 | 184 | 1820 | mm |
| B | 321 | 304 | 370 | 226 | 185 | 163 | 165 | 143 | 95 | 104 | 149 | 240 | 2427 | mm |
| C | 180 | 175 | 215 | 127 | 86 | 71 | 78 | 76 | 50 | 36 | 51 | 112 | | mm |

### 2.2 Sols et Agriculture

| Sols | Types | Caractéristiques | Commentaires |
|---|---|---|---|
| | Alluvions jaunes évoluées | Fertilité moyenne | 10% de la surface située en bordure de la MANANANO |
| | Alluvions hydromorphes | Assez bonne fertilité | 30% de la surface |
| | Sols de marais Type I | Sols peu fertiles | 50% de la surface |
| | Sols de marais Type II | Sols très peu fertiles | 10% de la surface |

| Riziculture | | Saison sèche | Saison des pluies |
|---|---|---|---|
| | superficie dominée | 1 800 ha (1) | 1 800 ha (1) |
| | superficie irriguée | 150 ha (1) | 450 ha |
| Calendrier agricole | repiquage | 1/7 - 31/8 | 15/12 - 15/2 |
| | récolte | 15/8 - 5/12 | 15/5 - 30/6 |

(1) Superficie du réseau d'AMBANIALA non-inclus

Figure C.1

# Périmètre Ambila - Manakara

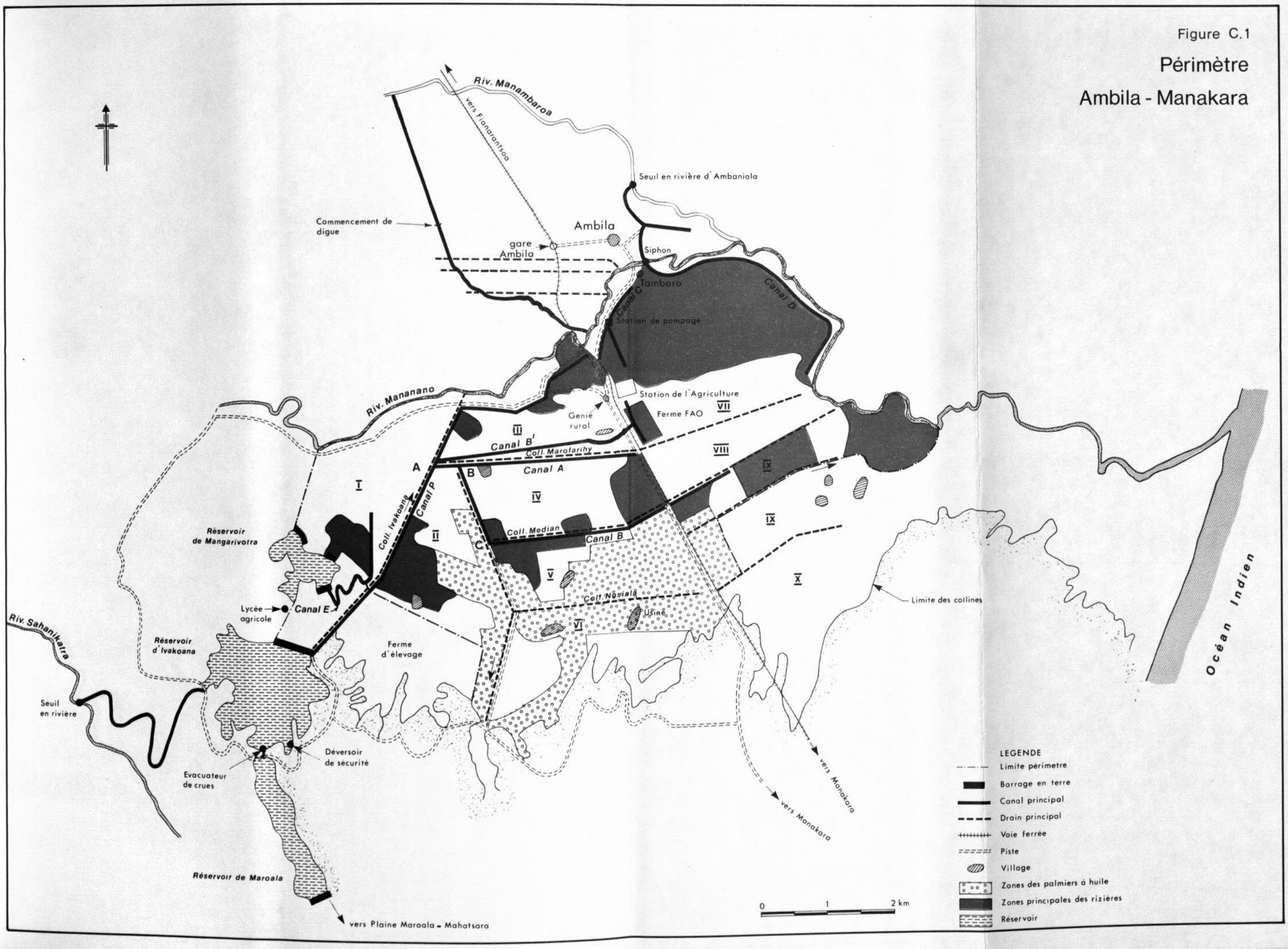
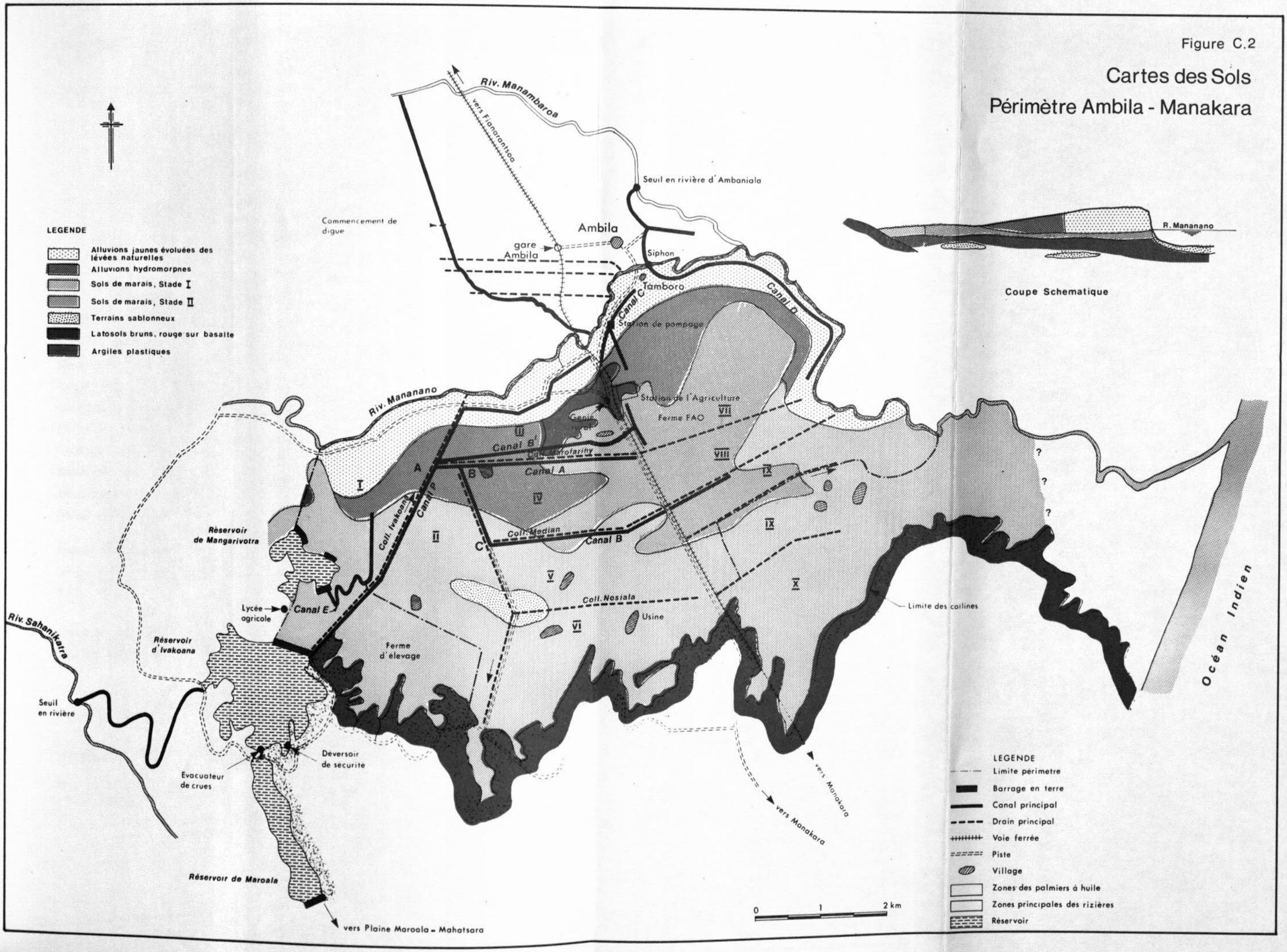


Figure C.2

# Cartes des Sols
## Périmètre Ambila - Manakara



| | Saison sèche | Saison des pluies |
|---|---|---|
| Rendement moyen | 1,7 - 1,9 t/ha | 1,45 t/ha |

Autres cultures : palmiers à huile, bananes, letchis, cafés, mangues.

## 2.3 Aspects Socio-économiques

| | | |
|---|---|---|
| FOKONTANY intéressés | : | 7 |
| Population (1982) | : | 14 532 habitants |
| Riziculteurs (1981-82) | : | 198 |
| Superficie moyenne des parcelles rizicoles | : | 0,9 ha |
| Système foncier : métayage | : | 0 |
| valoir direct | : | 100 % |

Autres activités économiques : palmiers à huile, café, poivre, élevage.

## 2.4 Infrastructure Hydraulique

Superficie dominée : 1 800 ha

| Canaux | Longueur | Débit prévu | Commentaires |
|---|---|---|---|
| Tête morte IVAKOANA | 1,2 km | 1 800 l/s | - |
| Canal principal (IVAKOANA) | 2,6 " | 1 800 " | - |
| Canal principal (MIDEBOKA) | 3,0 " | - | - |
| Canal A (MAROFARIHY) | 2,8 " | 550 " | - |
| Canal B (Médian) | 4,2 " | 550 " | - |
| Canal B' (Zone III) | 1,8 " | - | - |
| Tête morte AMBANIALA | 1,5 " | - | - |
| Canal SAHANIKATRA | 3,8 " | 700 " | Alimentation réservoir IVAKOANA |
| Canal MANAMBAROA | 6,0 " | 1 000 " | Travaux inachevés |
| Canal MANGARIVOTRA | 2,5 " | - | - |
| Canal ANARA | 1,8 " | 300 " | Station de pompage |

Ouvrages de mobilisation :

| | |
|---|---|
| Barrage IVAKOANA | Assez bon état en général - des travaux de renforcement sont toutefois à effectuer - deux vannes (ouvrages de prise) à changer. |
| Barrage MANGARIVOTRA | Il manque la vanne de l'ouvrage de prise |
| Seuil de la rivière d'AMBANIALA | A été partiellement détruit par les cyclones. Disparition de la vanne de prise. |
| Station de pompage sur la MANANANO | Ne fonctionne plus (manque de gas-oil). |

Ouvrages du périmètre :

Les ouvrages de la zone ouest comportent 3 partiteurs, 7 ouvrages régulateurs à batardeaux, 1 ouvrage de chute et de nombreux ouvrages de prise. Tous sont localisés à l'intérieur du réseau d'IVAKOANA.

Les ouvrages de la zone est comportent 2 siphons et 1 dalot sur la tête morte d'AMBANIALA.

Drainage :

Le drainage du périmètre est effectué par le réseau des collecteurs résumé au tableau ci-dessous. Le drainage du périmètre rizicole à l'ouest de la voie ferrée est satisfaisant. Cependant, dans certains secteurs, au sud de la zone, les palmiers à huile souffrent d'un drainage insuffisant.

| Drain | Longueur | Débit prévu | Surface drainée totale |
|---|---|---|---|
| Collecteur IVAKOANA | 5,0 km | 13,3 $m^3/s$ | 1 150 ha |
| Collecteur MAROFARIHY | 6,0 " | 3,7 " | 480 " |
| Collecteur MANAKAVA | 4,4 " | 4,8 " | 600 " |
| Collecteur MEDIAN | 6,0 " | 4,1 " | 480 " |
| Collecteur NOSIALA | 6,1 " | 5,7 " | 810 " |

L'eau des drains se déverse par les quelques dalots situés au-dessous du chemin de fer, vers la rivière MANAMBAROA. Les eaux de drainage sont fréquemment réutilisées pour irriguer les rizières. En période de crues, un niveau aval élevé, dû notamment à la formation de bancs de sable dans l'embouchure de la MANANANO, perturbe les écoulements et provoque à la fois un mauvais drainage et une submersion prolongée dans la zone à l'est de la voie ferrée.

## 3. EVALUATIONS DES CONTRAINTES ET FACTEURS POSITIFS

### 3.1 Contraintes

**Disponibilité en eau**

La zone située à l'ouest de la voie ferrée souffre de pénurie d'eau à cause de la combinaison de trois facteurs :

. débit insuffisant à l'entrée du réservoir d'IVAKOANA
. pertes d'eau importantes dans les canaux se trouvant à droite des sols des marais (la tourbe n'a probablement pas été enlevée lors de la construction des canaux.)
. une mauvaise gestion de l'irrigation et une répartition des débits défectueuse

La zone située à l'est de la voie ferrée, à proximité du village de TAMBORO, n'est actuellement plus alimentée en eau car :

. le seuil en rivière d'AMBANIALA a été endommagé
. la station de pompage ne fonctionne plus.

**Sols**

Les sols comportent des sols de marais Stade I et Stade II, se déposant sur un sol argileux plastique blanc. Les sols des marais sont de qualité médiocre et le sol argileux est très pauvre en éléments nutritifs.

Il y a lieu de résoudre le plus rapidement possible le problème lié à la toxicité due à l'alumine.

**Système foncier**

Des situations amenant des conflits existent entre la zone traditionnelle, occupée et mise en valeur par les villageois autochtones (ANTEMORO) et la zone aménagée sur les marais (AMVR).

**Ethnies**

La société traditionnelle est très conservatrice (ANTEMORO-AMPANABAKA). Il existe une grande cohésion dans cette société pour laquelle tout forme d'exploitation d'autrui ou de richesse individuelle est bannie. Il s'avère important de ne pas agresser tout de suite l'équilibre traditionnel en introduisant des méthodes sophistiquées.

**Main d'oeuvre**

La demande en main d'oeuvre de la ville de MANAKARA entraîne un manque en ouvriers agricoles et les facilités de transport (route, chemin de fer) favorisent les déplacements de la population vers d'autres régions de la grande île.

**Concurrence des autres produits**

S'il n'y a pas de concurrence entre la culture des palmiers à huile et du paddy, puisque leurs périodes de pointe ne se chevauchent pas, il existe une concurrence entre le paddy et le manioc, qui donne un rendement relativement intéressant.

## 3.2 Facteurs Positifs

**Ressources en eau** Au barrage d'IVAKAONA, la capacité de stockage est assez importante. Les débits à l'entrée pourraient être complétés par de l'eau venant de la rivière SAHANIKATRA. Les rivières MANAMBARAO et MANANANO ont aussi des ressources en eau importantes.

**Motivation** La réhabilitation du périmètre préoccupe la population qui a délégué 6 MPANJAKA (rois) pour rencontrer le Président de la République, en 1980, en vue de discuter les problèmes relatifs au réseau.

**Cohésion sociale** La cohésion de la société traditionnelle peut favoriser le développement, toujours à condition que les propositions soient discutées et agréées par les MPANJAKA et les TRANOLAVA (assemblées) et que la vitesse de progrès soit adaptée aux besoins ressentis par la population.

## 3.3 Conclusions

La superficie irriguée en riz est limitée par les ressources en eau disponibles, malgré une pluviométrie assez élevée. Un plan de développement global des ressources en eau est nécessaire pour établir une combinaison efficace entre les eaux disponibles des rivières MANAMBAROA, MANANANO et SAHANIKATRA, et les capacités de stockage des barrages d'IVAKOANA et MANGARIVOTRA.Il sera nécessaire d'effectuer des études hydrologiques pour établir les bases nécessaires à ce plan.

Des pertes d'eau importantes se produisent au Canal A, vers les drains adjacents, à cause des sols tourbeux. Il sera nécessaire de faire des études pour chiffrer ces pertes et pour formuler une approche fiable aux réparations. Le drainage est aussi un problème près de la rivière MANANANO, lorsqu'elle est en crue. Les sols sont très médiocres.

En plus des problèmes des sols et du drainage, deux problèmes socio-économiques limitent le potentiel de développement. Les pénuries de la main d'oeuvre et son coût élevé limiteront toujours la production de riz. La structure sociale très conservatrice ne s'adapte pas facilement aux changements rapides et toute approche efficace au développement de la région devra être progressive par nature.

A court terme, il est donc clair qu'on ne puisse que recommander des réparations limitées. A moyen terme, à la suite de la préparation d'un plan de développement des ressources en eau, il serait possible de faire un devis estimatif et d'estimer la fiabilité d'une réhabilitation élargie, en même temps que le réaménagement des réseaux d'irrigation et de drainage. Néanmoins, la pénurie et le coût élevé de la main d'oeuvre peuvent limiter le taux interne de rentabilité économique d'une telle approche.

## 4. BESOINS ET DISPONIBILITE EN EAU

### 4.1 Besoins en eau

Les besoins pour l'irrigation ont été calculés pour une première culture de riz transplantée en décembre/janvier et récoltée en avril/mai, et pour une deuxième culture, pendant la saison sèche, transplantée en août et récoltée en novembre/décembre. Les calculs des besoins en eau ont été basés sur la méthode décrite au Volume I et le détail des calculs se trouve en Annexe A. Les besoins de pointe pour chaque mois sont donnés au Tableau 4.1 ci-dessous et ont été basés sur les précipitations mensuelles avec une probabilité de dépassement de 80% (série non-homogène).

Tableau 4.1 Besoins de Pointe de l'Irrigation

| | J | F | M | A | M | J | J | A | S | O | N | D |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Besoins en eau d'irrigation (l/s/ha) | 1,1 | 0,8 | 0,6 | 0,4 | - | 0,6 | 1,1 | 2,3 | 1,7 | 1,6 | 0,6 | 1,1 |

Le besoin de pointe s'élevant à 2,3 l/s/ha et pour lequel on a supposé des pertes d'infiltration et de transport assez élevées, se produit pendant le repiquage du riz cultivé en saison sèche.

Les besoins annuels totaux pour l'année sèche sur cinq, basés sur les précipitations mensuelles avec une probabilité de dépassement de 80% (série homogène) et l'année moyenne sont donnés ci-dessous, au Tableau 4.2 :

Tableau 4.2 Besoins Totaux d'Irrigation

| | Besoins Totaux (mm) pour : | |
|---|---|---|
| | l'année sèche sur 5 | l'année moyenne |
| Culture du riz en saison humide | 570 | 570 |
| Culture du riz en saison sèche | 1 550 | 1 360 |
| Total | 2 120 | 1 930 |

On en déduit que pour une année moyenne dont 495 ha seraient cultivés en saison humide et 165 ha en saison sèche, 5.0 x $10^6$ $m^3$ d'eau seraient nécessaires à l'irrigation.

## 4.2 Ressources en Eau

L'eau du périmètre provient :
- du barrage IVAKOANA (capacité d'emmagasinement de $10.10^6$ $m^3$)
- du barrage MANGARIVOTRA (capacité d'emmagasinement de $1,5.\ 10^6$ $m^3$)
- des rivières MANAMBAROA, MANANANO et SAHANIKATRA.

Dans un moyen terme, une étude hydrologique globale de ces réservoirs et rivières est nécessaire afin d'évaluer les ressources en eau et de préparer un plan pour leur utilisation conjonctive. Pour le moment, le seuil de la rivière AMBANIALA est endommagé et la station de pompage de la rivière MANANANO n'est pas utilisée.

Le barrage d'IVAKOANA a un bassin de réception de 655 ha et couvre une surface de 280 ha. Avec un coefficient d'écoulement des pluies variant de 0,5 à 0,3 au cours de l'année, un débit d'amenée de $11,1.\ 10^6$ $m^3$ pourrait se produire pendant l'année moyenne. Si l'on tient compte que $5,6.10^6$ $m^3$ d'eau seraient perdus par évaporation par an, il reste $5,5.10^6$ $m^3$ d'eau pour l'irrigation. Cette quantité d'eau est suffisante pour irriguer 550 ha en saison des pluies et 170 ha en saison sèche. Les eaux de la SAHANIKATRA alimentent aussi le barrage d'IVAKOANA par un canal ayant un débit prévu de 700 l/s. Cette source d'eau additionnelle n'a pas été incluse dans les estimations ci-dessus car il n'y a pas de données permettant de connaître son volume d'eau potentiel ou actuel. Le bassin de réception de cette rivière est de 15 $km^2$.

Le barrage de MANGARIVOTRA couvre une surface de 100 ha et son volume est de $1,5.10^6$ $m^3$, avec un bassin de réception de 300 ha. Pour MANGARIVOTRA, le débit d'amenée est approximativement de $4,7.10^6$ $m^3$, l'évaporation est de $2,0.10^6$ $m^3$ ce qui laisse $2,7.10^6$ $m^3$ d'eau à l'irrigation pour une année moyenne. Cette quantité d'eau est suffisante pour irriguer environ 270 ha en saison des pluies et 80 ha en saison sèche.

Il est possible que les deux réservoirs aient subi une sédimentation qui ait pu avoir réduit considérablement leur capacité d'emmagasinement. Un débit maximum de 80 $m^3/s$ et un débit minimum de 6 $m^3/s$ ont été enregistrés pour la rivière MANAMBAROA et de 180 $m^3/s$ et de 30 $m^3/s$ pour la rivière MANANANO.

Il n'y a pas eu d'analyse récente de la qualité de l'eau emmagasinée par les réservoirs et servant à l'irrigation. Il a été signalé par l'IRAM en 1968 qu'une forte teneur en alumine libre se trouve dans les eaux d'irrigation provenant du réservoir de l'IVAKOANA. Toute étude future des ressources en eau d'AMBILA-MANAKARA doit donc inclure une étude de la qualité des eaux.

## 5. TRAVAUX D'AMELIORATION A COURT TERME

### 5.1 Introduction

Ce chapitre décrit les travaux prévus à court terme et doit être lu en se référant aux plans. Les propositions faites touchent seulement la zone située à l'ouest de la voie ferrée. On considère que des études supplémentaires sont nécessaires afin de projeter les travaux à entreprendre dans la zone située à l'est de la voie ferrée. Aucun travail à court terme n' a donc été recommandé pour cette dernière zone.

Les travaux prévus à court terme pour la zone située à l'ouest sont destinés à réduire les pertes de transport et à obtenir un meilleur fonctionnement des canaux. Ils ont été minimisés puisqu'il faudra effectuer des études détaillées pour la préparation d'un plan global de réhabilitation.

L'insuffisance du drainage et les inondations périodiques de la rivière MANANO restreignent la production dans certaines parties du périmètre. On propose d'étudier ces problèmes à moyen terme sans qu'aucun travail à court terme ne soit projeté.

Les travaux projetés sont résumés ci-dessous :

i) installation de vannes à droite des ouvrages de prise des barrages d'IVAKOANA et de MANGARIVOTRA

ii) réfection des talus amont du barrage d'IVAKOANA qui ont été abimés par le batillage

iii) réfection de l'évacuateur de crues d'IVAKOANA

iv) colmatage de quelques brèches dans les cavaliers des canaux et desherbage

v) réparation et/ou modification de plusieurs ouvrages se trouvant sur les canaux.

### 5.2 Critères de Calcul

Sources d'eau :

. barrage d'IVAKOANA volume de stockage : $10.10^6$ $m^3$
. barrage de MANGARIVOTRA volume de stockage : $1,5.10^6$ $m^3$

Superficie dominée :

. de l'ordre de 1 800 ha, dont 500 ha en plantation industrielle de palmiers à huile (non-irriguée)

Superficie irriguée (riziculture) :

| | saison des pluies | saison sèche |
|---|---|---|
| existante (ha) | 450 | 150 |
| court terme (ha) | 495 | 165 |
| long terme (ha) | 800 | 400 |

## 5.3 Barrage d'IVAKOANA

### 5.3.1 Réfection des talus amont du barrage

Une érosion assez importante, due à l'action des vagues, s'est produite sur le talus amont de la digue et le perré d'origine a pratiquement disparu.

Pour que la digue ne subisse pas de dégats plus importants, il faudra mettre en place un masque en enrochement, à l'amont de la digue. Le type recommandé (voir Plan no. 121 601-302) est formé d'une couche de pierraille en vrac de o,6 m d'épaisseur, placée sur deux couches filtrantes, de 0,16 m d'épaisseur chacune. La dimension moyenne des éclats formant la pierraille est de 300 mm.

Les niveaux de calcul pour la retenue et le barrage sont les suivants :

| | |
|---|---|
| niveau de crête de la berge | 12.0 m |
| niveau d'eau normal | 11.0 m |
| niveau d'eau maximum | 11.5 m |

La revanche est faible ; toutefois, il semble que les digues n'aient jamais été submergées. Cependant il est recommandé que le perré s'étende jusqu'au niveau de crête de la berge.

Il serait très cher de mettre de la pierraille sur toute la longueur de la digue. On recommande donc de ne mettre de la pierraille que le long de la section de la digue la plus sérieusement endommagée, c'est-à-dire vers l'ouvrage de prise, à court terme. Une longueur de protection de digue de 100 m est seulement incluse dans les travaux à court terme.

### 5.3.2 Ouvrage de Prise

L'ouvrage de prise est constitué de deux dalots de 1.0 m x 1.0 m. L'ouverture de chaque dalot est commandée par une vanne située en amont. L'une des vannes peut se laisser manoeuvrer, mais ne se ferme pas complètement. L'autre est bloquée en position ouverte.

On recommande de mettre en place deux vannes de type 3, de 1.0 m x 1.0 m, comme le montre le plan no. 121 601-304 . Pour installer ces nouvelles vannes, il faudra construire une nouvelle paroi en béton, de 0,3 m d'épaisseur, sur la face amont du mur actuel en maçonnerie. Il sera également nécessaire de construire un seuil de béton peu élevé en travers de la chambre d'entrée afin de ménager un joint étanche à la base des vannes.

La chambre d'entrée est en bon état et ne nécessite pas de réparation mais doit être munie d'une échelle limnimétrique. La prise est structurellement en bon état, mais de l'érosion assez importante s'est produite en aval. Il est donc recommandé de la protéger par un masque en enrochement, comme le montre le plan no. 121 601-302.

### 5.3.3 Le Déversoir

Le déversoir comprend un seuil en maçonnerie dont le niveau de crête est de 10.75 m. Quatre petits massifs en béton surmontent le seuil. Ils comportent des rainures à batardeau et permettent d'augmenter la cote normale de la retenue jusqu'à 11.0 m.

Des réparations à effectuer en béton ordinaire sont nécessaires aux endroits suivants :

. trou au bas du mur de l'appui gauche
. trou au bas du mur de la crête aval
. radier du bassin aval.

De plus, il faudra réparer la chape à mortier, de ciment, à plusieurs endroits et mettre quelques barbacanes.

### 5.3.4 Divers Travaux de Terrassement

Le niveau de crête de la digue se trouve généralement à ou au-dessus de 12.0 m. Cependant, un certain remblayage fait avec des matériaux compacts, est nécessaire afin de toute l'égaliser à ce niveau minimum. Les endroits les plus bas se trouvent en général sur la courte section au sud de l'ouvrage de prise.

La croissance de la végétation sur le talus aval de la digue est considérable. Il faut s'en débarasser afin de permettre un contrôle continuel et efficace de l'infiltration. Dans les devis estimatifs, des sommes ont été allouées pour le déblayage d'une superficie de 7 500 $m^2$.

## 5.4 Barrage de MANGARIVOTRA

Ce barrage est généralement en assez bon état. Il n'y a pas de traces d'affouillement ni de dégats causés par les vagues : une protection supplémentaire n'est donc pas nécessaire.

L'ouvrage de prise est constitué d'une buse de 0,40 m de diamètre. La vanne de garde a disparu et la buse est cassée. Il faudra donc installer une nouvelle vanne (de type 2) et remplacer les sections cassées de la buse. Il faudra aussi prendre garde d'éviter l'affaiblissement de la digue lorsque les travaux d'excavation et de remblayage se feront. Il sera nécessaire de couper la buse existante à l'endroit que montre le plan no. 121 601-305 et de couvrir de béton les nouvelles sections du joint abouté.

Il est recommandé que la chambre d'entrée existante soit démolie et remplacée par un nouvel ouvrage, tel qu'il est présenté au plan No. 121 601/305. Une échelle limnimétrique devra être mise en place.

## 5.5 Travaux de Terrassement des Canaux

Le réseau du barrage d'IVAKOANA est alimenté par les canaux dont la liste se trouve au Tableau 5.1. Le canal de NOSIALA, qui alimente le secteur sud, n'est plus utilisé puisque cette zone a été plantée de palmiers à huile qui n'ont pas besoin d'être irrigué. Tous les autres canaux alimentent les rizières et ils ont tous été inspectés pour établir leur état actuel.

L'état de ces canaux est très médiocre, principalement à droite des sols des marais. Il est probable que lors de l'exécution des travaux, la couche de tourbe sous-jacente n'ait pas été enlevée. On a pu observé en de nombreux endroits les affaissements des cavaliers et du plafond des canaux ainsi que des pertes d'eau par infiltration très importantes.

Là où affleurent des alluvions hydromorphes peu épaisses, reposant sur une couche de tourbe (zone du partiteur A), l'amplitude des phénomènes d'affaissement et de pertes par infiltration est particulièrement forte.

Tableau 5.1 Canaux du Réseau de l'IVAKOANA

| Désignation | Nom alternatif | Longueur arpentée |
|---|---|---|
| Canal principal | IVAKOANA | 3,8 km |
| Canal principal | MIDEBOKA | 3,0 km |
| Canal A | MAROFARIHY | 2,8 km |
| Canal B | MEDIAN | 4,2 km |
| Canal B' | ZONE III | 1,8 km |
| - | NOSIALA | - |

Ces phénomènes sont en outre accentués par une charge hydraulique relativement importante résultant de la conception de l'aménagement, créant des drains en bordure des canaux.

Aucune donnée sûre des capacités d'origine des canaux et des niveaux de commande n' est disponible. La méthode adoptée a donc été de calculer la capacité existante de transport pour chaque canal arpenté, en utilisant la formule de Manning. En tenant compte du mauvais état des canaux, la valeur adoptée pour le coefficient de rugosité "n" a été de 0,03. Le profil en travers de calcul a été sélectionné d'après l'examen des profils en travers arpentés. La pente de calcul a été sélectionnée d'après l'examen du profil longitudinal arpenté. La profondeur de débit de l'eau a ensuite été déterminée afin de maintenir une revanche minimale de 0.20 m, sauf là où les berges des canaux sont basses. Les résultats de cette analyse sont résumés aux Tableaux 5.2 et 5.3.

Les capacités calculées de cette façon sont généralement considérablement plus grandes que celles des débits de pointe calculées sur la base des besoins en eau d'irrigation présentée au Chapitre 4. Les capacités des canaux n'imposeront donc pas de restriction sur l'étendue future de la culture du riz. La capacité de réserve est considérable et permet d'envisager l'irrigation des rizières à l'est de la voie ferrée.

Les quantités estimées des travaux de terrassement sont présentées aux Tableaux 5.2 et 5.3 pour chaque canal. Mis à part certains endroits où il faudra élargir les tronçons trop étroits des canaux, les travaux de terrassement consistent généralement à remplir les endroits bas et à combler les brèches locales des cavaliers des canaux. Une brèche importante se trouve sur le Canal Principal (rive droite), au km 1 + 385. D'une façon générale, le curage, le faucardage et le reprofilage sont nécessaires partout sur le réseau. Les quantités données aux Tableau 5.2 et 5.3 comprennent des allocations pour le colmatage similaire des drains parallèles aux canaux.

Tableau 5.2 Canal Principal (amont, partiteur A)

| Tronçon du Canal | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Longueur | m | 200 | 270 | 1630 | 1000 | 470 | |
| Pente | % | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | |
| Débit de calcul | $m^3/s$ | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | 1,5 | |
| Profondeur de l'eau, h | m | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | |
| Largeur du fond, l | m | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | 3,0 | |
| **Désignation des prix** | **unité** | | | | | | **Quantité totale** |
| Déblai pour recalibrage du canal | $m^3$ | - | - | - | 150 | 120 | 270 |
| Remblai pour rehaussement des cavaliers | $m^3$ | - | 25 | 400 | 75 | 10 | 500 |
| Faucardage, reprofilage et curage du canal | $m^2$ | 500 | 500 | 3000 | 500 | 1000 | 5 500 |

Tableau 5.3 Canaux Secondaires

| Canal | | Canal P | | Canal A | | Canal B | | Zone 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Tronçon du canal | | 6 | 7 | 1 | 2 | 1 | 2 | - | |
| Longueur | m | 1500 | 1500 | 200 | 2600 | 1300 | 2900 | 1800 | |
| Pente | % | 0,02 | 0,04 | 0,05 | 0,06 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | |
| Débit de calcul | $m^3/s$ | 0,5 | 0,45 | 1,6 | 0,7 | 1,8 | 0,85 | 0,2 | |
| Profondeur de l'eau, h | m | 0,80 | 0,60 | 1,0 | 0,8 | 1,0 | 0,8 | 0,4 | |
| Largeur du fond, l | m | 1,5 | 1,5 | 2,0 | 1,0 | 3,0 | 1,5 | 1,0 | |
| **Désignation des prix** | **unité** | | | | | | | | **Quantité totale** |
| Déblai pour recalibrage du canal | $m^3$ | 60 | 60 | - | - | - | - | - | 120 |
| Remblai pour rehaussement des cavaliers | $m^3$ | 20 | 70 | 20 | 180 | 40 | 60 | 30 | 420 |
| Faucardage, reprofilage, curage du canal | $m^2$ | 4500 | 4500 | 2000 | 14000 | 5000 | 7000 | 3000 | 40 000 |

## 5.6 Ouvrages des Canaux

### 5.6.1 Les Partiteurs

Les partiteurs A, B et C, montrés au plan no. 121 601-301, sont tous en bon état. Deux des trois passes de l'ouvrage C ont été obstruées (en béton secondaire) car l'irrigation est devenue inutile à l'aval du point C (palmeraies).

Aucun travail n'est prévu sur ces ouvrages.

### 5.6.2 Les Régulateurs

On trouve plusieurs régulateurs à batardeaux dont les emplacements sont montrés sur le plan no 121 601-301. Il s'agit généralement de la section d'un canal, au profil trapézoïdal, revêtue de maçonnerie ou de béton, ayant des rainures de batardeau inclinées. Deux ouvrages dont les piles sont verticales, se trouvant sur le canal principal, au km 2 + 100 et au km 3 + 100, font exception. Il semble que les batardeaux manquent sur plusieurs ouvrages.

Bien que ces ouvrages soient raisonnablement en bon état, on propose de remplacer tous les ouvrages de forme trapézoïdale par de nouveaux ouvrages ayant des pertuis simples ou jumelés, de 1,50 m de large. Il sera donc possible d'avoir des batardeaux standard. Les nouveaux ouvrages seraient construits en maçonnerie, comme le montre le plan no. 121 601-307.

Tableau 5.4 Les Régulateurs

| Canal | Métrage | Largeur existante | Largeur proposée |
|---|---|---|---|
| Principal | 0 + 500 | 3,0 | 2 x 1,5 |
| | 2 + 100* | 2 x 2,0 | - |
| | 3 + 100* | 2 x 2,4 | - |
| A | 1 + 150 | 1,0 | 1,5 |
| B | 0 + 800 | 1,5 | 1,5 |
| | 2 + 100 | 1,5 | 1,5 |
| | 2 + 600 | 1,5 | 1,5 |

* Tous les profils sont trapézoïdaux, sauf ceux marqués d'une *.

### 5.6.3 Les ouvrages de Chute

Il n'y a qu'un seul ouvrage de chute situé au km 0 + 200, sur le canal principal. Il s'agit d'un ouvrage en maçonnerie et il est en bon état. Il a cependant une brèche sur l'appui droit. Elle semble résulter des renards qui existent autour des murs en aile un peu trop courts. L'érosion du lit de la structure et des berges, en aval de la prise, est considérable.

On propose de réparer la brèche en la remblayant avec des matériaux compacts et convenables. Une protection en gabions devra être mise en

place sur une longueur d'environ 2,5 m, en aval de l'ouvrage. On recommande aussi l'installation d'une échelle limnimétrique en amont de l'ouvrage, qui, après étalonnage, pourra être utilisée pour métrer les débits du canal principal.

### 5.6.4 Les Ouvrages de Prise

Ces ouvrages, constitués par une vanne à glissement localisée, à l'amont d'une buse, sont dans un état très variable.

En règle générale, les prises sur le canal principal (canal de l'IVAKOANA) sont dans un état plutôt satisfaisant.

Les prises sur les autres canaux (quand elles existent) ont souvent été détruites. L'irrigation se fait le plus souvent à partir des brèches dans les cavaliers. En particulier, le canal MIDEBOKA (canal principal en aval du partiteur A) ne comporte aucun ouvrage de prise.

On ne peut envisager d'entreprendre la réhabilitation ou la modification extensive de ces prises à court terme. Il est donc proposé d'installer des nouvelles vannes seulement aux prises sélectionnées, dont la liste se trouve au Tableau 5.5, et de construire deux nouvelles prises aux emplacements montrés aussi au Tableau 5.5. On considère que ces travaux sont urgents, si l'on veut réduire les pertes d'eau dans ces canaux.

Tableau 5.5 Les Ouvrages de Prise

| Canal | Métrage | Vanne | Type de Vanne | Observation |
|---|---|---|---|---|
| | (m) | (mm) | | |
| Principal | 1 + 380 | 300 | 1 | Nouvel ouvrage |
| | 1 + 620 | 300 | 1 | Nouvel ouvrage |
| | 2 + 650 | 300 | 1 | Nouvel ouvrage |
| | 3 + 100 | 750 | 2 | Ouvrage existant |
| A | 665 | 750 | 2 | Ouvrage existant |
| | 1 + 150 | 750 | 2 | Ouvrage existant |
| | 1 + 730 | 750 | 2 | Ouvrage existant |
| | 2 + 230 | 750 | 2 | Ouvrage existant |
| B | 800 | 300 | 1 | Ouvrage existant |
| | 1 + 730 | 300 | 1 | Ouvrage existant |
| | 2 + 086 | 300 | 1 | Ouvrage existant |
| | 2 + 585 | 300 | 1 | Ouvrage existant |

Les nouveaux ouvrages situés au km 1 + 620 et km 2 + 650, sur le canal principal, sont du type standard que montre le plan no. 121 601-306. Cependant, l'ouvrage au km 1 + 380 est un peu différent et est montré au plan no. 121 601-308. Cet ouvrage remplace une prise existante dont l'état laisse à désirer à cause d'une brêche importante dans le cavalier du canal principal, juste en amont de cette brêche. Les réparations projetées comprennent le prolongement du drain déjà existant de la buse au delà de la prise du canal tertiaire. La bâche en bois ne sera plus nécessaire par la suite.

## 5.7 Gestion et Entretien

L'AMVR s'occupe des palmiers à huile ; le Génie Rural, dont la direction se trouve à FARAFANGANA, s'occupe de l'irrigation et du périmètre rizicole.

Le personnel employé par le Génie Rural s'élève à l'heure actuelle à 22 personnes qui se répartissent de la façon suivante :

. 1 secrétaire
. 7 conducteurs d'engins (mais les engins ont été transférés à l'Entreprise 3A)
. 1 chef de réseau (agent technique d'équipement rural)
. 4 maçons
. 2 gardes des eaux
. 2 chauffeurs (mais aucun véhicule)
. 1 chef de chantier
. 1 charpentier
. 2 cantonniers
. 1 gardien de barrage

Il n'y a pas de véhicules, ni de machines, ni même de bicyclettes à la disposition du personnel. Les travaux d'entretien sont exécutés exclusivement à la main, mais ils sont assez bien faits.

Le nombre actuel de personnes est considéré comme suffisant, mais les sept conducteurs de machines et les deux chauffeurs de véhicules semblent être en surnombre.

A court terme, il serait possible d'effectuer tous les travaux d'entretien à la main, mais à long terme, il serait souhaitable d'obtenir une série de machines pour l'entretien.

## 5.8 Réalisation

Le Génie Rural n'ayant pas de machines, il est recommandé d'employer une entreprise pour que les actions prévues à court terme soient exécutées. Une solution alternative possible serait de mobiliser les paysans sous la direction du Génie Rural pour entreprendre les travaux de terrassement à faire dans les canaux, la construction des autres ouvrages étant faite par une entreprise.

## 6. ESTIMATIONS DES COÛTS

### 6.1 Coûts de Construction

Les estimations des coûts de construction sont résumées au Tableau 6.1. Un devis plus détaillé des quantités et des coûts est donné en Annexe B.

Le coût total de construction est estimé s'élever à 42.495.000 FMG, ce qui équivaut à 64.400 FMG par hectare irrigué.

Tableau 6.1 Récapitulation des Prix (000 FMG)

| Désignation | FMG ('000) |
|---|---|
| Prix généraux | 1 940 |
| Travaux de terrassement | 13 870 |
| Ouvrages d'art | 11 542 |
| Appareillage hydraulique | 7 768 |
| sous-total | 35 120 |
| Surveillance des travaux d'ingénierie (10%) | 3 512 |
| Imprévus et divers (10%) | 3 863 |
| Total | 42 495 |

### 6.2 Coûts de Gestion et d'Entretien

Le coût annuel de gestion et d'entretien est estimé s'élever à 7.200.000 FMG en 1982, ou 12.000 FMG par hectare irrigué. Cette somme est considérée comme suffisante pour la gestion et l'entretien à l'avenir. Un budget annuel de 12.000 FMG par hectare irrigué a donc été adopté dans l'analyse économique.

# 7 ANALYSES ECONOMIQUES

## 7.1 Le producteur

Le riziculteur moyen à AMBILA-MANAKARA cultive environ 0,60 hectare de riz. Cette superficie demande 67 hommes-jours de travail, dont 43 de travail familial.

Ce producteur pourrait exploiter jusqu'à 0,66 hectares de riz à la suite des réparations. L'exploitation demandera 78 hommes-jours de travail, dont 50 de travail familial.

La valorisation d'une journée de travail familial sera haussée de 492 FMG/jour hors projet à 601 FMG/jour à la suite des réparations. Le revenu du ménage moyen exploitant de riz sera donc élevé par un chiffre de 8.890 FMG par an.

Si le producteur doit payer des redevances au niveau de 10 kg de paddy par hectare et par an, le revenu familial sera réduit de 495 FMG par an et la hausse nette du revenu familial sera de 8.400 FMG par an.

## 7.2 La collectivité régionale

Le périmètre d'AMBILA-MANAKARA est actuellement déficitaire en riz et la région est approvisionnée en riz par des bateaux qui font la navette entre MANAKARA et la ville de TOAMASINA.

Il est espéré qu'à la suite des réparations, la situation sera la suivante:

| | |
|---|---|
| - Production actuelle de paddy : 600 ha ; 1,5 t/ha | : 900 tonnes |
| - Population dépendant du périmètre | : 9.500 |
| - Demande annuelle de paddy | : 4.700 tonnes |
| - Production de paddy à la suite des réparations | : 1.089 tonnes |

Il y aura donc un accroissement de 20 % à la production du paddy, mais malgré cela, la région restera largement déficitaire.

## 7.3 La collectivité nationale

### 7.3.1 Les coûts économiques

Le coût économique des réparations proposées à court terme est de 46.347.000 FMG. 47 pour cent des coûts financiers sont en devises.

### 7.3.2 Les coûts économiques et les seuils d'investissement

Le niveau des dépenses de fonctionnement proposé à la suite des réparations est de 12.000 FMG par hectare irrigué. Les dépenses d'investissement proposées représentent une somme de 70.220 FMG par hectare irrigué. Cette somme est juste au-dessus du seuil d'investissement minimum (voir Figure C.2)et sans aucun doute, les dépenses seront justifiées, si les rendements obtenus ne sont qu'un peu au dessus du minimum attendu.

### 7.3.3 Calcul des Taux Internes de Rentabilité Economique

Deux calculs des taux internes de rentabilité économique sont présentés. Le premier utilise le rendement escompté de base (un accroissement de 150 kgs de paddy par hectare). Le deuxième calcul utilise le rendement le plus optimiste (un accroissement de 480 kgs de paddy par hectare).

Les résultats du Tableau 7.1 indiquent que le TIRE avec la hausse minimum espérée au rendement serait de 2,4 pour cent. Le TIRE avec la hausse optimiste serait très élevé - au-dessus de 50 pour cent.

## 7.4 Conclusion

Les investissements proposés sont presque rentables même en supposant des bénéfices minimums. Si, par exemple, on étendait le calcul sur un horizon de sept ans, le TIRE avec la hausse minimum au rendement serait de presque 8 pour cent et la valeur actualisée nette de l'investissement avec un taux d'actualisation de 5 pour cent serait de plus de 4 millions de FMG. Les investissements proposés sont donc recommandés.

Figure C.3

# Seuils d'Investissement
## Périmètre Ambila-Manakara

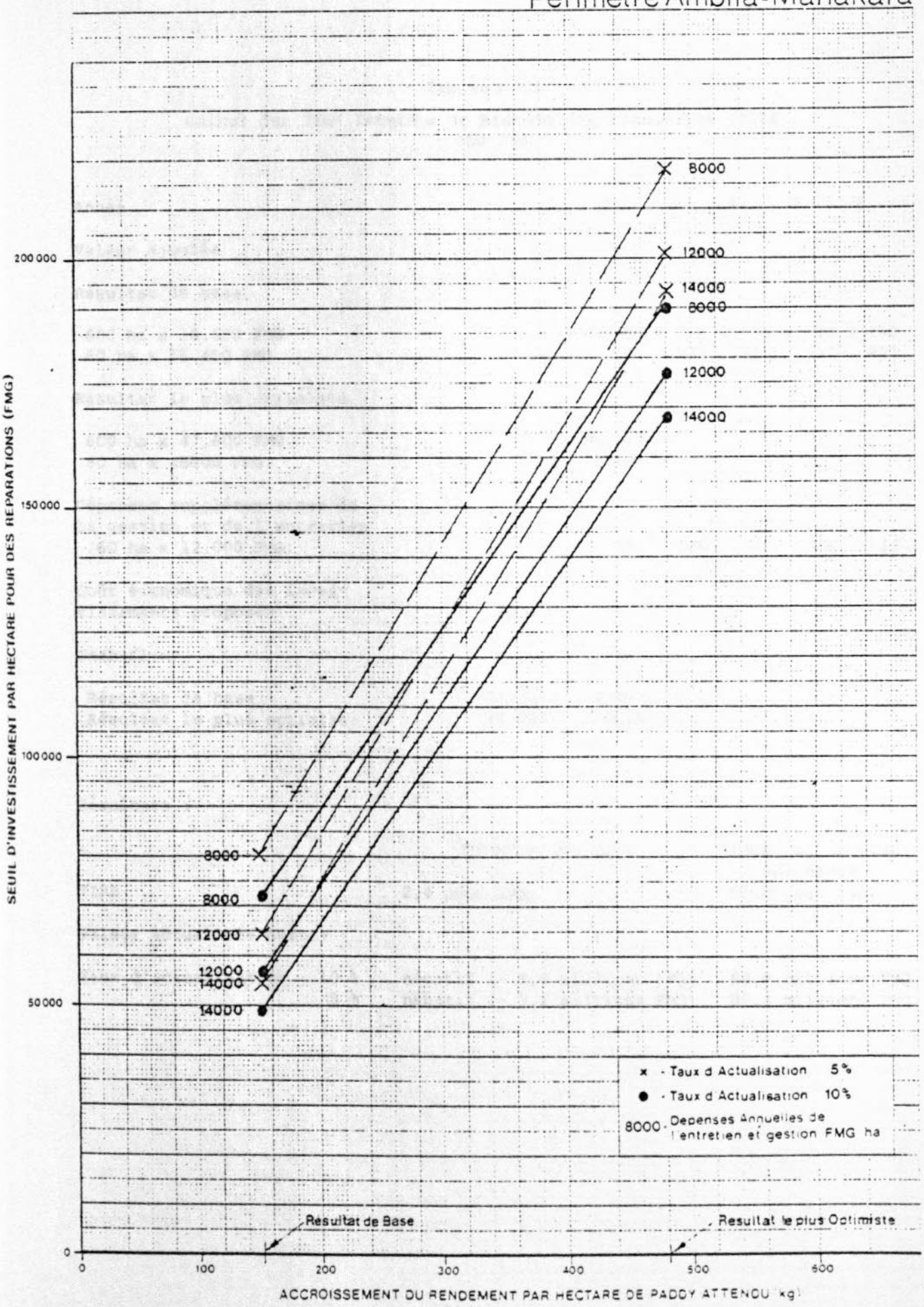


Tableau 7.1

Calcul des Taux Internes de Rentabilité Economique (TIRE)
(.000 FMG)

| Année | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Valeur ajoutée | | | | | | | |
| Résultat de base | | | | | | | |
| 600 ha x 16.250 FMG | | - | 9.750 | 9.750 | 9.750 | 9.750 | 9.750 |
| 60 ha x 15.450 FMG | | - | 927 | 927 | 927 | 927 | 927 |
| Résultat le plus optimiste | | | | | | | |
| 600 ha x 47.600 FMG | | - | 28.560 | | | | |
| 60 ha x 46800 FMG | | - | 2.808 | | | | |
| Dépenses supplémentaires de la gestion et de l'entretien (60 ha x 12.000 FMG) | | - | 720 | 720 | 720 | 720 | 720 |
| Coût économique des investissements proposés | 46.347 | - | - | - | - | - | - |
| Cash flow | | | | | | | |
| Résultat de base | (46.347) | | 9.957 | | | | |
| Résultat le plus optimiste | (46.347) | | 30.648 | | | | |

Résultats :

| | | Résultat de base | Résultat le plus optimiste |
|---|---|---|---|
| TIRE | | 2,4 pour cent | 59,8 pour cent |
| Valeur actualisée nette: | | | |
| Taux d'actualisation : | 10 % | négatif (- 8,6 millions FMG) | 69,8 millions FMG |
| | 5 % | négatif (- 3,2 millions FMG) | 86,3 millions FMG |

## 8. PROPOSITIONS A MOYEN TERME

### 8.1 Généralités

Une étude des ressources en eau est nécessaire pour établir le plan le plus efficace permettant de combiner les eaux disponibles des rivières MANAMBAROA, MANANANO et SAHANIKATRA avec les eaux emmagasinées des réservoirs d'IVAKOANA et de MANGARIVOTRA. Cette étude devra aussi tenir compte des problèmes posés par la qualité de l'eau, le drainage et les pertes d'eau par infiltration au travers des canaux. Les coûts et les avantages de barrages alternatifs de développement aussi étudiés dans les Dossiers Techniques, seront présentés à l'Administration. L'agronomie et la socio-économie du périmètre fera aussi l'objet d'une étude plus détaillée incluse dans cette étude.

Une fois que l'Administration aura sélectionné une solution de préférence, une deuxième phase sera nécessaire pour la préparation d'un avant-projet détaillé et pour faire des appels d'offre en ce qui concerne la rationalisation et le développement du périmètre.

### 8.2 Portée des Etudes

| | |
|---|---|
| Hydrologie | . collecte et révision des données hydrologiques des rivières MANAMBAROA, MANANANO et SAHANIKATRA<br>. mise en place, calibrage et mise en fonction d'enregistreurs automatiques des niveaux d'eau sur les trois rivières<br>. évaluation de la probabilité de récurrence des bas débits et des débits en période de crue<br>. investigations des problèmes de drainage<br>. analyses de la qualité de l'eau<br>. évaluation des paramètres des réservoirs et de leur comportement<br>. évaluation des besoins en eau d'irrigation<br>. préparation d'alternatives de développement des ressources en eau |
| Etudes topographiques | . sondage du réservoir pour l'évaluation du volume de sédiments emmagasinés dans le réservoir. |
| Génie hydraulique (Chef de Projet) | . coordination de "l'étude" et liaison avec l'Administration et les collectivités locales<br>. investigations et mesures des pertes par infiltration des canaux<br>. trous à la tarière dans les lits des canaux pour estimer la profondeur de la tourbe<br>. installation de piézomètres et observation de la nappe phréatique du barrage en terre d'IVAKOANA<br>. planning de rationalisation et de développement du réseau d'irrigation et de drainage<br>. formation du personnel et préparation du manuel d'entretien et de fonctionnement<br>. préparation de l'Avant-Projet Sommaire et des Dossiers Techniques |
| Agronomie | . riziculture actuelle et potentielle à l'est de la voie ferrée |

. besoins en eau du riz
. problèmes pédologiques
. vulgarisation (rôle de l'AMVR).

Socio-économie . situation foncière (AMVR)
. commercialisation du riz
. crédit, approvisionnement des intrants
. prix élevé de la main d'oeuvre locale
. concurrence entre la riziculture et les autres exploitations pour se procurer de la main d'oeuvre (palmiers à huile, opération café-poivre)
. préparation des budgets financiers et économiques de l'exploitation de la culture du paddy,
. évaluation financière et économique des deux solutions alternatives.

## 8.3 Planning et Personnel

Les lignes directrices du planning données ci-dessous concernent la réalisation de l'étude des ressources en eau. Le planning de la seconde phase, la préparation de l'Avant-Projet Détaillé et des Appels d'Offres pour la rationalisation et le développement du périmètre dépendront de la sélection du plan de développement des ressources en eau.

| Mois | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Hommes -mois |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Etudes topographiques (a) | ■ | ■ | ■ | | | | | | | - |
| Hydrologie | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | 9 |
| Génie hydraulique | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | 9 |
| Agronomie | | | | | | ■ | | | | 1 |
| Socio-économie | | | | | | ■ | | | ■ | 2 |
| Remise du rapport d'aménagement | | | | | | | | | | - |
| | | | | | | | Total | | | 21 |

(a) par sous-traitance

# ANNEXE A

## BESOINS EN EAU D'IRRIGATION

# ANNEXE A

## INTRODUCTION

Les pages suivantes présentent :

- les données climatiques ;
- l'évapotranspiration estimée d'après les données climatiques suivant la méthode de PENMAN ;
- les besoins en eau d'irrigation pour les cultures rizicoles.

La méthode de calcul des besoins en eau d'irrigation est expliquée au Chapitre 5 du Volume 1, Contexte Ressources en Eau.

DONNEES DE CLIMAT ET EVAPOTRANSPIRATION

3. AMBILA - MANAKARA

| DATE (MDY) | TMAX DEG.C | TMIN DEG.C | TMEAN DEG.C | TDEW DEG.C | RHMAX | RHMIN | RHMEAN | EA MB | ED MB | UDAY M/S | U24 KM | SUNHRS HRS | NRATIO | SOLRAD MM/DAY | RN | EPAN MM/DAY | URATIO |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1/ 0/ 0 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 0.0 | 85 | 85 | 85 | 33.6 | 28.6 | 7.6 | 492.9 | 5.88 | 0.44 | 8.20 | 5.32 | 0.00 | 2.00 |
| 2/ 0/ 0 | 26.0 | 26.0 | 26.0 | 0.0 | 85 | 85 | 85 | 33.6 | 28.6 | 7.0 | 451.8 | 6.28 | 0.49 | 8.15 | 5.21 | 0.00 | 2.00 |
| 3/ 0/ 0 | 25.3 | 25.3 | 25.3 | 0.0 | 85 | 85 | 85 | 32.3 | 27.4 | 7.0 | 451.8 | 4.00 | 1.00 | 11.12 | 6.60 | 0.00 | 2.00 |
| 4/ 0/ 0 | 24.3 | 24.3 | 24.3 | 0.0 | 85 | 85 | 85 | 30.4 | 25.8 | 6.0 | 390.2 | 7.00 | 0.60 | 6.91 | 4.02 | 0.00 | 2.00 |
| 5/ 0/ 0 | 22.2 | 22.2 | 22.2 | 0.0 | 85 | 85 | 85 | 26.8 | 22.8 | 5.1 | 328.6 | 6.38 | 0.58 | 5.69 | 3.05 | 0.00 | 2.00 |
| 6/ 0/ 0 | 20.5 | 20.5 | 20.5 | 0.0 | 85 | 85 | 85 | 24.1 | 20.5 | 5.1 | 328.6 | 4.78 | 0.44 | 4.50 | 2.33 | 0.00 | 2.00 |
| 7/ 0/ 0 | 20.0 | 20.0 | 20.0 | 0.0 | 86 | 86 | 86 | 23.4 | 20.1 | 5.7 | 369.7 | 4.28 | 0.39 | 4.44 | 2.37 | 0.00 | 2.00 |
| 8/ 0/ 0 | 20.2 | 20.2 | 20.2 | 0.0 | 84 | 84 | 84 | 23.7 | 19.9 | 6.7 | 431.3 | 6.28 | 0.55 | 6.05 | 3.27 | 0.00 | 2.00 |
| 9/ 0/ 0 | 21.1 | 21.1 | 21.1 | 0.0 | 83 | 83 | 83 | 25.0 | 20.8 | 8.6 | 554.5 | 6.48 | 0.54 | 7.15 | 4.14 | 0.00 | 2.00 |
| 10/ 0/ 0 | 22.6 | 22.6 | 22.6 | 0.0 | 83 | 83 | 83 | 27.4 | 22.8 | 9.5 | 616.1 | 7.78 | 0.62 | 8.77 | 5.27 | 0.00 | 2.00 |
| 11/ 0/ 0 | 24.2 | 24.2 | 24.2 | 0.0 | 85 | 85 | 85 | 30.2 | 25.7 | 8.2 | 534.0 | 6.28 | 0.48 | 8.34 | 5.29 | 0.00 | 2.00 |
| 12/ 0/ 0 | 25.4 | 25.4 | 25.4 | 0.0 | 85 | 85 | 85 | 32.5 | 27.6 | 7.6 | 492.9 | 5.98 | 0.44 | 8.21 | 5.30 | 0.00 | 2.00 |

RESULT OF ET ESTIMATION BY VARIOUS METHODS

| MONTH/DAY/YEAR | BLANEY | RADIATION | PENMAN | CORR. PEN. | ETPAN |
|---|---|---|---|---|---|
| | MM/DAY | MM/DAY | MM/DAY | MM/DAY | MM/DAY |
| 1/ 0/19 0 | 0.000 | 5.055 | 6.011 | 0.000 | 0.000 |
| 2/ 0/19 0 | 0.000 | 4.966 | 5.788 | 0.000 | 0.000 |
| 3/ 0/19 0 | 0.000 | 6.818 | 6.758 | 0.000 | 0.000 |
| 4/ 0/19 0 | 0.000 | 4.000 | 4.560 | 0.000 | 0.000 |
| 5/ 0/19 0 | 0.000 | 3.063 | 3.512 | 0.000 | 0.000 |
| 6/ 0/19 0 | 0.000 | 2.287 | 2.907 | 0.000 | 0.000 |
| 7/ 0/19 0 | 0.000 | 2.243 | 2.936 | 0.000 | 0.000 |
| 8/ 0/19 0 | 0.000 | 3.304 | 3.950 | 0.000 | 0.000 |
| 9/ 0/19 0 | 0.000 | 4.196 | 5.163 | 0.000 | 0.000 |
| 10/ 0/19 0 | 0.000 | 5.391 | 6.346 | 0.000 | 0.000 |
| 11/ 0/19 0 | 0.000 | 5.062 | 5.954 | 0.000 | 0.000 |
| 12/ 0/19 0 | 0.000 | 5.017 | 5.945 | 0.000 | 0.000 |
| AVERAGE | 0.000 | 4.282 | 4.986 | 0.000 | 0.000 |

3. AMBILA-MANAKARA : 1

BESOINS EN EAU D'IRRIGATION

| MOIS | | NOV | | | DEC | | | JAN | | | FEV | | | MARS | | | AVRIL | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ETo | mm/jour | | 6,0 | | | 5,9 | | | 6,0 | | | 5,8 | | | 6,8 | | | 4,6 | |
| Pluie (80%) | mm | | 51 | | | 112 | | | 180 | | | 175 | | | 215 | | | 127 | |
| Pluie Utile | mm | | 41 | | | 90 | | | 126 | | | 123 | | | 150 | | | 89 | |
| PERIODE A | Eto | | | | | | 65 | 60 | 60 | 66 | 58 | 58 | 64 | 68 | 68 | 75 | 46 | | |
| | Kc | | | | | | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | | |
| | Etc | | | (5) | (5) | (5) | 72 | 66 | 66 | 72 | 64 | 64 | 67 | 71 | 71 | 79 | 24 | | |
| | Pré-irrigation | (10) | 100 | (5) | | 50 | | | | | | | | | | | | | |
| | Saturation et Percolation | | | | | 50 | 11 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 8 | 10 | 10 | 11 | 5 | | |
| | Aug.de la lâme d'eau | | | | | 50 | | 25 | 25 | | | | | | | | | | |
| | BESOINS TOTAUX | 10 | 100 | 10 | 5 | 155 | 83 | 101 | 101 | 83 | 74 | 74 | 75 | 81 | 81 | 90 | 29 | | |
| | Pluie Utile | 14 | 14 | 13 | - | 29 | 32 | 41 | 41 | 44 | 44 | 44 | 35 | 48 | 48 | 54 | 15 | | |
| | BESOINS NETS | - | 86 | - | - | 126 | 51 | 60 | 60 | 39 | 30 | 30 | 40 | 33 | 33 | 36 | 14 | | |
| | BESOINS A LA PRISE TERTIAIRE | - | 101 | - | - | 148 | 60 | 71 | 71 | 46 | 35 | 35 | 47 | 39 | 39 | 42 | 16 | | |
| PERIODE B | Eto | | | | | | | 60 | 60 | 66 | 58 | 58 | 64 | 68 | 68 | 75 | 46 | 46 | |
| | Kc | | | | | | | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | |
| | Etc | | | | (5) | (5) | (5) | 66 | 66 | 73 | 64 | 64 | 70 | 71 | 71 | 79 | 48 | 24 | |
| | Pré-irrigation | | (10) | 100 | (5) | | 50 | | | | | | | | | | | | |
| | Saturation et Percolation | | | | | | 50 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 8 | 10 | 10 | 11 | 10 | 5 | |
| | Aug.de la lâme d'eau | | | | | | 50 | | 25 | 25 | | | | | | | | | |
| | BESOINS TOTAUX | | 10 | 100 | 10 | 5 | 155 | 76 | 101 | 109 | 74 | 74 | 78 | 81 | 81 | 90 | 58 | 29 | |
| | Pluie Utile | | 14 | 13 | 29 | - | 32 | 41 | 41 | 44 | 44 | 44 | 35 | 48 | 48 | 54 | 30 | 15 | |
| | BESOINS NETS | | - | 87 | - | - | 123 | 35 | 60 | 65 | 30 | 30 | 43 | 33 | 33 | 36 | 28 | 14 | |
| | BESOINS A LA PRISE TERTIAIRE | | - | 101 | - | - | 145 | 41 | 71 | 76 | 35 | 35 | 51 | 39 | 39 | 42 | 33 | 16 | |
| PERIODE C | Eto | | | | | | | | 60 | 66 | 58 | 58 | 64 | 68 | 68 | 75 | 46 | 46 | 51 |
| | Kc | | | | | | | | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |
| | Etc | | | | | (5) | (5) | (5) | 66 | 73 | 64 | 64 | 70 | 75 | 71 | 79 | 48 | 48 | 27 |
| | Pré-irrigation | | | (10) | 100 | (5) | | 50 | | | | | | | | | | | |
| | Saturation et Percolation | | | | | | | 50 | 10 | 11 | 10 | 10 | 8 | 10 | 10 | 11 | 10 | 10 | 5 |
| | Aug. de la lâme d'eau | | | | | | | 50 | | 25 | 25 | | | | | | | | |
| | BESOINS TOTAUX | | | 10 | 100 | 10 | 5 | 155 | 76 | 109 | 99 | 74 | 78 | 85 | 81 | 90 | 58 | 58 | 32 |
| | Pluie Utile | | | 13 | 29 | 29 | - | 41 | 41 | 44 | 44 | 44 | 35 | 48 | 48 | 54 | 30 | 30 | 15 |
| | BESOINS NETS | | | - | 71 | - | - | 114 | 35 | 65 | 55 | 30 | 43 | 37 | 33 | 36 | 28 | 28 | 17 |
| | BESOINS A LA PRISE TERTIAIRE | | | - | 83 | - | - | 134 | 41 | 76 | 65 | 35 | 51 | 44 | 39 | 42 | 33 | 33 | 20 |
| BESOINS MOYENS A LA PRISE | | | 34 | 34 | 28 | 49 | 68 | 82 | 61 | 66 | 45 | 35 | 50 | 41 | 39 | 42 | 27 | 16 | 7 |

3. AMBILA-MANAKARA : 2

BESOINS EN EAU D'IRRIGATION

| MOIS | | JUIN | | | JUILLET | | | AOUT | | | SEPT | | | OCT | | | NOV | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ETo | mm/jour | 2,9 | | | 2,9 | | | 4,0 | | | 5,2 | | | 6,3 | | | 6,0 | | |
| Pluie (80%) | mm | 71 | | | 78 | | | 76 | | | 50 | | | 36 | | | 51 | | |
| Pluie Utile | mm | 50 | | | 55 | | | 53 | | | 35 | | | 29 | | | 41 | | |
| PERIODE A | Eto | | | | | | | 40 | 40 | 44 | 52 | 52 | 52 | 63 | 63 | 69 | 60 | 60 | 60 |
| | Kc | | | | | | | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | | |
| | Etc | | | (5) | (5) | (5) | (5) | 22 | 44 | 48 | 57 | 57 | 57 | 66 | 66 | 72 | 32 | | |
| | Pré-irrigation | | (10) | 100 | (5) | | 50 | | | | | | | | | | | | |
| | Saturation et Percolation | | | | | | 100 | 50 | 50 | 22 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 22 | 10 | | |
| | Aug.de la lâme d'eau | | | | | | 50 | | 25 | 25 | | | | | | | | | |
| | BESOINS TOTAUX | | 10 | 105 | 10 | 5 | 205 | 72 | 119 | 95 | 77 | 77 | 77 | 86 | 86 | 94 | 42 | | |
| | Pluie Utile | | 17 | 16 | 18 | 18 | 19 | 17 | 17 | 19 | 17 | 17 | 18 | 9 | 9 | 11 | 14 | | |
| | BESOINS NETS | | - | 89 | - | - | 186 | 55 | 102 | 76 | 60 | 60 | 59 | 77 | 77 | 83 | 28 | | |
| | BESOINS A LA PRISE TERTIAIRE | | | 124 | - | - | 258 | 76 | 142 | 106 | 83 | 83 | 82 | 107 | 107 | 115 | 39 | | |
| PERIODE B | Eto | | | | | | | | 40 | 44 | 52 | 52 | 52 | 63 | 63 | 69 | 60 | 60 | |
| | Kc | | | | | | | | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | |
| | Etc | | | | (5) | (5) | (5) | (5) | 22 | 48 | 57 | 57 | 57 | 69 | 66 | 72 | 63 | 32 | |
| | Pré-irrigation | | | (10) | 100 | (5) | | 50 | | | | | | | | | | | |
| | Saturation et Percolation | | | | | | | 100 | 50 | 50 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 | 22 | 20 | 10 | |
| | Aug.de la lâme d'eau | | | | | | | 50 | | 25 | 25 | | | | | | | | |
| | BESOINS TOTAUX | | | 10 | 105 | 10 | 5 | 205 | 72 | 123 | 102 | 77 | 77 | 89 | 86 | 94 | 83 | 42 | |
| | Pluie Utile | | | 16 | 18 | 18 | 19 | 17 | 17 | 19 | 17 | 17 | 18 | 9 | 9 | 11 | 14 | 14 | |
| | BESOINS NETS | | | - | 87 | - | - | 188 | 55 | 104 | 85 | 60 | 59 | 80 | 77 | 83 | 69 | 28 | |
| | BESOINS A LA PRISE TERTIAIRE | | | - | 121 | - | - | 261 | 76 | 144 | 118 | 83 | 82 | 111 | 107 | 115 | 96 | 39 | |
| PERIODE C | Eto | | | | | | | | | 40 | 44 | 52 | 52 | 63 | 63 | 69 | 60 | 60 | 60 |
| | Kc | | | | | | | | | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |
| | Etc | | | | | (5) | (5) | (5) | (5) | 22 | 48 | 57 | 57 | 69 | 69 | 72 | 63 | 63 | 32 |
| | Pré-irrigation | | | | (10) | 100 | (5) | | 50 | | | | | | | | | | |
| | Saturation et Percolation | | | | | | | | 100 | 50 | 50 | 20 | 20 | 20 | 20 | 22 | 70 | 20 | 10 |
| | Aug. de la lâme d'eau | | | | | | | | 50 | | 25 | 25 | | | | | | | |
| | BESOINS TOTAUX | | | | 10 | 105 | 10 | 5 | 205 | 72 | 123 | 102 | 77 | 89 | 89 | 94 | 83 | 83 | 42 |
| | Pluie Utile | | | | 18 | 18 | 19 | 17 | 17 | 19 | 17 | 17 | 18 | 9 | 9 | 11 | 14 | 14 | 13 |
| | BESOINS NETS | | | | - | 87 | - | - | 188 | 53 | 106 | 85 | 59 | 80 | 80 | 83 | 69 | 69 | 29 |
| | BESOINS A LA PRISE TERTIAIRE | | | | - | 121 | - | - | 261 | 74 | 147 | 118 | 82 | 111 | 111 | 115 | 96 | 96 | 40 |
| BESOINS MOYENS A LA PRISE | | | | 41 | 40 | 40 | 86 | 113 | 160 | 108 | 116 | 95 | 82 | 110 | 108 | 115 | 77 | 45 | 13 |

3. AMBILA-MANAKARA : 3 SOMMAIRE BESOINS EN EAU D'IRRIGATION

| Mois | Besoins Moyens à la prise (mms) | Besoins de pointe en irrigation à la prise (l/s/ha) | en tête du reseau (l/s/ha) |
|---|---|---|---|
| NOV | 45<br>40<br>34 | 0,5 | 0,6 |
| DEC | 28<br>49<br>68 | 0,7 | 0,8 |
| JAN | 82<br>61<br>66 | 1,0 | 1,1 |
| FEV | 45<br>35<br>50 | 0,7 | 0,8 |
| MARS | 41<br>39<br>42 | 0,5 | 0,6 |
| AVRIL | 27<br>16<br>7 | 0,3 | 0,4 |
| MAI | -<br>-<br>- | - | - |
| JUIN | -<br>-<br>41 | 0,5 | 0,6 |
| JUILLET | 40<br>40<br>86 | 0,9 | 1,1 |
| AOUT | 113<br>160<br>108 | 1,9 | 2,3 |
| SEPT | 116<br>95<br>82 | 1,3 | 1,7 |
| OCT | 110<br>108<br>115 | 1,3 | 1,6 |

NOTES

Efficience de transport 85% (Saison humide), 80% (Saison sèche)
Efficience de distribution 95% (Saison humide), 85% (Saison sèche)
Efficience de l'irrigation 90% (Saison humide), 85% (Saison sèche)

# ANNEXE B

# ESTIMATION DES COUTS

| No des prix | Désignation des prix | Unité | Quantités | PRIX Unitaire (FMG) | PRIX Total ('000 FMG) | Généralités | Digue sur Ivakoana | Prise sur Ivakoana | Prise sur Mangarivotra | Evacuateur sur Ivakoana | Canal principal | Canal A | Canal B | Canal Zone III | Prises nouvelles 2 No | Régulateurs 1,5 m 4 No | Régulateurs 3,0m 1 No | Dalot et prise canal P km 1,38 | Chute sur canal P km 0,2 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | SERIE 0 - PRIX GENERAUX | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 001 | Installation des chantiers | | Forfaitaire | | 1 617 | Forfait | | | | | | | | | | | | | |
| 002 | Essais en laboratoires extérieurs | | Forfaitaire | | 323 | Forfait | | | | | | | | | | | | | |
| | SERIE 100 - TERRASSEMENTS | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 102 | Débrousaillage | m2 | 7 500 | 40 | 300 | | 7 500 | | | | | | | | | | | | |
| 104.1 | Déblai ordinaires | m3 | 281 | 750 | 211 | | 275 | | | | | | | | 3 | | | | |
| 104.2 | Déblai en chambre d'emprunt | m3 | 80 | 640 | 51 | | 80 | | | | | | | | | | | | |
| 104.3 | Fouille d'ouvrage | m3 | 76,1 | 4 700 | 358 | | | | 9 | | | | | | | 5,3 | 10,8 | 35 | |
| 104.4 | Déblai pour recalibrage canaux ou drains | m3 | 430 | 950 | 409 | | | | | | 390 | | | | | | | 40 | |
| 105.1 | Remblai compacté (compactage) | m3 | 80 | 700 | 56 | | | | | | | | | | | | | 80 | |
| 105.2 | Remblai pour rehaussement de cavaliers ou reprise de remblais existants | m3 | 1 010 | 1 100 | 1 111 | | 80 | | | | 600 | 200 | 100 | 30 | | | | | |
| 112.1 | Faucardage, curage, reprofilage des canaux | m2 | 45 500 | 250 | 11 375 | | | | | | 14 500 | 16 000 | 12 000 | 3 000 | | | | | |
| | SERIE 200 - BETON ET MACONNERIE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 201 | Coffrages (plans) | m2 | 60,6 | 7 500 | 455 | | | 14 | 21,5 | | | | | | 4,1 | 2,1 | 4,4 | 4,1 | |
| 202.1 | Armature - acier doux | kg | 612 | 900 | 551 | | | | 279 | | | | | | 45 | 16 | 34 | 145 | |
| 203.1 | Béton propreté (50 mm) | m2 | 6,7 | 3 000 | 20 | | | | 2,9 | | | | | | 0,4 | | | 3,0 | |
| 203.2 | Béton ordinaire | m3 | 50,5 | 68 000 | 3 434 | | | 3,3 | 0,4 | | 35 | | | | 1,4 | | | 9,0 | |
| 203.4 | Béton armé | m3 | 7,9 | 83 000 | 656 | | | | 3,6 | | | | | | 0,6 | 0,2 | 0,4 | 1,9 | |
| 205 | Enrochements | m3 | 330 | 10 000 | 3 300 | | 330 | | | | | | | | | | | | 15 |
| 206 | Perré maçonné | m2 | 54,3 | 14 000 | 760 | | | | | | | | | | | 6,5 | 13,0 | | |
| 207 | Gabions | m3 | 3 | 30 000 | 90 | | | 3 | | | | | | | | | | | |
| 208.2 | Démolition d'ouvrages en B.A | m3 | 2,2 | 60 000 | 132 | | | | 212 | | | | | | | | | | |
| 209. | Repiquage du béton | m2 | 13,0 | 600 | 8 | | | 13 | | | | | | | | | | | |
| 211 | Enduit bétumineux sur béton | m2 | 2,4 | 1 800 | 4 | | | | | | | | | | | 0,4 | 0,8 | | |
| 212.1 | Perré sur couche de graviers o,20 m sur 0,15 m | m2 | 74 | 3 300 | 244 | | | 14 | | | | | | | | | | 60 | |
| 213.1 | Rainures en béton pour batardeaux | m | 16,4 | 5 000 | 82 | | | | 4,4 | | | | | | | 2,0 | 4,0 | | |
| 214 | Plâtrage de mortier de ciment | m2 | 10 | 3 000 | 30 | | | | | | 10 | | | | | | | | |
| | SERIE 300 CANAUX, BUSES, ELEMENTS PREFABRIQUES | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 301.1 | Buse diamètre 0,3 m | m | 13 | 50 000 | 650 | | | | | | | | | | 5 | | | 3 | |
| 301.2 | Buse diamètre 0,4 m | m | 2 | 53 000 | 106 | | | | 2 | | | | | | | | | | |
| 301.5 | Buse diamètre o,8 m | m | 13 | 79 000 | 1 027 | | | | | | | | | | | | | 13 | |
| | SERIE 400 - APPAREILLAGE HYDRAULIQUE | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 402.1 | Vanne type 1 0,3 m diamètre | Nr | 7 | 155 000 | 1 085 | | 4 | | | | | | | | 1 | | | 1 | |
| 402.2 | Vanne type 2 0,4 x 0,4 m | Nr | 1 | 250 000 | 250 | | | | 1 | | | | | | | | | | |
| 402.7 | Vanne type 3 1,0 x 1,0 | Nr | 2 | 1 130 000 | 2 260 | | | 2 | | | | | | | | | | | |
| 402.9 | Vanne type 2 0,75 m diamètre | Nr | 5 | 750 000 | 3 750 | | 5 | | | | | | | | | 0,2 | 0,4 | | |
| 403 | Bois pour madrier et batardeaux | m3 | 1,15 | 150 000 | 173 | | | | | | | | | | | 2 | 2 | | |
| 405 | Crochets de levage pour les batardeaux | Nr | 10 | 12 500 | 125 | | | | | | | | | | | | | | 1 |
| 406 | Echelle limnimétrique | m | 5 | 25 000 | 125 | | | 2,5 | 1,5 | | | | | | | | | | |
| | PRIX TOTAL ('000 FMG) | | | | 35 120 | | 6 310 | 3 945 | 2 796 | 1 337 | 2 410 | 4 656 | 4 220 | 3 110 | 783 | 1 250 | 900 | 439 | 2 728 | 235 |

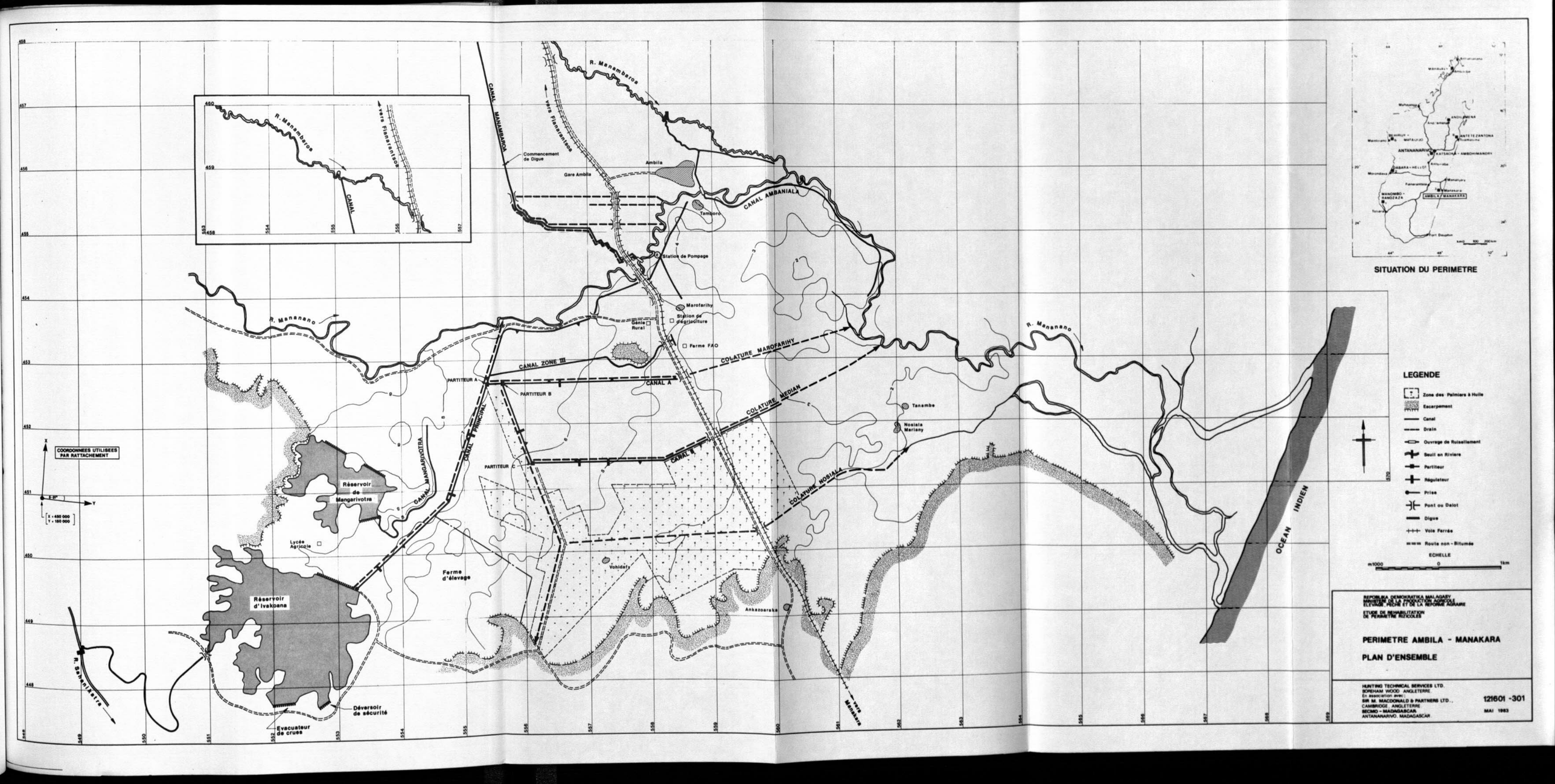
ANNEXE C

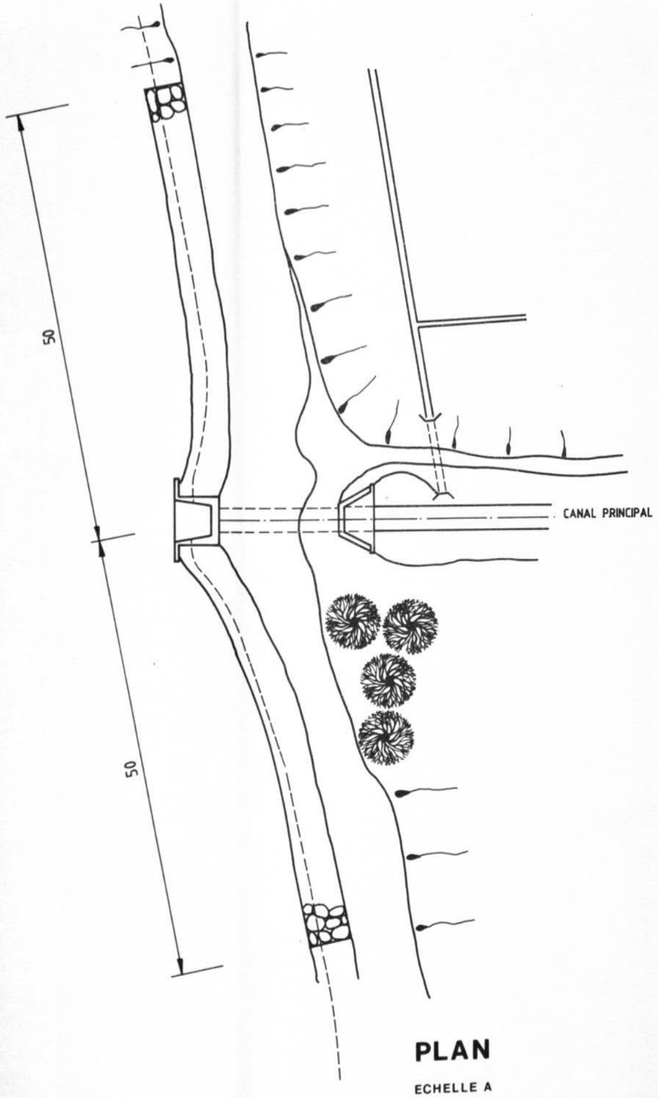
PIECES DESSINEES

## PIECES DESSINEES

## PERIMETRE : 3. AMBILA - MANAKARA

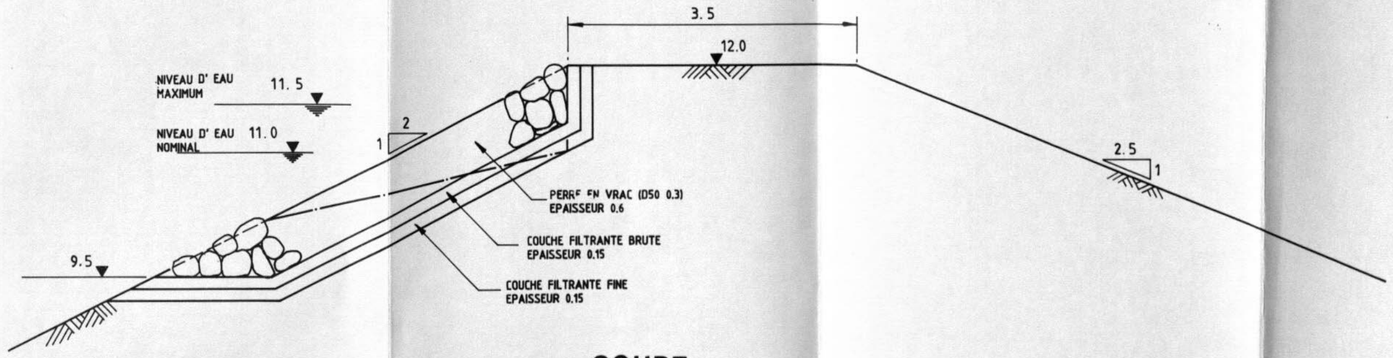
| PLAN NO. | TITRE |
|---|---|
| 121601 - 301 | PLAN D'ENSEMBLE |
| 121601 - 302 | REFECTION DU TALUS AMONT DU BARRAGE D'IVAKAONA |
| 121601 - 303 | EVACUATEUR D'IVAKAONA : REFECTIONS PROPOSEES |
| 121601 - 304 | PRISE PRINCIPALE D'IVAKAONA |
| 121601 - 305 | PRISE PRINCIPALE DE MANGARIVOTRA |
| 121601 - 306 | PRISE TERTIARE |
| 121601 - 307 | OUVRAGE REGULATEUR |
| 121601 - 308 | PRISE ET AQUEDUC DE DRAINAGE CANAL PRINCIPAL KM1,4 |
| 121601 - 309 | VANNE TYPE 1 |
| 121601 - 310 | VANNES TYPE 2 ET 3 |
| 121601 - 311 | DETAIL DES PERRES ET D'EMPLACEMENT DES VANNES TYPES 2 ET 3 |


R. Menamberos
vers Fianarantsoa
CANAL MANAMBAROA
Commencement de Digue
Gare Ambila
Ambila
Tamboro
CANAL AMBANIALA
Station de Pompage
Marofarihy
Station de pédriculture
Génie Rural
Ferme FAO
COLATURE MAROFARIHY
R. Menanano
CANAL ZONE III
PARTITEUR A
PARTITEUR B
CANAL A
COLATURE MEDIAN
Tanambe
Nosiala Mariany
CANAL B
PARTITEUR C
COLATURE NOSIALA
CANAL MANGARIVOTRA
CANAL PRINCIPAL
Réservoir de Mangarivotra
Lycée Agricole
Ferme d'élevage
Vohidafo
Ankazoaraka
Réservoir d'Ivakoana
R. Ganolitsitra
Déversoir de sécurité
Evacuateur de crues
OCEAN INDIEN
vers Mananjary
COORDONNEES UTILISEES PAR RATTACHEMENT
X = 450 000
Y = 150 000
SITUATION DU PERIMETRE
ANTANANARIVO
ANDILAMENA
MANOMBO - RANOZAFA
AMBILA / MANAKARA
Fort Dauphin
LEGENDE
Zone des Palmiers à Huile
Escarpement
Canal
Drain
Ouvrage de Ruissellement
Seuil en Rivière
Partiteur
Régulateur
Prise
Pont ou Dalot
Digue
Voie Ferrée
Route non - Bitumée
ECHELLE
m1000
0
1km
REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY
MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE
ELEVAGE, PECHE ET DE LA REFORME AGRAIRE
ETUDE DE REHABILITATION
DE PERIMETRE RIZICOLES
PERIMETRE AMBILA - MANAKARA
PLAN D'ENSEMBLE
HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD.
BOREHAM WOOD ANGLETERRE
En association avec:
SIR M. MACDONALD & PARTNERS LTD.,
CAMBRIDGE ANGLETERRE
BECMO - MADAGASCAR
ANTANANARIVO, MADAGASCAR
121601 -301
MAI 1983



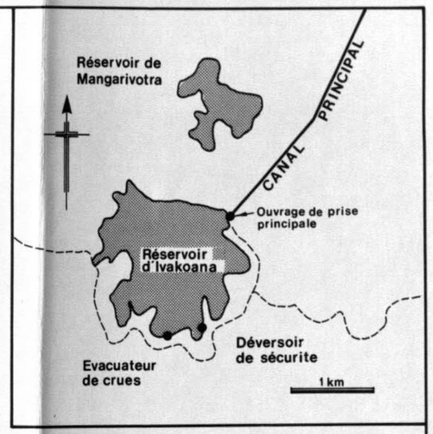

## PLAN

ECHELLE A




## COUPE

ECHELLE B




ECHELLES

A: 10 0 10 20

B: 1 0 1 2

NOTES

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN METRES.

**PERIMETRE AMBILA-MANAKARA**

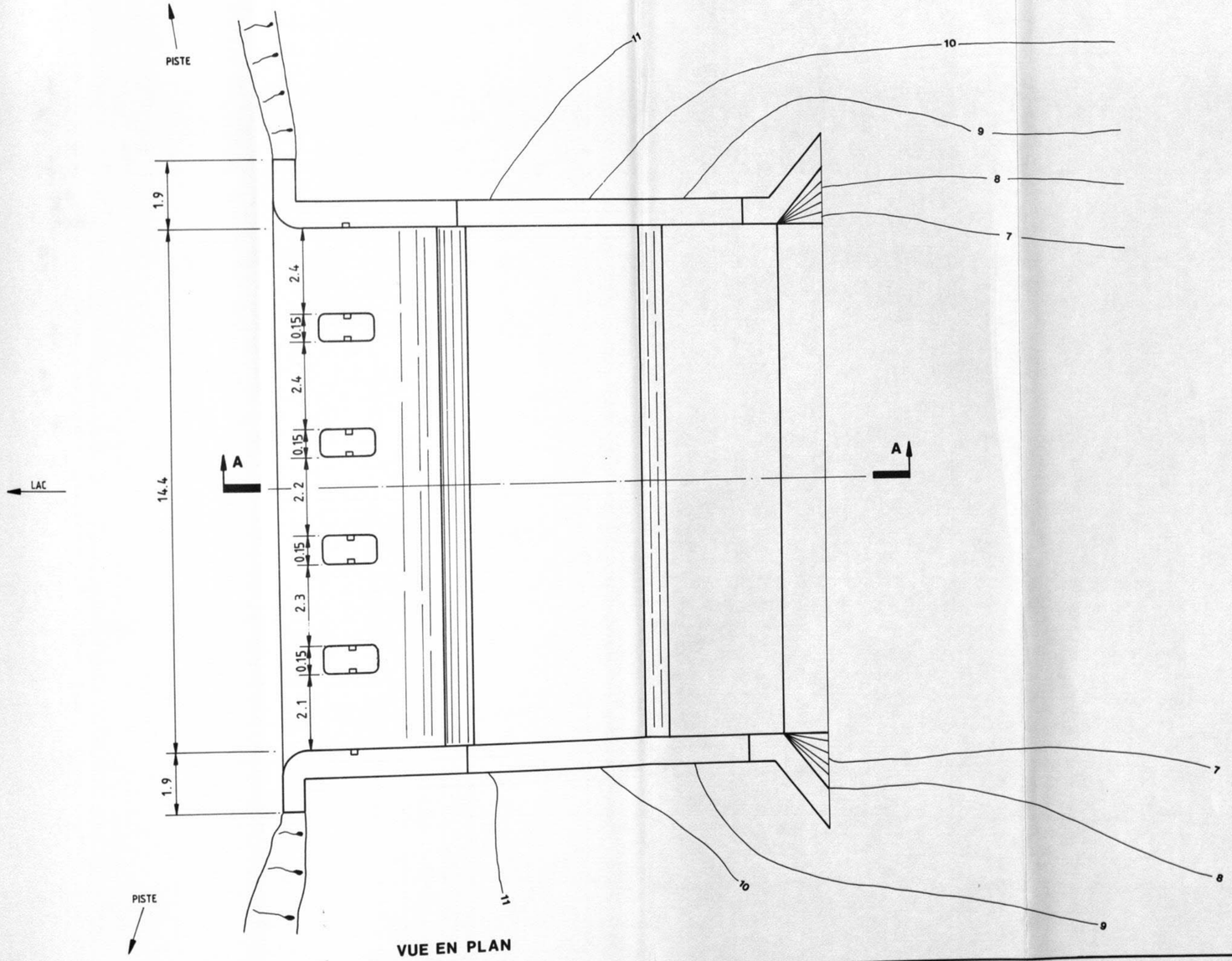
**REFECTION DU TALUS AMONT**

**DU BARRAGE D'IVAKOANA**

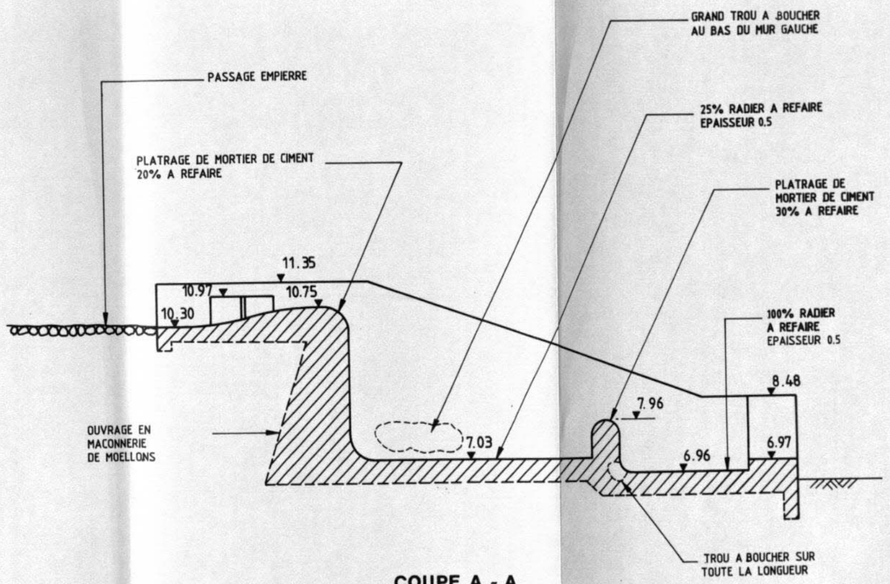
HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD
BOREHAM WOOD ANGLETERRE
SIR M MACDONALD & PARTNERS LTD
CAMBRIDGE ANGLETERRE
SECMO - MADAGASCAR
ANTANANARIVO MADAGASCAR

12801 -302

MAI 1983




VUE EN PLAN




COUPE A - A

ECHELLE

m1 0 1 2 3 4 5m

NOTES

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN METRES

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY
MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE
ELEVAGE PECHE ET DE LA REFORME AGRAIRE

ETUDE DE REHABILITATION
DE PERIMETRE RIZICOLES

**AMBILA – MANAKARA**

**EVACUATEUR D'IVAKOANA**

**REFECTIONS PROPOSEES**

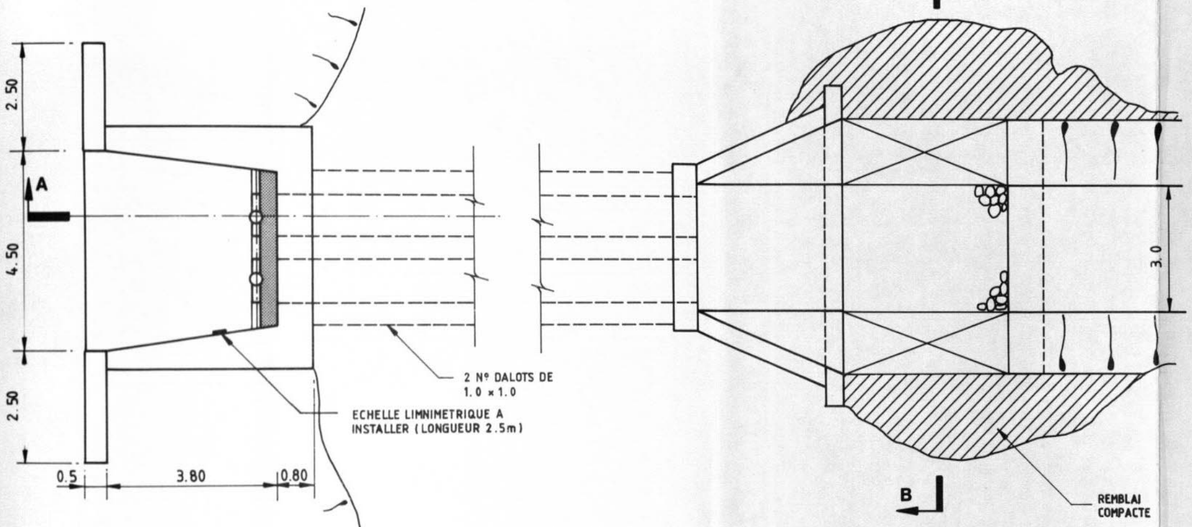
HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD
BOREHAM WOOD ANGLETERRE

SIR M MACDONALD & PARTNERS LTD
AMBREKE ANGLETERRE

SECMO – MADAGASCAR
ANTANANARIVO MADAGASCAR

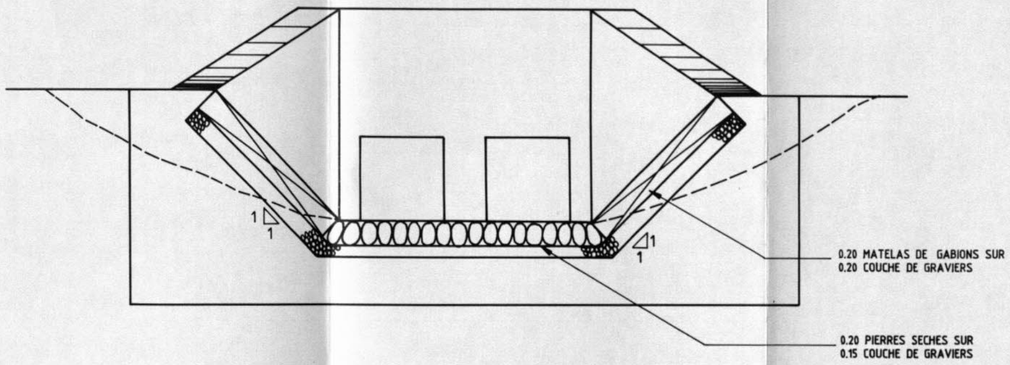
121601 303

MAI 1983




## VUE EN PLAN

ECHELLE A

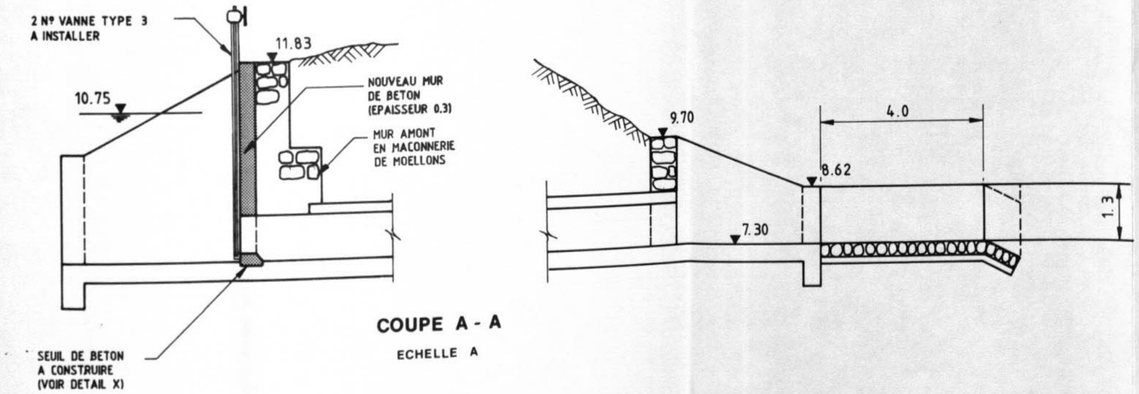



## COUPE B - B

ECHELLE B

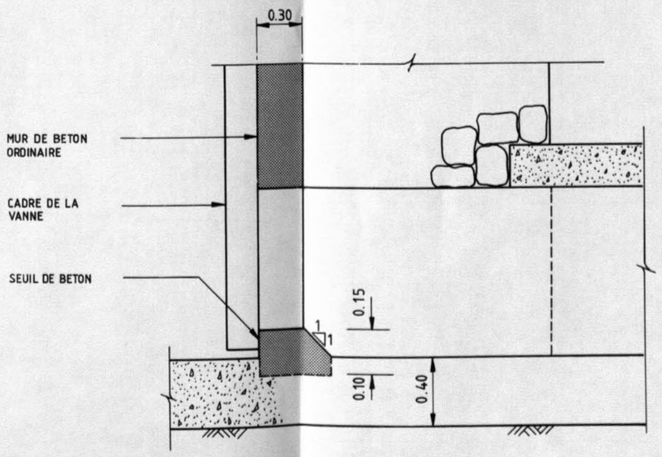
NOTES

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN METRES
2. POUR DETAILS DE: VOIR PLAN No
   VANNE TYPE 3 121601-310
   PERRE 121601-311




## COUPE A - A

ECHELLE A




## DETAIL X

ECHELLE C

ECHELLES

A: m1 0 1 2 3 4 5m

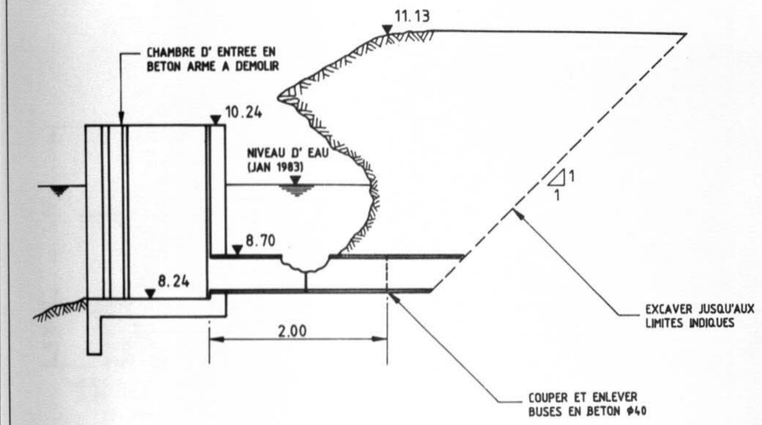
B: m1 0 2m

C: m1.0 0 1,0m

AMBILA - MANAKARA

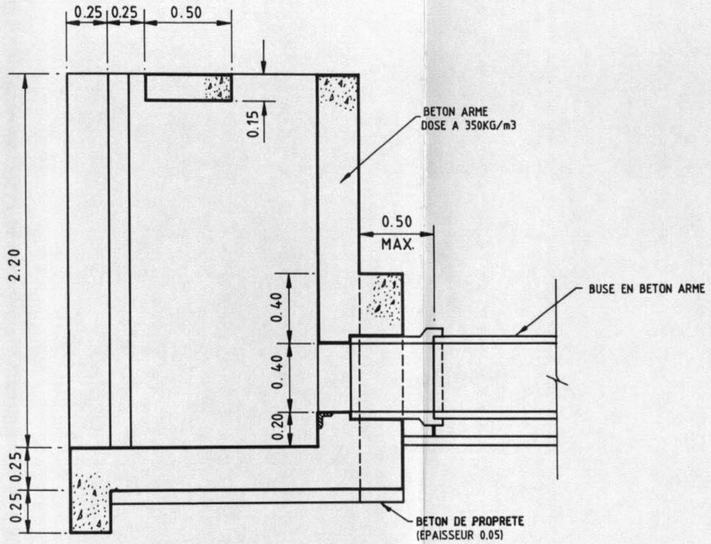
PRISE PRINCIPALE D'IVAKOANA

121601 - 304



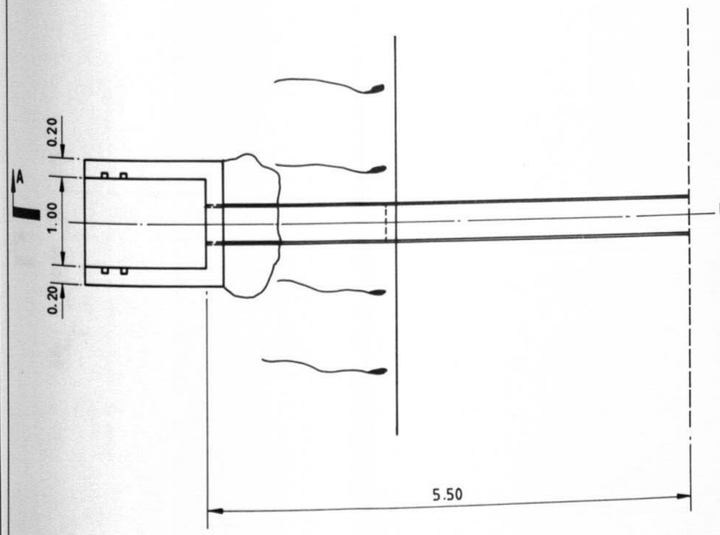

**COUPE A - A**
**(ACTUEL)**

ECHELLE A



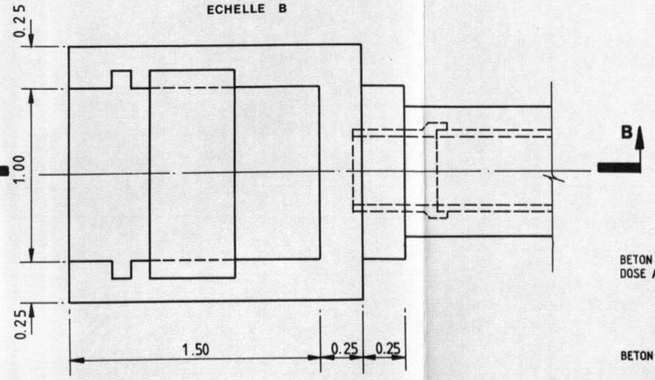

**COUPE B - B**

ECHELLE B



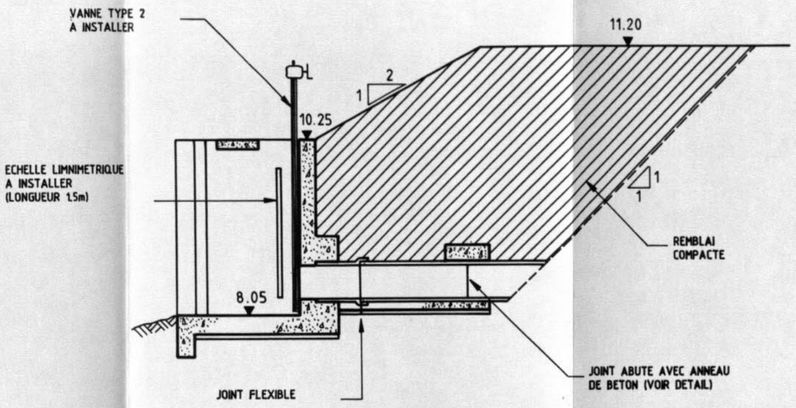

**VUE EN PLAN**

ECHELLE A



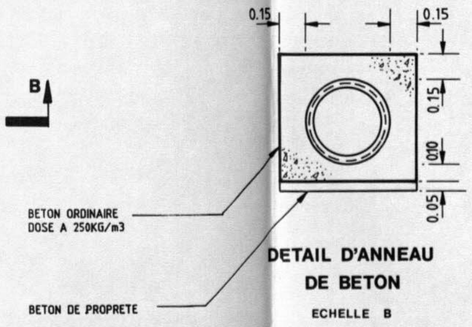

**NOUVEAU CHAMBRE D'ENTREE**

ECHELLE B




**COUPE A - A**
**(FUTUR)**

ECHELLE A




**DETAIL D'ANNEAU DE BETON**

ECHELLE B

NOTES

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN METRES
2. POUR DETAILS DE: VOIR PLAN No
   VANNE TYPE 2 121601-310

**ECHELLES**

A

m1.0 0 1.0 2.0m

B

m0.5 0 0.5 1.0m

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY
MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE, ELEVAGE PECHE ET DE LA REFORME AGRAIRE

ETUDE DE REHABILITATION DE PERIMETRE RIZICOLES

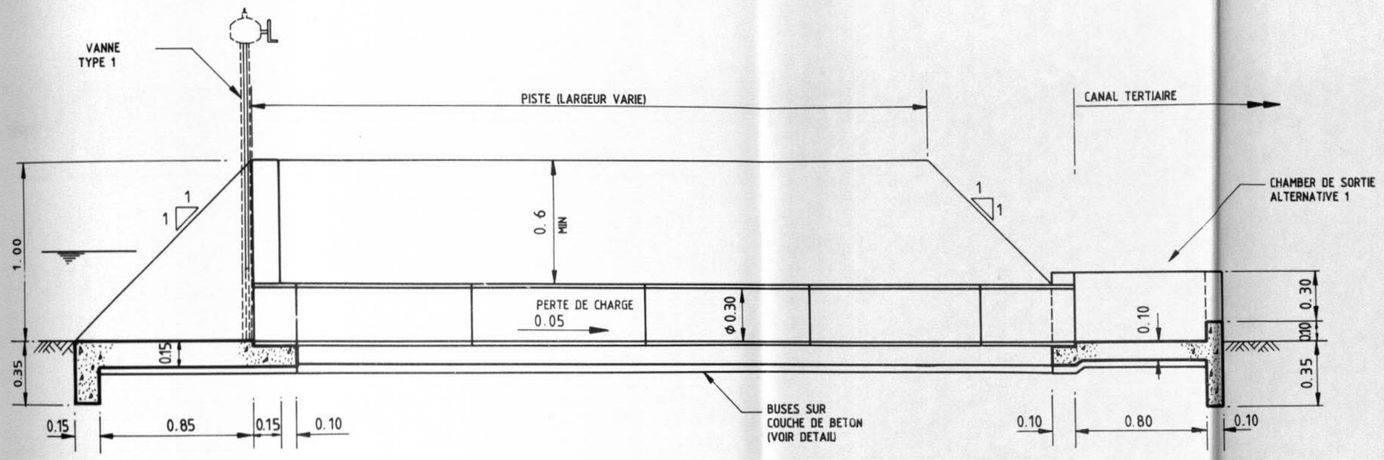
**AMBILA – MANAKARA**

**PRISE PRINCIPALE SUR MANGARIVOTRA**

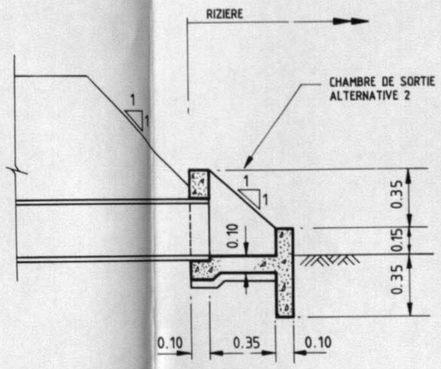
HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD
BOREHAM WOOD ANGLETERRE
En association avec
SIR M. MACDONALD & PARTNERS LTD
CAMBRIDGE ANGLETERRE
BECMO - MADAGASCAR
ANTANANARIVO MADAGASCAR

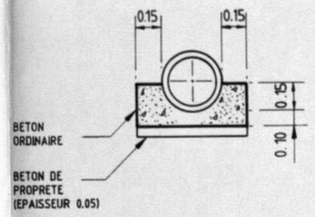
121601 -305

MAI 1983

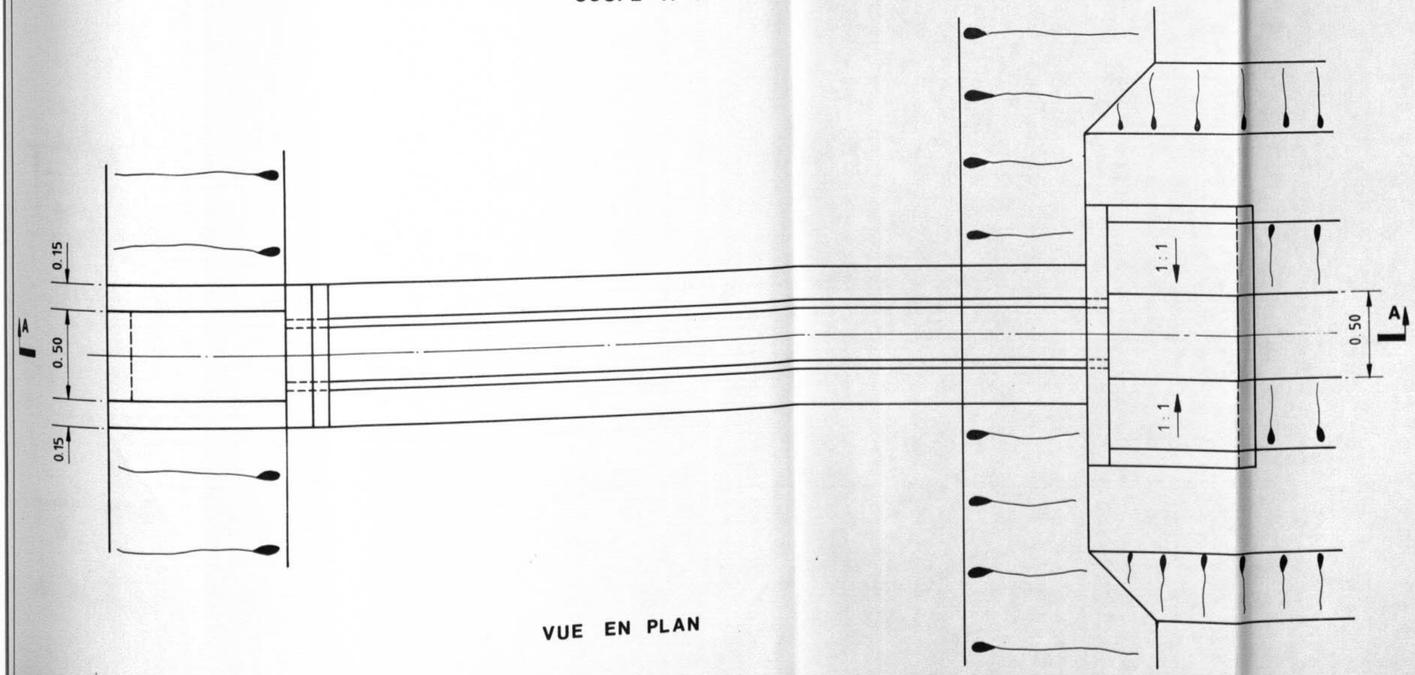



COUPE A - A

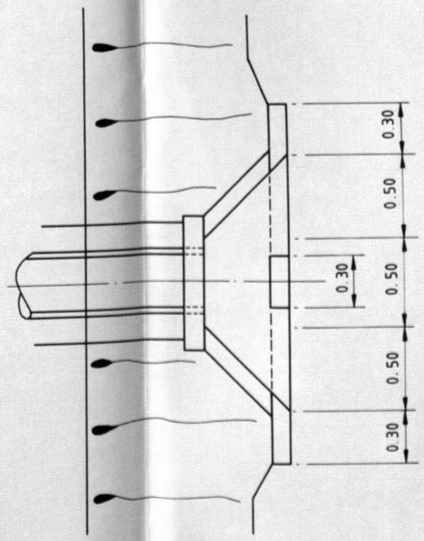



DETAIL DE LA COUCHE DE BETON




VUE EN PLAN




NOTES

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN METRES.
2. POUR DETAILS DE LA VANNE VOIR PLAN No 121601-3

ECHELLE

m0.5 0 1.0 1.5m

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY
MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE
ELEVAGE PECHE ET DE LA REFORME AGRAIRE

ETUDE DE REHABILITATION
DE PERIMETRE RIZICOLES

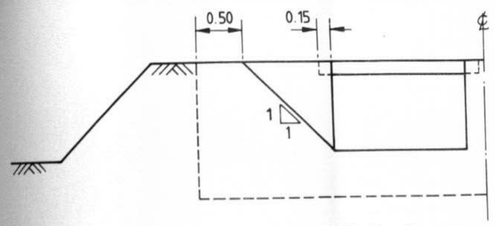
AMBILA - MANAKARA

PRISE TERTIAIRE

HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD
BOREHAM WOOD ANGLETERRE
EN ASSOCIATION AVEC
SIR M MACDONALD & PARTNERS LTD
CAMBRIDGE ANGLETERRE
BECRED - MADAGASCAR
ANTANANARIVO MADAGASCAR

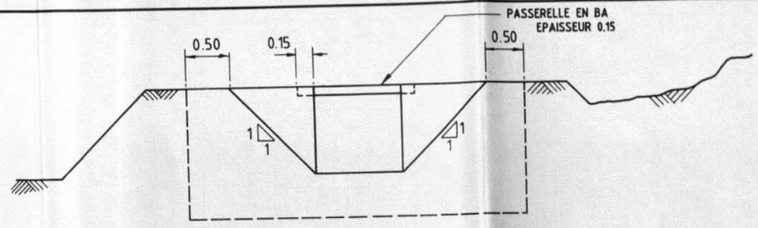
121601 - 306

MAI 1983



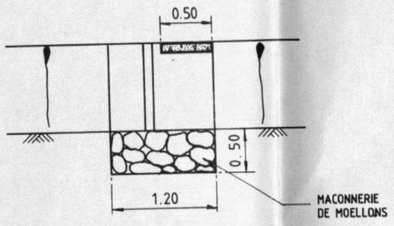

**COUPE A - A**

ECHELLE A



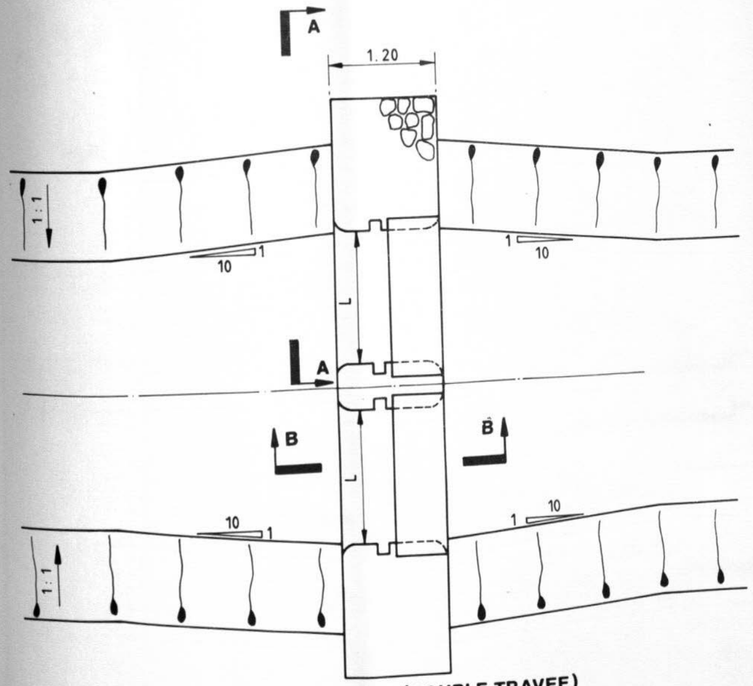

**COUPE C - C**

ECHELLE A



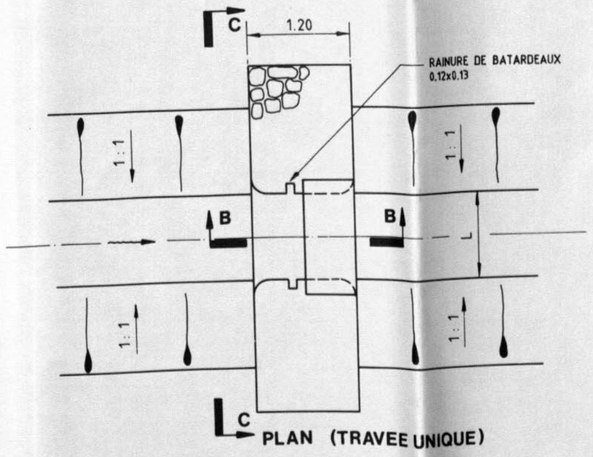

**COUPE B - B**

ECHELLE A



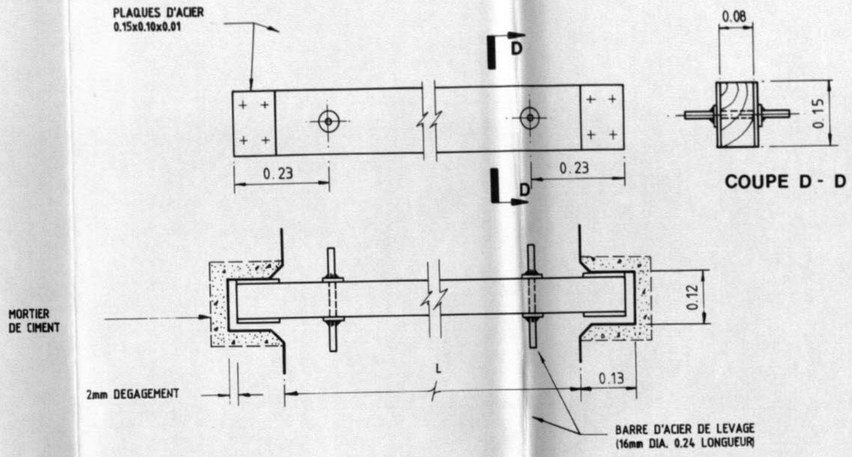

**PLAN (DOUBLE TRAVEE)**

ECHELLE A




**PLAN (TRAVEE UNIQUE)**

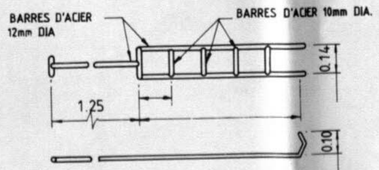
ECHELLE A




**COUPE D - D**

**BATARDEAU (EN BOIS DUR)**

ECHELLE B




**CROCHET DE LEVAGE**

ECHELLES

A

m1 0 1 2m

B

m·1 ·0 ·1 ·2 ·3 ·4 ·5m

NOTES

1. TOUTES LES DIMENSIOUS SONT EN METRES SAUF INDICATION CONTRAIRE .

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE MALGACHE
MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE
ETUDE AEAE ET DE LA MECANISATION AGRICOLE

ETUDE DE REHABILITATION
DE PERIMETRE RIZICOLE

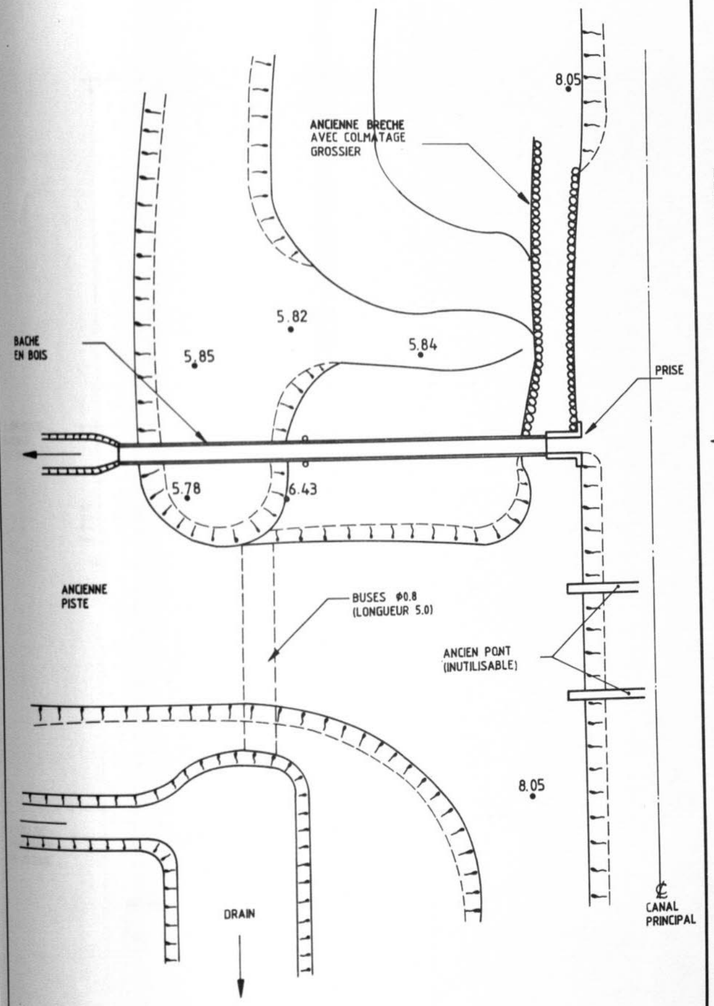
**AMBILA - MANAKARA**

**OUVRAGE REGULATEUR**

HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD
BOREHAM WOOD ENGLETERRE
SIR M. MACDONALD & PARTNERS LTD
AMBATOLO ENGLETERRE
SECMO - MADAGASCAR
ANTANANARIVO MADAGASCAR

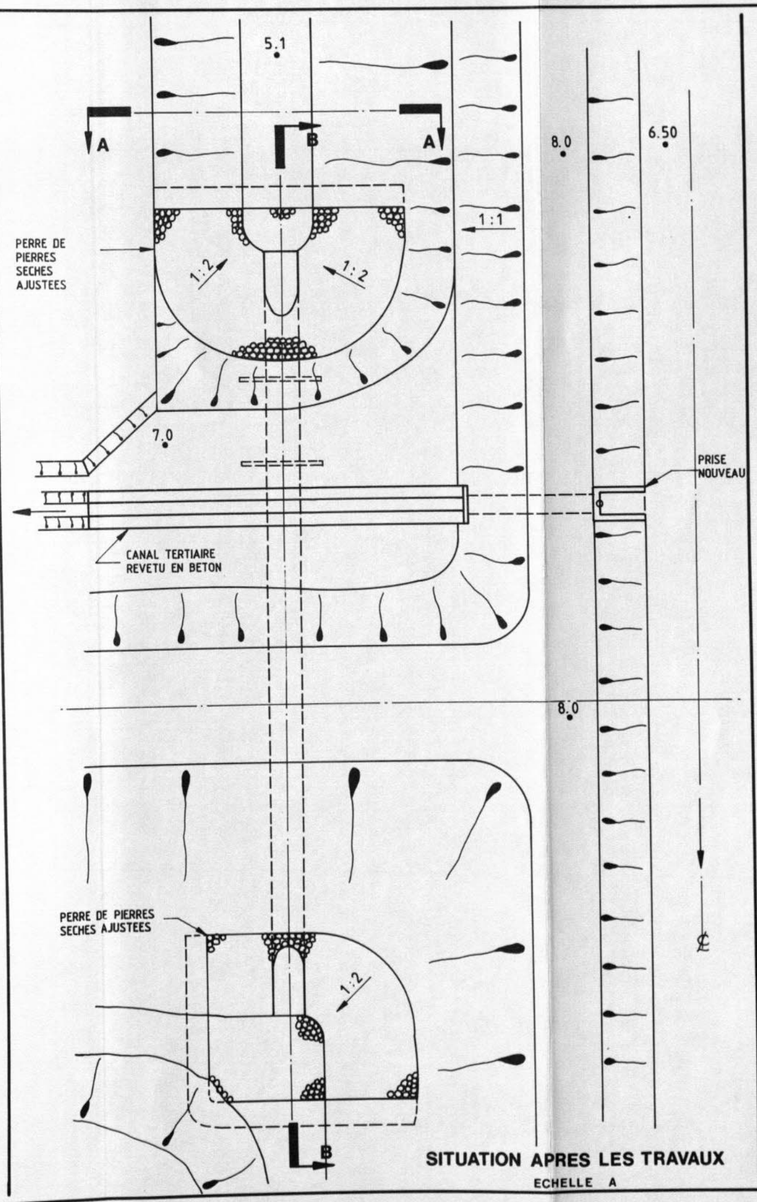
121601 - 307

MAI 1983



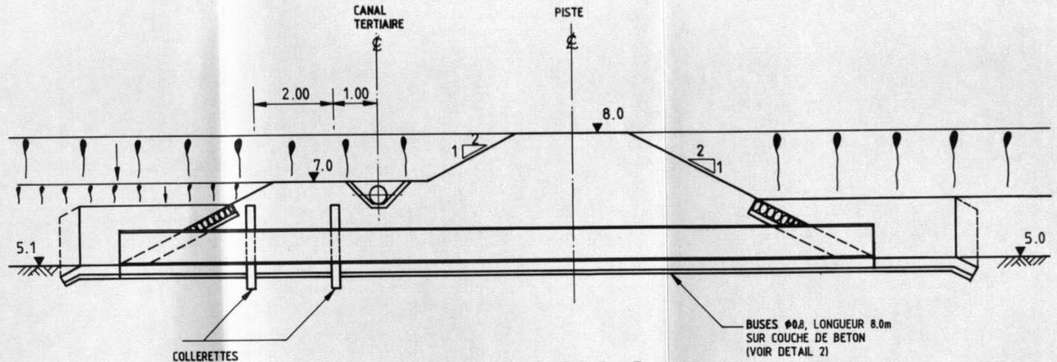

## SITUATION ACTUELLE

ECHELLE A



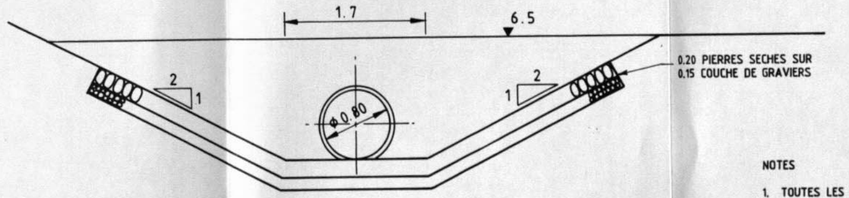

## SITUATION APRES LES TRAVAUX

ECHELLE A




## COUPE B - B

ECHELLE A

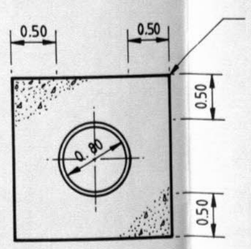



## COUPE A - A

ECHELLE B

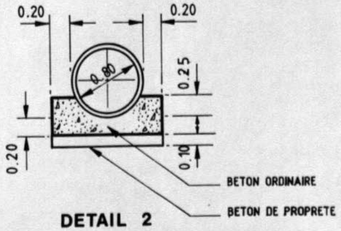
NOTES

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN METRES
2. POUR DETAIL DE: PERRE — VOIR PLAN N. 121601-311




## DETAIL 1

ECHELLE B




## DETAIL 2

ECHELLE B

ECHELLES

A

m1 0 1 2 3 4 5m

B

m1 0 1 2m

REPOBLIKA DEMOKRATIKA MALAGASY
MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE
ELEVAGE, PECHE ET DE LA REFORME AGRAIRE

ETUDE DE REHABILITATION
DE PETITES RIZICOLES

**AMBILA - MANAKARA**

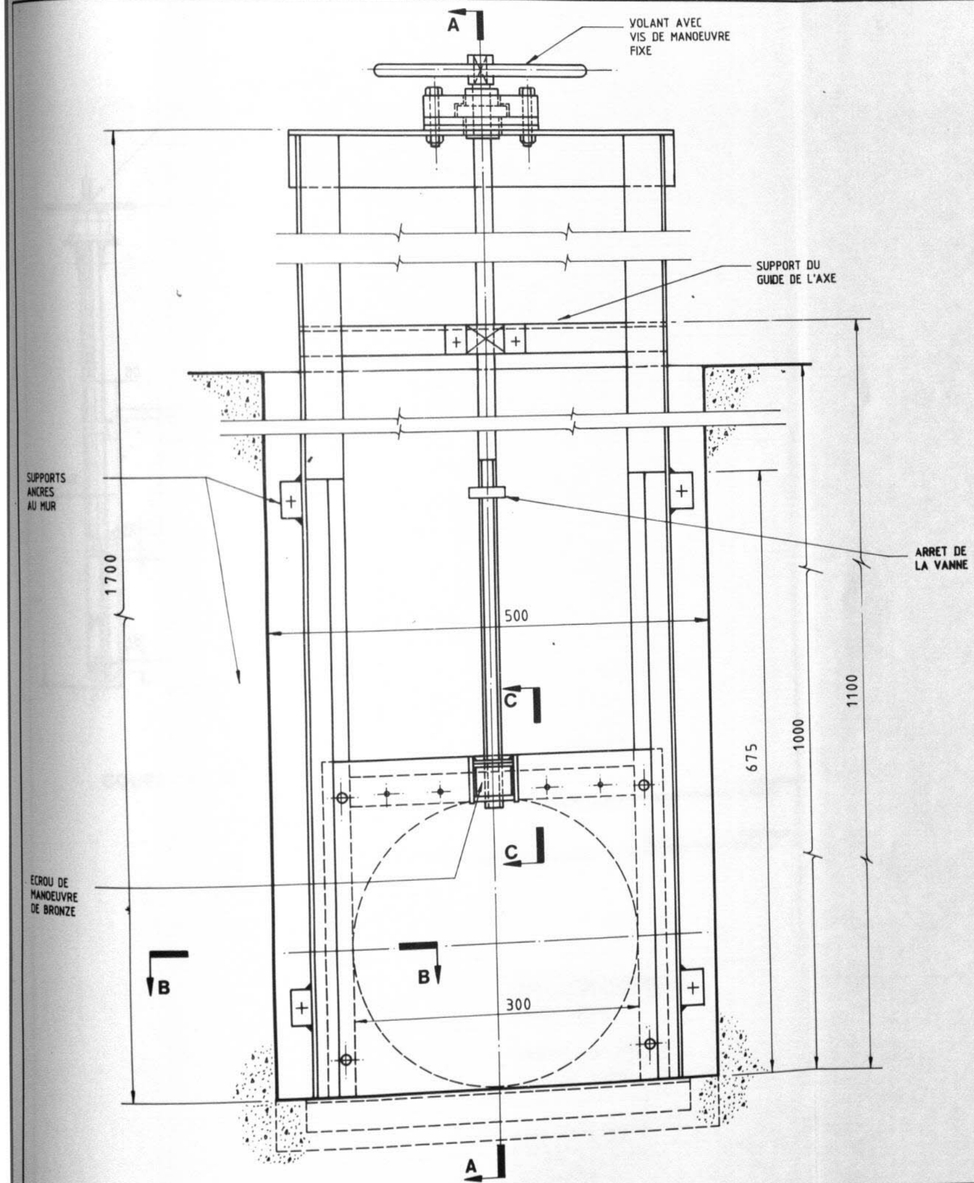
**PRISE & AQUEDUC DE DRAINAGE**

**CANAL PRINCIPAL km 1.4**

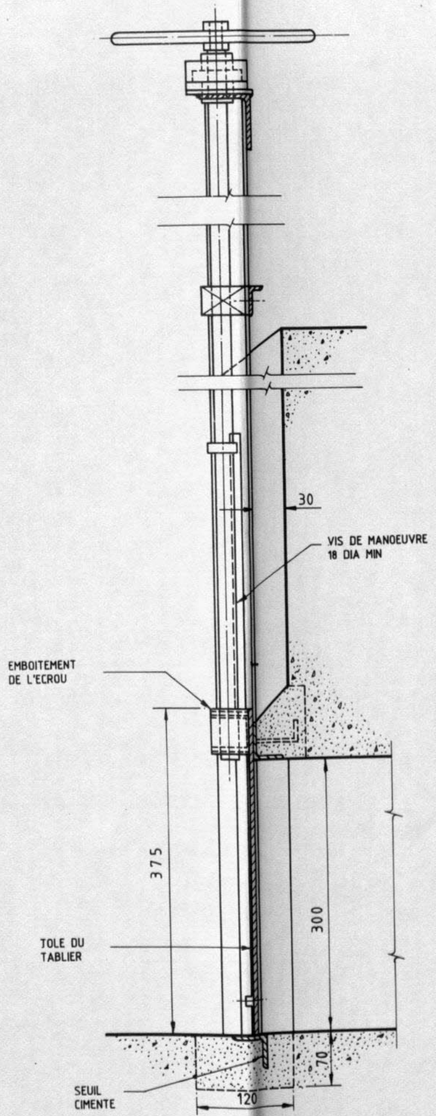
HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD
BOREHAM WOOD ANGLETERRE
En association avec
SIR M. MACDONALD & PARTNERS LTD
CAMBRIDGE ANGLETERRE
BICMO - MADAGASCAR
ANTANANARIVO MADAGASCAR

121601 -308

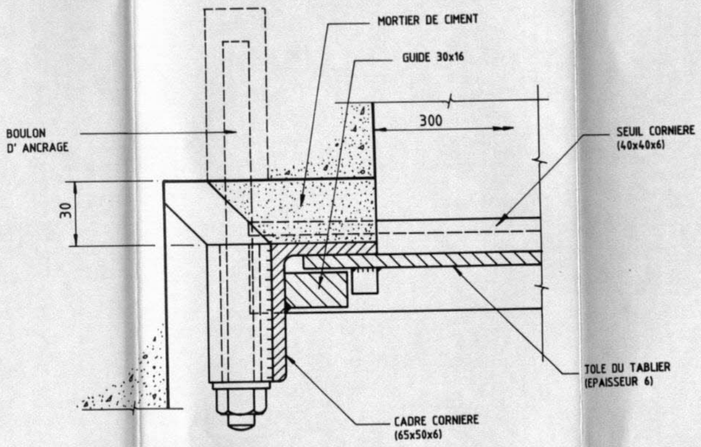
MAI 1983



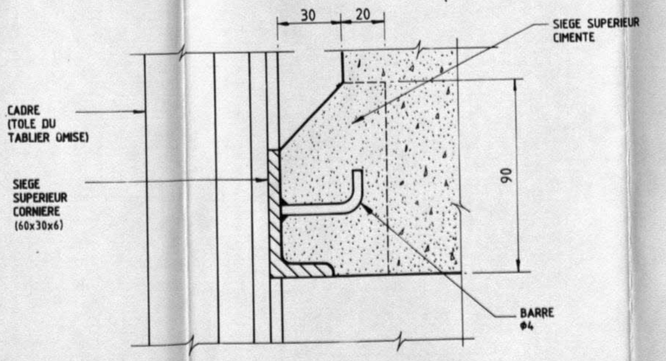

ELEVATION




COUPE A - A




COUPE B - B




COUPE C - C

NOTES

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN mm.
2. LORQUE LA VANNE EST FIXEE A UNE STRUCTURE EXISTANTE, LES DIMENSIONS DEVRONT ETRE VERIFIEES SUR LE CHANTIER POUR QU' ELLES SOIENT COMPATIBLES

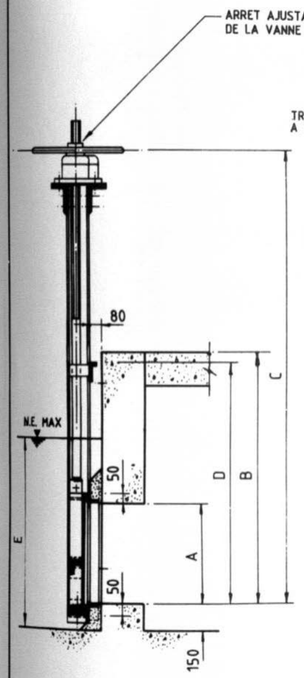
REPOBLIKA DEMOKRATIKA NAMALAGASY
DIRECTION DE LA PROTECTION DES SOLS
ET DE LA RESERVE NAMAHI
LTD DE REALISATION
DE TRAVAUX PUBLICS

**AMBILA - MANAKARA**

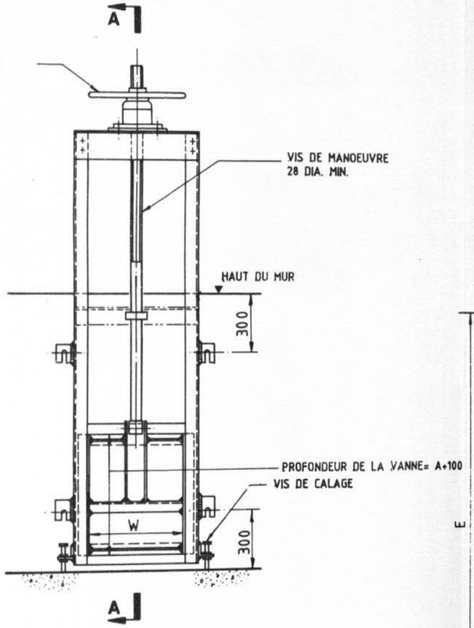
**VANNE TYPE 1**

HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD
BOREHAM WOOD ANGLETERRE
SIR M MACDONALD & PARTNERS LTD
CAMBRIDGE ANGLETERRE
BEMAD - MADAGASCAR
ANTANANARIVO MADAGASCAR

- 309



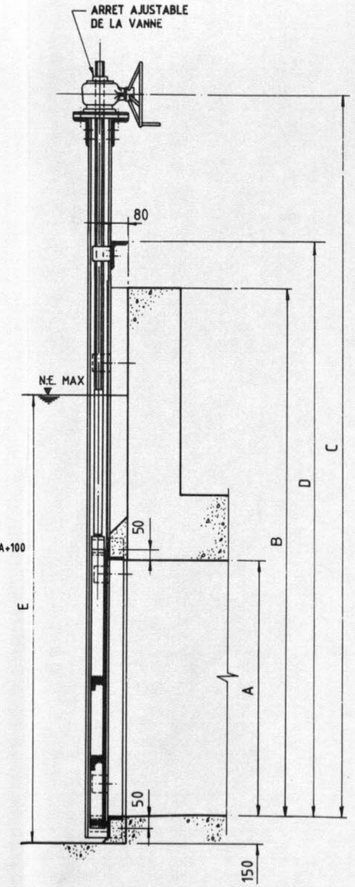

COUPE A - A



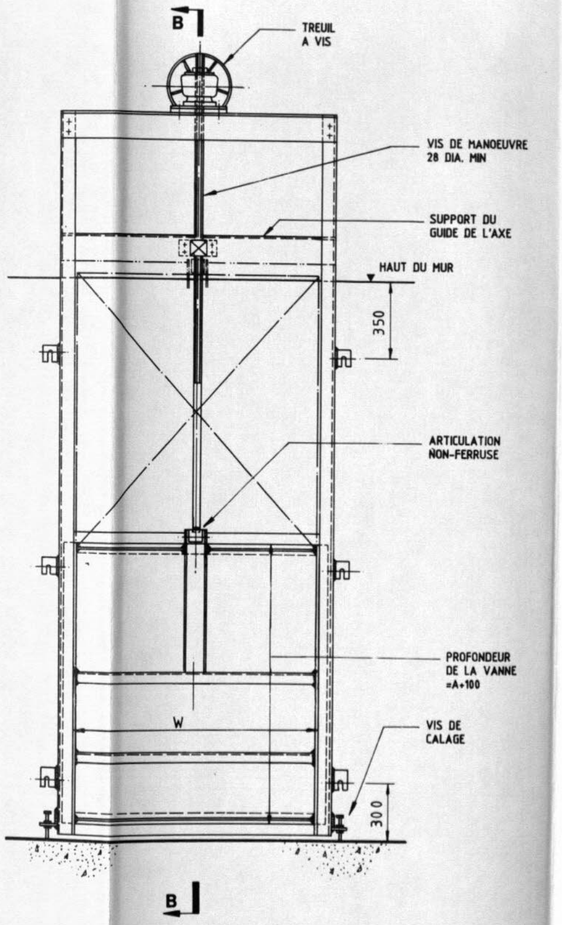

ELEVATION

VANNE TYPE 2

ECHELLE A




COUPE B - B




ELEVATION

VANNE TYPE 3

ECHELLE B

| OUVRAGE | VANNE TYPE | NOMBRE REQUIS | DIMENSIONS (mm) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | W | A | B | C | D | E |
| MANGARIVOTRA PRISE PRINCIPALE | 2 | 1 | 400 | 400 | 2000 | 2900 | 1600 | 2000 |
| IVAKOANA PRISE PRINCIPALE | 3 | 2 | 1000 | 1000 | 3300 | 4200 | 2750 | 3000 |
| PRISES | 2 | 5 | 750 | 750 | COMPATIBLES AVEC LES OUVRAGES EXISTANTS | | | |

NOTES:

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN METRES
2. POUR DETAILS D'EMPLACEMENT VOIR PLAN Nº 121601-110

ECHELLES

A

mm 1000 0 1000mm

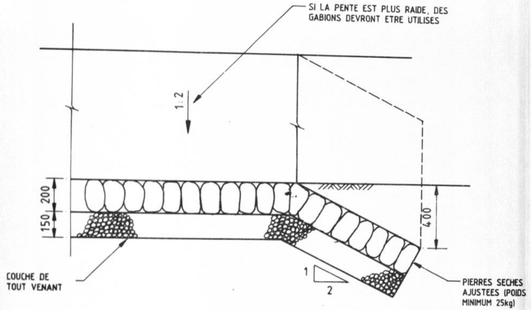
B

mm 500 0 500 1000mm

AMBILA - MANAKARA

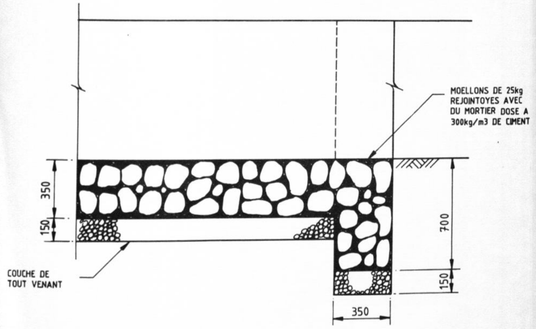
VANNES TYPE 2 & 3

- 310



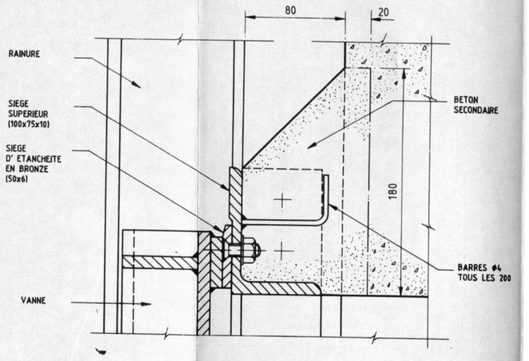

**PERRE NON-MACONNE**

ECHELLE B



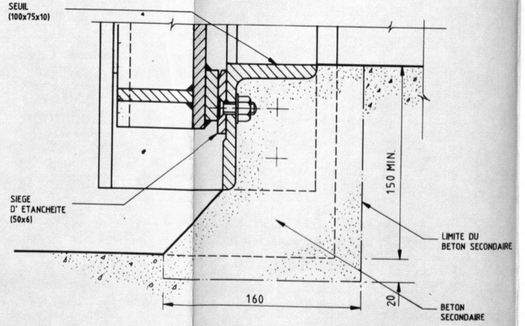

**PERRE-MACONNE**

ECHELLE B



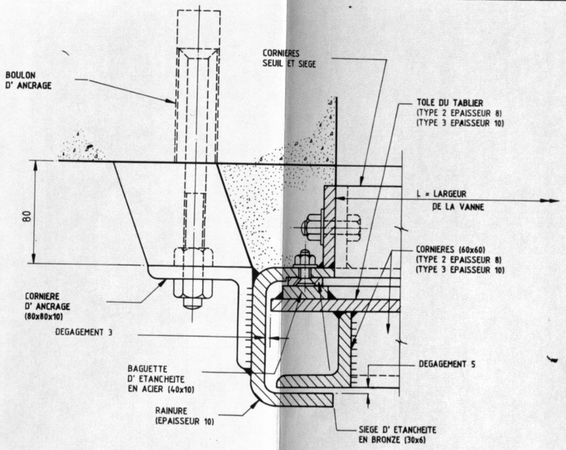

**DETAIL DU SEIGE SUPERIEURE**

ECHELLE A




**DETAIL DU SEUIL**

ECHELLE A




**DETAIL DE LA RAINURE**

ECHELLE A

**ECHELLES**

A

mm 100 — 0 — 100 mm

B

mm 500 — 0 — 1000 mm

NOTES:

1. TOUTES LES DIMENSIONS SONT EN mm.

REPUBLIQUE DEMOCRATIQUE DE MADAGASCAR
MINISTERE DE LA PRODUCTION AGRICOLE
ELEVAGE ET DE LA REFORME AGRAIRE
L'ORGANISATION DES PAYSANS
L'ORGANISATION REVOLUTIONNAIRE

**DETAILS DES PERRES ET D'EMPLACEMENT DES VANNES TYPES 2 ET 3**

HUNTING TECHNICAL SERVICES LTD
BOREHAM WOOD ANGLETERRE
En joint avec
SIR M. MACDONALD & PARTNERS LTD
LAMBRICKE ANGLETERRE
BECMO - MADAGASCAR
ANTANANARIVO MADAGASCAR

12160I - 311

MAI 1983