



inter aide

Lancement et suivi de programmes concrets de développement

## TECHNIQUES MISES EN ŒUVRE POUR LA REHABILITATION DES MICRO PERIMETRES IRRIGUES SUR LA CÔTE SUD EST DE MADAGASCAR

### SOMMAIRE

<b>1. Principes de fonctionnement d'un réseau d'irrigation alimenté par un ouvrage de prise en dérivation.....</b>	<b>1</b>
<b>2. Les carences des réseaux d'irrigation de l'arrière pays Manakarois.....</b>	<b>2</b>
<b>3. Les outils et savoir-faire techniques développés par le projet.....</b>	<b>4</b>
3.1. La sélection des périmètres à réhabiliter .....	4
3.2. Techniques et ouvrages pour la réhabilitation des réseaux d'irrigation ..	5
5.2.1 La réhabilitation des canaux en terre.....	5
5.2.2 Les barrages .....	12
5.2.3 Les franchissements de vallée .....	17
5.2.4 Murets de berge .....	19
5.2.5 Déversoirs de sécurité.....	19
5.2.6 Déroctage.....	20

*Charles Pernin, juillet 2005  
Réédition Damien du Portal, avril 2007*

*Juillet 05 – Réédition Avril 2007*



**PRATIQUES**

*Réseau d'échanges d'idées et de méthodes pour des actions de développement*

<http://www.interaide.org/pratiques>

## 1. Principes de fonctionnement d'un réseau d'irrigation alimenté par un ouvrage de prise en dérivation.

### Caractéristiques des ouvrages de prise :

Dans la zone d'intervention du projet on rencontre deux types d'aménagement permettant d'alimenter des réseaux d'irrigation :

- **barrages de retenue** qui permettent à la fois de stocker l'eau à l'échelle d'un bassin versant et de relever son niveau afin de dominer les parcelles à irriguer ;
- **barrages en dérivation** qui captent tout ou partie du débit d'un cours d'eau afin d'alimenter un canal.

Les ouvrages de retenue nécessitent souvent des travaux d'envergure et des savoir faire techniques particuliers (réalisation de digues en terre compactée de plusieurs mètres de haut sur plusieurs dizaines de mètres de long, étude du fonctionnement hydrologique des bassins versants).

C'est pourquoi, **nos interventions se limitent actuellement aux périmètres alimentés par des ouvrages de prise en dérivation**. Ils sont en général de dimensions modestes et la ressource en eau peut facilement être estimée sur la base de mesures de débit du cours d'eau (cf annexe 1) et de discussions avec les paysans.

Les barrages en dérivation permettent de relever le niveau d'un cours d'eau de quelques dizaines de centimètres afin de dévier une partie du débit vers un ou parfois deux, canal(aux) creusé(s) dans la (les) rive(s) du cours d'eau. Quand des seuils rocheux naturels existent sur le cours d'eau, des **prises au fil de l'eau** peuvent également être réalisées par le projet (excavation d'un avant canal à une côte inférieure au plan d'eau naturel, permettant de capter une partie du débit).

### Caractéristiques des réseaux :

Les **canaux en terre** ont une pente régulière et faible et s'étendent sur quelques centaines de mètres ou quelques kilomètres. Ils dominent ainsi les surfaces situées à l'aval du barrage et les irriguent par simple gravité<sup>1</sup>. Une série de **prises d'eau**, échelonnées le long du canal, assurent la distribution de l'eau aux différentes parcelles et sous périmètres.

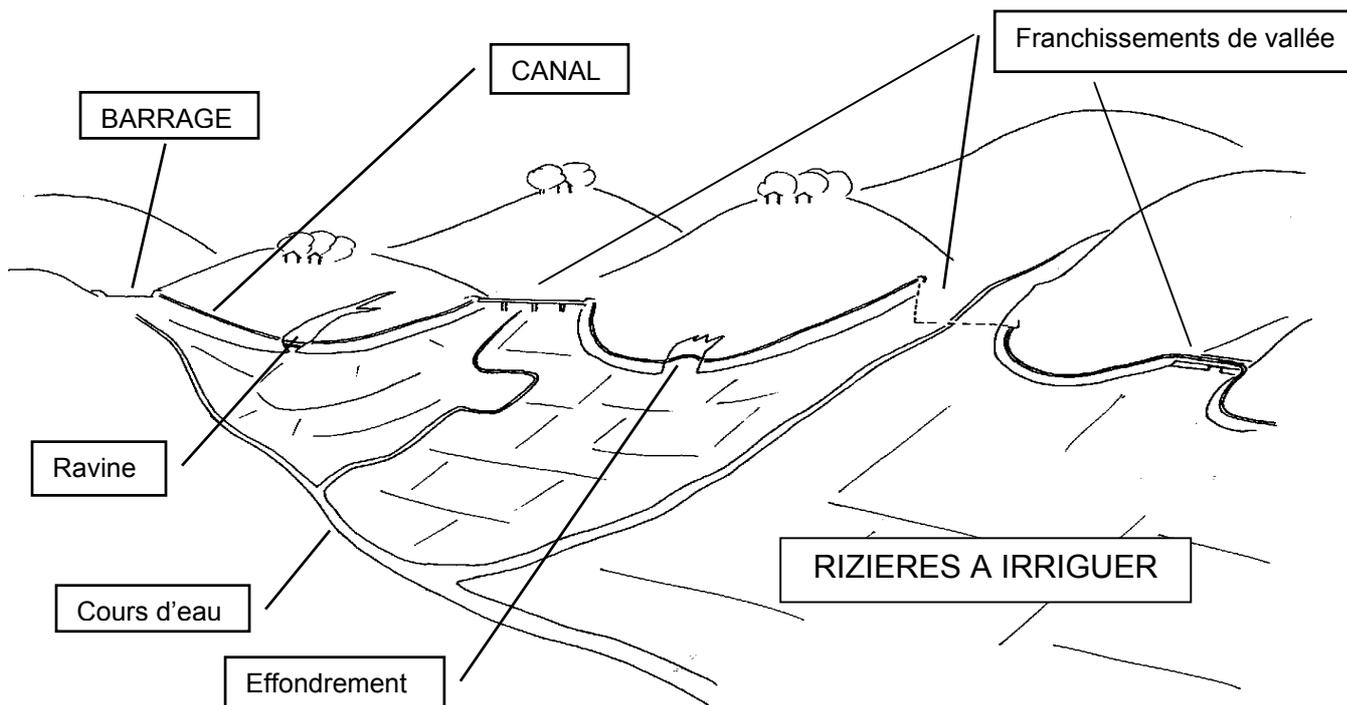
Un ou des **drains** (cours d'eau naturel ou drain ouvert) recueillent l'eau en aval des parcelles.

La figure ci-après illustre le fonctionnement et l'implantation type d'un réseau d'irrigation en dérivation dans l'arrière-pays Manakarois. La topographie de la région — cours d'eau à dénivelés prononcés, existence de seuils et de ruptures de pente, relief collinaire — permet d'installer relativement aisément des barrages et des canaux qui dominent les vallées. Les paysans ont su tirer parti de ces potentialités mais bien souvent les aménagements qu'ils peuvent réaliser présentent un certain nombre de carences.

<sup>1</sup> De tels systèmes présentent un avantage évident par rapport aux techniques de levage de l'eau (pompe, noria...), coûteux en énergie.



## Configuration type d'un réseau d'irrigation de l'arrière-pays Manakarois



## 2. Les carences des réseaux d'irrigation de l'arrière pays Manakarois

### ➤ Grande fragilité des ouvrages de prise d'eau et de franchissement

Les barrages et les ouvrages de franchissement des vallées sont réalisés en matériaux locaux (terres, blocs de pierre, bois) et de ce fait non pérennes. Ils sont très sensibles aux crues et intempéries et exigent d'incessantes réparations. Par ailleurs, ils manquent d'étanchéité et ne permettent pas de capter un débit suffisant, notamment en saison sèche

### ➤ Dégradation progressive des canaux en terre

L'entretien des réseaux d'irrigation est assuré a minima. Les paysans nettoient les canaux une ou deux fois par an mais ils ne parviennent pas à enrayer leur détérioration progressive liée à l'érosion (ravines, effondrements des versants) ou au passage des bovins sur les berges. Les usagers n'interviennent qu'en cas « d'urgence » sur le réseau : lorsque l'eau est coupée du fait d'un effondrement du canal, ou d'une rupture du barrage consécutive à une crue. Ils parent alors au plus pressé, souvent grâce à des réparations de fortune.



➤ **Une répartition de l'eau au gré des intérêts individuels**

Le partage de l'eau entre usagers se fait moyennant des brèches ouvertes dans la berge du canal. Ces prises d'eau non calibrées nuisent à la répartition équitable de la ressource : les paysans de l'amont du canal prélèvent souvent plus d'eau que de besoin tandis que les usagers de l'aval en manquent. Ces problèmes s'exacerbent bien sur en saison sèche, lorsque les besoins en eau du riz augmentent et que la ressource en eau diminue.



### 3. Les outils et savoir-faire techniques développés par le projet

#### 3.1. La sélection des périmètres à réhabiliter

Après réception d'une demande de réhabilitation, il convient avant tout de s'assurer qu'une intervention est possible d'un point de vue technique (**faisabilité**) et que les bénéfices attendus justifient les investissements prévus (**rentabilité**).

Les visites de prospection et de validation, conjointes avec les usagers, permettent de :

- **Cerner les problèmes que rencontrent les paysans et leurs attentes en matière d'irrigation.**  
Exemples : insuffisance d'eau sur les rizières aval en saison sèche, destruction récurrente d'un pont canal en bois qui prive d'eau une partie des rizières.
- **Valider la ressource en eau : est ce que le cours d'eau à dériver offre un débit suffisant en toute saison ?**  
Le plus souvent, il faut réaliser des mesures de débit à l'étiage pour s'en assurer et rapporter le débit aux surfaces à irriguer, en considérant que les besoins sont d'environ 2 L/s/ha (voir annexe 1).
- **Estimer le nombre de paysans concernés**
- **Estimer les surfaces à irriguer**, par degré croissant de précision, on a recours à une estimation à l'œil, au décamètre ou au GPS.
- **Identifier par une reconnaissance exhaustive les points du réseau d'irrigation qui nécessiteront un aménagement spécifique (cf § 4.2) :**
  - Barrage ;
  - Franchissements de vallées ;
  - Effondrements de terrain coupant le tracé du canal ;
  - Cours d'eau temporaires ou ravines débouchant dans le canal ;
  - Rochers (blocs ou affleurements de roche-mère) obstruant le canal ;

Sur la base de ces informations, il est parfois possible de retenir ou de rejeter d'emblée le périmètre visité. C'est le cas si la ressource en eau est manifestement insuffisante (tarissement en saison sèche par exemple) ou si l'aménagement concerne un barrage de retenue. Il en est de même lorsque les ouvrages à réaliser dépassent les moyens et savoir-faire du projet (franchissement d'une rivière de plusieurs mètres de profondeur et de plus de dix mètres de large par exemple).

Mais la décision peut également rester en suspens, dans l'attente, par exemples, de données complémentaires concernant la ressource en eau ou de l'aboutissement d'une négociation avec un paysan qui sera lésé par la submersion d'une de ses rizières.

Quelle que soit la décision, la visite doit se conclure par une restitution aux paysans et, dans le cas où le périmètre est retenu, par un exposé des modalités de collaboration. On veille en particulier à annoncer dès cette visite le montant de la participation financière attendue des paysans.



### 3.2. Techniques et ouvrages pour la réhabilitation des réseaux d'irrigation

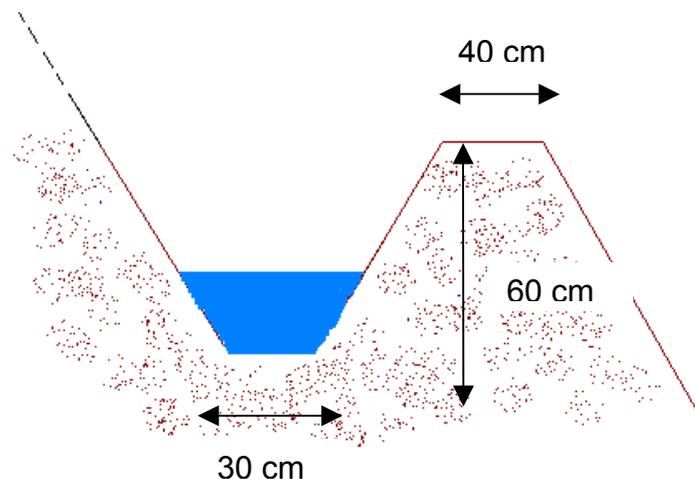
#### 5.2.1 *La réhabilitation des canaux en terre*

Comme on l'a vu, les canaux en terre, fragiles et insuffisamment entretenus la plupart du temps, expliquent en partie les déficiences des réseaux d'irrigation. C'est pourquoi nous proposons aux paysans de les renforcer et de les protéger sur toute leur longueur. Les canaux de plusieurs kilomètres ne sont pas rares et il s'agit donc d'un travail long et exigeant que les paysans réalisent eux-mêmes, avec notre encadrement technique et grâce un prêt d'outillage. Le rôle des animateurs, tant en termes de conseil technique que d'organisation du groupe, est essentiel au cours de ces travaux.

#### Le renforcement des berges

Généralement, les canaux sont creusés à flanc de collines et ne présentent à proprement parler qu'une seule berge. L'objectif prioritaire des paysans est le renforcement et le rehaussement de celle-ci afin de prévenir les fuites et les débordements.

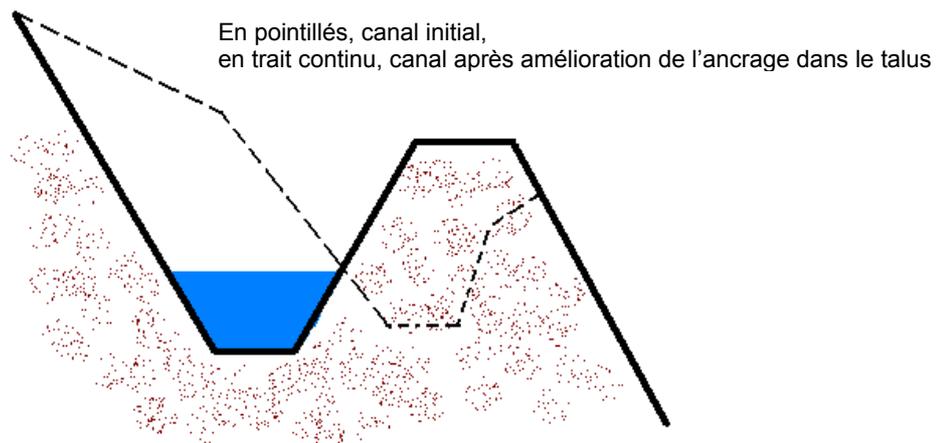
Les débits ne dépassant pas quelques dizaines de litres par seconde, on adopte usuellement le gabarit minimum suivant :



Un test facile pour vérifier que la hauteur de berge est satisfaisante consiste à s'assurer qu'elle dépasse au moins le haut du genou.

Pour obtenir un tel canal, il faut le plus souvent améliorer son ancrage dans le talus :





Après cette amélioration de l'ancrage, il est intéressant de repiquer du vetiver, une graminée au système racinaire puissant et à forte capacité de tallage<sup>2</sup>, le long de la berge du canal afin de la protéger de l'érosion.

#### La pente du canal

Outre le gabarit du canal, une rectification de son profil en long peut être nécessaire pour corriger d'éventuelles contre-pentes ou, sur des périmètres à topographie quasi plane, réduire la pente et permettre ainsi au canal de dominer les parcelles plus élevées. Dans ces cas, on retient une pente de référence de **1 cm tous les 20 mètres soit 0.5 pour mille**. Pour ajuster la pente d'un canal, les animateurs du projet utilisent un niveau à tuyau, outil simple et précis, dont le fonctionnement est présenté en annexe 2.

#### Débit et dimensionnement du canal

On peut être amené à vérifier que le gabarit d'un canal est adapté au débit prévu. Pour cela, on utilise la **formule de Manning Strickler** qui lie les dimensions de la section mouillée du canal, sa pente et le débit qui s'y écoule :

$$Q = k \times S \times R^{2/3} \times I^{1/2}$$

où, Q est le débit en m<sup>3</sup>/s ;

k est le coefficient de rugosité<sup>3</sup> qui dépend de la nature des parois du canal, en m<sup>1/3</sup>/s ;

R est le rayon hydraulique en m qui se déduit de la section mouillée S et du périmètre mouillée P ;

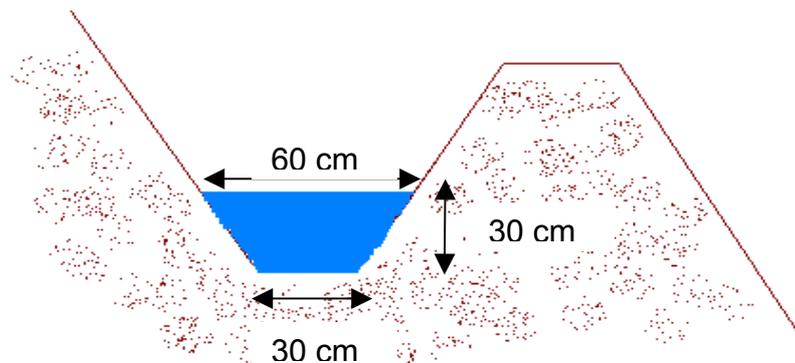
I la pente.

<sup>2</sup> Dans de bonnes conditions d'ensoleillement.

<sup>3</sup> On se reportera par exemple au Memento de l'Agronome pour trouver les valeurs de k.



Exemple : on considère l'écoulement suivant dans un canal dont la pente est 0.5 pour mille :



$$S = (0,6 + 0,3) \times 0,3 / 2 = 0.135 \text{ m}^2$$

$k = 40$  pour un canal en terre bien curé

$$P = 0.3 + 2 \times \sqrt{0.3^2 + 0.15^2} = 0.97 \text{ m}$$

$$I = 0.0005$$

$$R = S/P = 0.14 \text{ m}$$

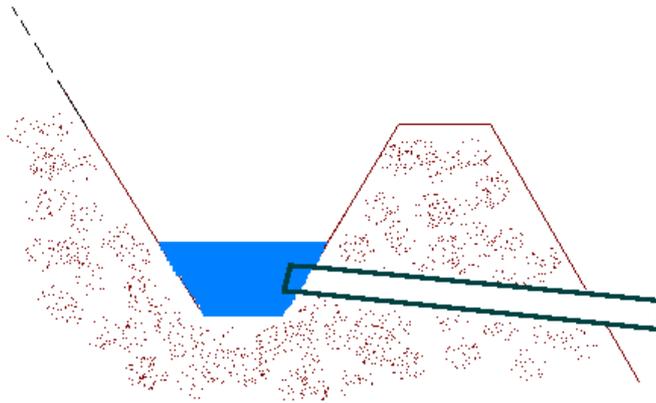
D'après la formule de Manning-Strickler, le débit est 0.032 m<sup>3</sup>/s soit 32 L/s, ce qui permet d'irriguer une quinzaine d'hectares.

### Installation de prises d'eau calibrées

Afin d'améliorer le partage de l'eau et d'éviter les gaspillages en amont du périmètre, nous préconisons l'installation dans la berge de tuyaux en bambous évidés ou en plastique (PVC ou PEHD). Enterrés dans la berge du canal, ils permettent de réguler le débit et d'éviter les prélèvements excessifs occasionnés par les prises par brèches.

Sur les micropérimètres, il n'est pas utile de maçonner ces dispositifs et les paysans ont donc la possibilité de les adapter (changement de diamètre, d'inclinaison ou de cote des tuyaux). Usuellement, les diamètres intérieurs de ces tuyaux varient de 3 à 10 cm.





### « Passage zébus »

Les bovins franchissent les canaux en certains points déterminés et y occasionnent des dégradations de berges importantes. Pour y remédier, nous recommandons aux paysans d'installer des passerelles en rondins de bois et mottes de terre. Pour mettre en défens les abords des canaux, les paysans peuvent implanter des haies vives et des chicanes. Dans l'arrière-pays Manakarois, le *Glurecidia*, un arbuste de la famille des légumineuses, à bonne capacité de bouturage s'y prête particulièrement bien.

### Remblais

Pour franchir les vallées dont le fond n'est pas trop bas par rapport au canal, il peut être intéressant et économique de recourir à un remblais.

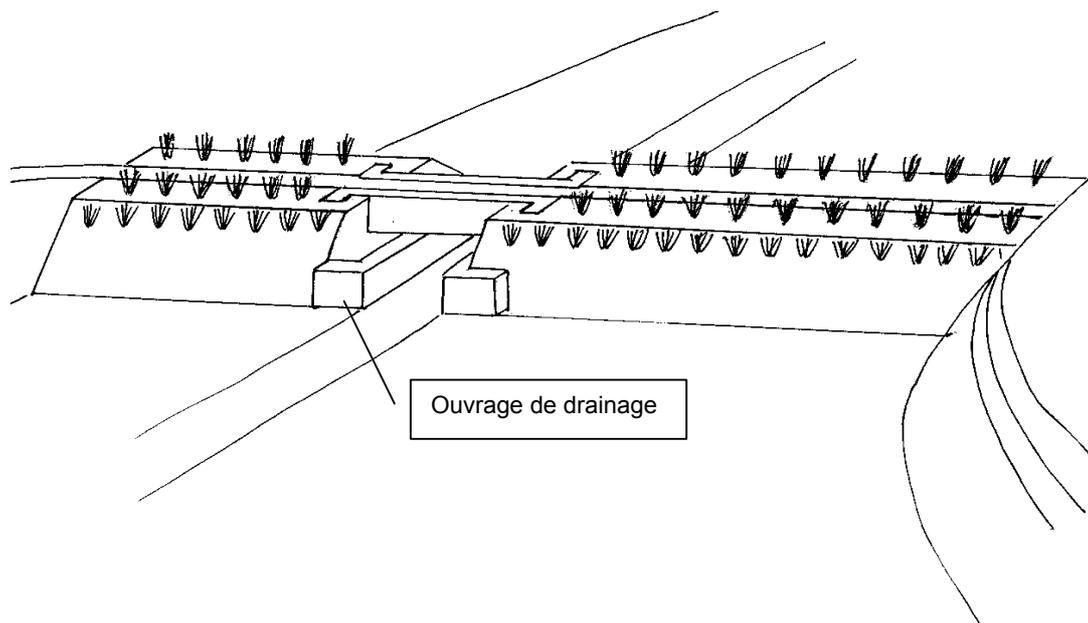
En pratique, leur hauteur est comprise entre 60 et 80 cm et il est préférable d'employer de la latérite pour leur réalisation (terre rouge). Le compactage est réalisé à la dame à main ou grâce à un petit rouleau compacteur<sup>4</sup>. Des haies de vetiver implantées latéralement permettent de renforcer le remblais.

Il faut également prévoir un système de drainage maçonné pour éviter que les eaux stagnent en amont ce qui pourrait fragiliser le remblais et inonder des parcelles cultivées.

<sup>4</sup> Nous avons fabriqué un tel rouleau à partir de feuille de tôle, de fers cornières, et de roulements. Une fois chargé de sable, il peut être poussé par quatre personnes.

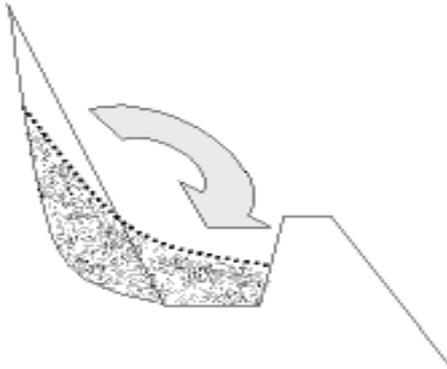


## Franchissement de vallée par canal sur remblais



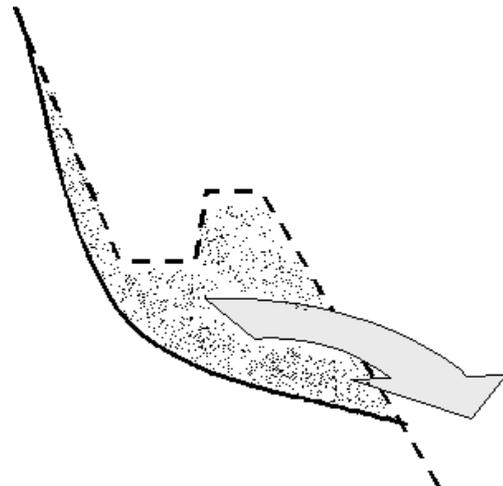
Terrassement aux abords des canaux

Les phénomènes d'érosion des collines affectent les canaux en provoquant des éboulements qui viennent les combler ou, plus grave, des effondrements qui sapent leur base. Les risques sont d'autant plus élevés que la pente du versant est forte et que les terrains sont défrichés.



Eboulement dans un canal

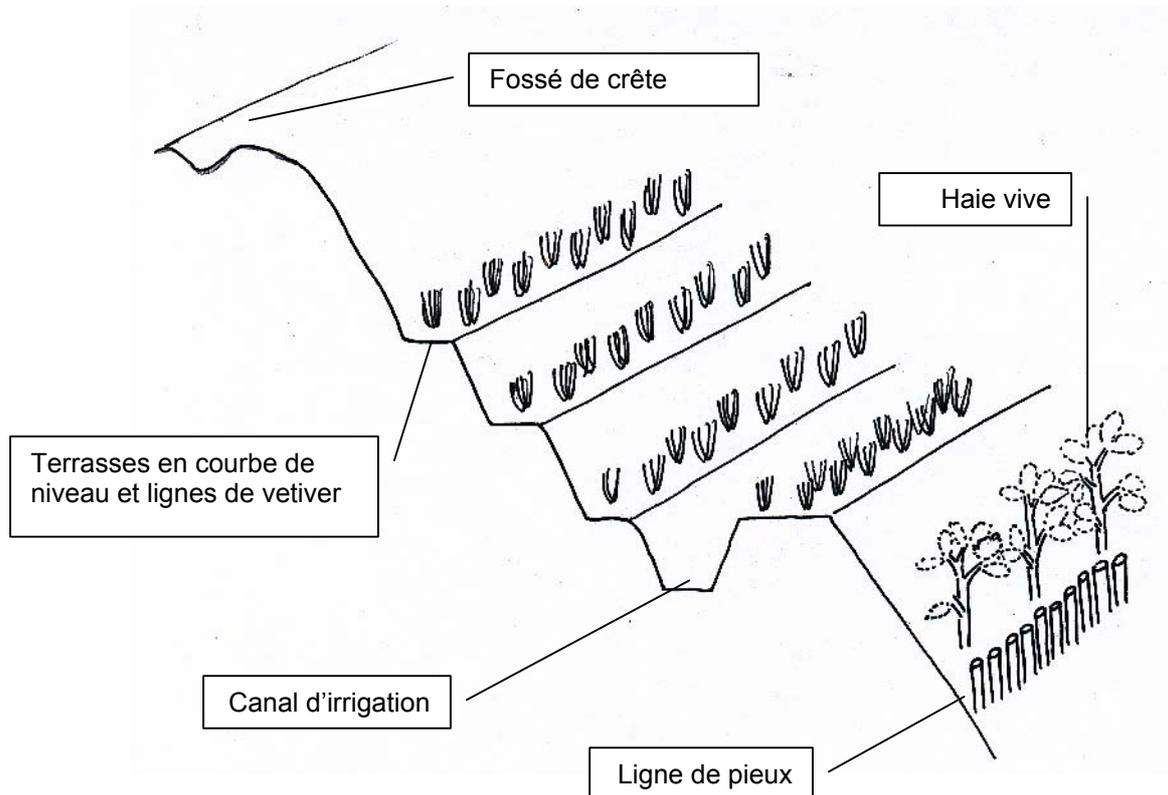
Effondrement et rupture de canal



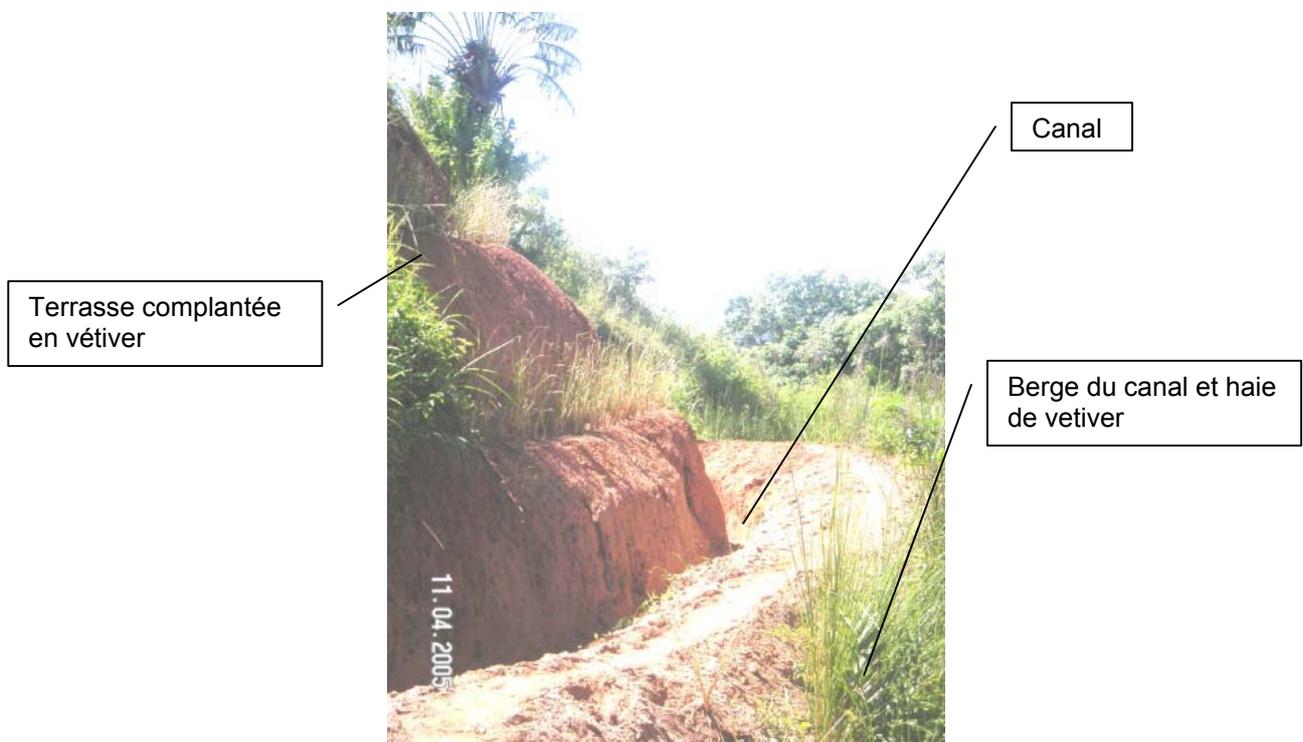
Nous préconisons de réduire et casser la pente du talus fragilisé en y installant des terrasses complantées en vetiver. La vitesse de ruissellement de l'eau est ainsi diminuée et les effets érosifs atténués. Les terrasses doivent de préférence être réalisées selon les courbes de niveau et l'on emploiera donc le niveau à tuyau ou le niveau en A pour ces travaux (cf annexe 2).

Le terrassement du talus fournit des déblais qui, dans le cas de l'effondrement, doivent être employés pour reconstituer la berge du canal. Il faut les compacter et les maintenir par des rideaux de pieux, des haies vives ou, dans les cas les plus critiques, par des murs de soutènements. Le *Glurecidia*, un arbuste de la famille des légumineuses quasi spontané dans la zone d'intervention du projet, est particulièrement intéressant pour la protection de ces talus de part sa capacité à bouturer rapidement. Il est par ailleurs recommandé d'installer un fossé de crête qui permet l'évacuation latérale des eaux arrivant du versant.





A titre d'exemple, sur le projet irrigation, les terrasses réalisées ont un largeur de quarante centimètres environ pour une hauteur d'un mètre vingt.



Juillet 05 – Réédition Avril 2007 - 11



**PRATIQUES**

Réseau d'échanges d'idées et de méthodes pour des actions de développement

<http://www.interaide.org/pratiques>

### 5.2.2 Les barrages

Outre l'alimentation des canaux, les barrages doivent également permettre l'évacuation des crues sans dommage pour le réseau d'irrigation. En effet, les canaux en terre sont par nature fragiles et ne peuvent supporter des débits supérieurs à quelques litres par seconde. Le barrage n'est donc pas seulement un ouvrage de prise, il assure aussi la protection du réseau : en cas de crue, l'excès d'eau se déverse dans le lit du cours d'eau et non dans le canal d'irrigation.

Classiquement, le barrage, construit en béton armé, comporte :

- **un déversoir**, dont la section trapézoïdale permet d'obtenir un bon rapport stabilité/volume de matériaux et d'amortir la vitesse de l'eau en aval ;
- **une ou plusieurs vannes de chasse**, implantées dans le déversoir et équipées de madriers. Elles permettent d'augmenter considérablement la capacité d'évacuation des crues et donc de délester l'ouvrage et de protéger le réseau. Encore faut-il que les usagers, et en particulier les agents de réseaux, réagissent au moment des fortes pluies et les ouvrent suffisamment tôt. Ces vannes facilitent aussi la vidange du plan d'eau à l'amont du barrage, lors de l'entretien des ouvrages et du canal ;
- **une prise d'eau**, en rive droite et/ou gauche. Il s'agit d'une vanne dimensionnée en fonction du débit souhaité dans le canal (cf formule de Manning Stickler ou formules de vannes noyées du Memento de L'Agronome). Il faut prévoir au-dessus de cet orifice un mur de protection afin d'éviter tout débordement de la rivière dans le canal au moment des crues. Comme sur les vannes de chasse, une série de madriers permet aux paysans d'ouvrir ou fermer cette prise selon leurs besoins et d'éviter tout excès d'eau susceptible de détériorer le canal.
- **des murs d'encaissement**, qui garantissent un ancrage latéral de l'ouvrage et réduisent les risques de contournement et de renards ;
- **Un radier (ou semelle) et des parefouilles amont et aval** pour les ouvrages sur sol meuble (cf photo et figure ci-après).  
Ils assurent l'ancrage du barrage sur sa fondation et évitent l'affouillement et la formation de renards. Sous le radier, une assise de pierres de blocages et de pieux disposés en quinconce vient renforcer l'assise de l'ouvrage. Le radier, équipé d'une chicane à son extrémité aval, joue également le rôle de bassin de dissipation et permet de réduire l'énergie érosive de l'eau. Dans le cas d'un déversoir installé sur le rocher, ce sont des fers à béton scellés dans le rocher qui assurent la fondation et évitent le glissement de l'ouvrage sur sa base.
- **Un enrochement du cours d'eau à l'aval de l'ouvrage** si celui-ci est implanté sur sol meuble. En effet, il faut protéger le lit du cours d'eau de l'érosion occasionnée par les remous au pied du déversoir. Dans le cas contraire, il peut y avoir affouillement au niveau des fondations et déchaussement de l'ouvrage.





**Barrage sur sol meuble d'Antohadranobe (Commune de Sahasinaka)**

### Implantation

Une fois validée la ressource en eau grâce aux mesures de débit, le choix du site du barrage doit se faire en partenariat avec les paysans et si possible dès la visite de validation. Le plus souvent, les paysans souhaitent implanter le nouvel ouvrage à l'emplacement de l'ancien. Mais il peut être intéressant de rechercher avec eux d'autres possibilités en tenant compte des principes suivants :

- Plus l'ouvrage est situé en amont sur le cours d'eau, plus son impact en termes de surface irrigable et de paysans bénéficiaires sera *a priori* important ;
- On a intérêt à implanter l'ouvrage sur un seuil rocheux car son coût est bien moindre, sa réalisation beaucoup plus rapide et sa pérennité assurée ;
- Plus la vallée est encaissée plus le barrage sera de faibles dimensions.

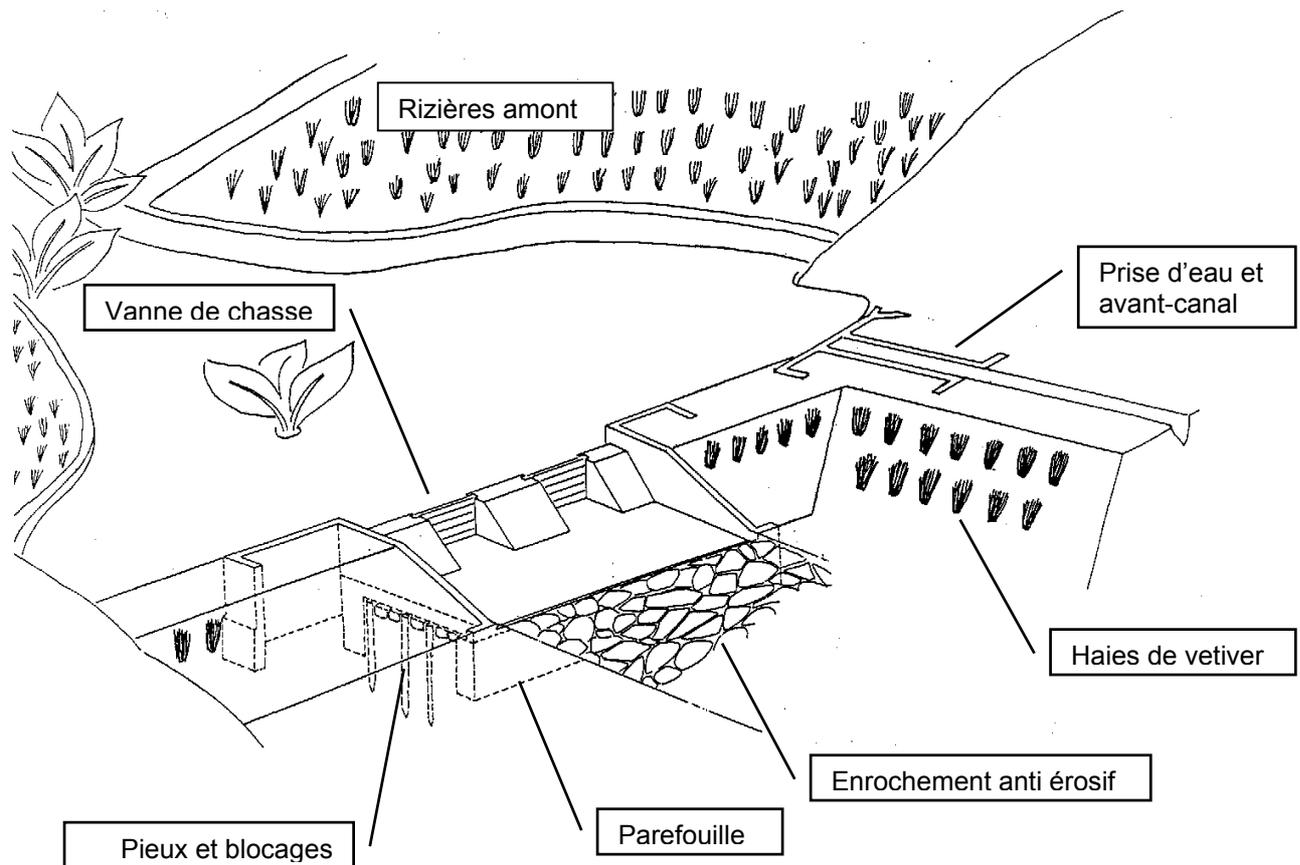
Mais un nouveau site d'implantation, même très favorable en soi, peut susciter des difficultés :

- diminution de la ressource en eau si l'on est remonté très loin en amont ;
- modifications lourdes du tracé du canal (allongement, nouveaux franchissements, obstacles rocheux,...) ;
- élargissement du groupe de paysans : les usagers du barrage initial, à l'origine de la demande, seront-ils prêts à travailler avec les nouveaux bénéficiaires situés plus en amont ? Et quid de la réciproque ?



Par ailleurs, la question des fondations de l'ouvrage est essentielle et si l'on ne bénéficie pas d'un seuil rocheux, on pratique des sondages à l'aide de pieux pour évaluer la profondeur et la nature du sol portant. Dans le cadre du projet, des ouvrages ont été implantés sur différents types de sols meubles : argiles plus ou moins fluentes, mélange en diverses proportions de sables, de graviers et d'argiles. Sur les terrains les plus meubles, nous implantons des pieux de bois en quinconce et installons le radier de l'ouvrage sur une couche de blocages afin de renforcer son assise (cf figure ci-après). Les sols tourbeux, fréquent dans les bas-fonds de l'arrière pays manakarois, sont bien sur à exclure.

### Implantation type d'un barrage sur sol meuble



Dimensionnement

- **La hauteur du déversoir** est fonction de la cote de l'avant canal et de la hauteur d'eau que l'on souhaite en tête de réseau. Afin de noyer la prise d'eau, on retient usuellement :

**Cote du déversoir = Cote du haut de la prise d'eau + 5 à 10 cm.**

Mais, il faut également tenir compte d'éventuelles parcelles situées en amont et qui pourraient se trouver submergées. C'est pourquoi on est parfois amené à surcreuser l'avant-canal et à élargir la prise d'eau pour pouvoir diminuer la hauteur du barrage. Là encore, le niveau à tuyau est un outil indispensable pour définir la cote des ouvrages

Connaissant la hauteur du barrage, on détermine la grande base de telle sorte que la stabilité au renversement soit assurée. En première approximation, on peut retenir qu'**un déversoir trapézoïdal dont la grande base est égale à la hauteur et dont la petite base mesure 25 cm est stable au renversement**. Plus rigoureusement, il convient de vérifier que l'ouvrage vérifie la **règle du tiers central** (cf annexe 3).

- **Longueur du déversoir et revanche des murs d'encaissement**

La détermination de la longueur du déversoir est avant tout fonction de la largeur de la vallée. Si celle-ci est étroite et encaissée, le déversoir peut la barrer dans son entier et il a alors la dimension du lit du cours d'eau.

Dans les vallées plus larges et à fond plat, pour des raisons de coût et de faisabilité, le barrage en béton ne peut occuper qu'une fraction de la vallée correspondant au lit mineur du cours d'eau. Il faut alors prévoir des murs d'encaissement et des digues latérales en terre remblayée pour éviter les débordements et contournements de l'ouvrage (cf § Canal en remblais pour la technique du remblais).

Un déversoir long offre l'avantage d'étaler la crue et d'abaisser la lame d'eau qui déverse au dessus de l'ouvrage. On minimise ainsi les risques de submersion d'éventuelles rizières vers l'amont et de débordement au dessus des digues latérales. Réciproquement, si l'on veut, par souci d'économie, raccourcir le déversoir, il faut prévoir une hauteur d'eau plus importante au dessus du déversoir et donc des digues latérales et des murs d'encaissement plus hauts.

A condition de disposer de données hydrologiques sur les bassins versants (surface pluviométrie, ruissellement, infiltration), il est possible d'évaluer les débits de crue et, sur cette base de calibrer rigoureusement la longueur du déversoir et la revanche des murs d'encaissement et des digues. Mais jusqu'alors, ces données font défaut sur le projet irrigation de Manakara et le dimensionnement reste de ce point de vue empirique. On voit là tout l'intérêt des vannes de chasse qui permettent d'augmenter considérablement la capacité d'évacuation des crues.





**Barrage sur seuil rocheux d'Ambatolampy, Commune de Bekatra**

### Déroulement du chantier

La construction d'un barrage nécessite de détourner le cours d'eau moyennant des batardeaux réalisés avec des pieux, des sacs de sable, de la terre, des blocs de pierre. Afin d'améliorer l'étanchéité des batardeaux, des palplanches en tôle sont actuellement à l'essai sur le programme.

Pour les ouvrages sur seuil rocheux, les trous d'ancrage sont réalisés grâce à un perforateur alimenté par un groupe électrogène. Dans le cas d'un ouvrage sur sol meuble, le coulage des parefouilles ancrés dans le lit du cours d'eau est particulièrement délicat en raison des infiltrations d'eau et l'utilisation d'une motopompe est indispensable.

Les coffrages des déversoirs, des fondations et des murs sont réalisés avec des planches et des tringles rabotées. Bien souvent, les coffrages des parefouilles et des fondations ne peuvent être récupérés.

Il peut sembler intéressant de réaliser des moules en tôle pour les vannes qui demandent un coffrage compliqué et long à réaliser. Mais, ces moules se déforment à l'usage et par ailleurs, ils ne permettent pas de réaliser toutes les hauteurs de vannes.

Ce n'est qu'après finition de la maçonnerie que les paysans élèvent les éventuelles digues en terre qui complètent le barrage.



### 5.2.3 Les franchissements de vallée

Le contournement des vallées par le canal n'est pas toujours envisageable (vallée ouverte vers l'amont ou imposant un détour trop long, opposition d'un propriétaire, obstacle) et il faut alors prévoir, suivant la nature du franchissement, un ouvrage tel qu'un siphon, un pont canal, ou un canal sur remblais

#### ➤ Les siphons

Ce sont des ouvrages où l'écoulement a lieu en charge, à travers des tuyaux, et non à surface libre comme dans les canaux. Bénéficiant de la mise sous pression de l'eau dans la conduite, il devient alors possible d'adopter des profils beaucoup moins contraignants, notamment avec des portions d'ouvrage où l'eau remonte. Il faut s'assurer cependant que le dénivelé entre entrée et sortie du tuyau est suffisant pour évacuer le débit souhaité (à la limite, lorsque le dénivelé est nul, il n'y a plus d'écoulement).

Pour la réalisation des siphons, le projet de Manakara utilise des tuyaux en Polyéthylène Haute Densité (PEHD) souples de diamètre intérieur 66.4 mm et résistants à des pressions de 6 bars. De par sa souplesse et sa résistance, ce matériau est préférable au PVC.

Vendus par rouleau de 100 m, les tuyaux peuvent être assemblés par des manchons en plastique que l'on visse à la main. Leur diamètre reste faible par rapport aux débits à évacuer et aux dénivelés les plus courants, c'est pourquoi la plupart des siphons comportent deux à quatre tuyaux en parallèle.

Ces tuyaux sont reliés à un massif maçonné à l'amont et parfois aussi à l'aval et il est souhaitable de les enterrer afin d'éviter les dégradations (percussions par des outils lors du labour des parcelles, piétinement, ...). Dans le cas d'un franchissement de rivière, il faut tenir compte des risques d'arrachements lors des crues. On cherche là aussi à enterrer et fixer les tuyaux ou, le cas échéant, à les ancrer dans le rocher moyennant des fers à béton.

Afin de se prémunir des risques d'obturation des tuyaux par les matières en suspension (sables, débris végétaux), il faut prévoir des grilles à l'entrée des tuyaux. On installe aussi des raccords accessibles aux paysans qui pourront ainsi démonter et vidanger la conduite.

#### Dimensionnement

Connaissant le dénivelé et le débit à évacuer, il faut déterminer le nombre de tuyaux nécessaires. On utilise pour cela des abaques reliant le débit aux pertes de charges<sup>5</sup> linéaires (cf ci-contre).

<sup>5</sup> **La charge**, exprimée en m, mesure l'énergie contenue dans une unité de volume de liquide. Elle se décompose en 3 termes, correspondant aux énergies cinétique, de pression et potentielle (cote). Lors de l'écoulement, une partie de l'énergie se dissipe en raison des frottements au sein du liquide et contre les parois, ce qui se traduit par des **pertes de charge**. Dans le cas du siphon, la pression et la vitesse sont les mêmes à l'entrée et à la sortie du tuyau, seule la cote varie et les



Dans un siphon, les pertes de charge sont égales au dénivelé entre extrémités amont et aval du tuyau :

### **Pertes de charge = Dénivelé (1)**

Par ailleurs, elles se décomposent en pertes de charge linéaires (pour chaque unité de longueur de la conduite) et pertes de charge singulières, par exemple au niveau des raccordements de tuyaux ou des coudes :

$$\text{Pertes de charge} = (\text{Longueur tuyau} \times \text{pertes de charge linéaires}) + \text{pertes de charge singulières}$$

Classiquement, on considère que les pertes de charge singulières sont égales à 10 % des pertes de charge linéaires et donc :

### **Pertes de charge = 1.1 x Longueur tuyau x pertes de charge linéaires (2)**

Les équations (1) et (2) permettent de calculer les pertes de charge linéaires dans le siphon :

$$\text{Pertes de charge linéaires} = \frac{\text{Dénivelé}}{1.1 \times L}$$

On se reporte alors à l'abaque des pertes de charge pour déterminer le débit évacué par un tuyau et on en déduit le nombre de tuyaux nécessaires.

#### Exemple :

Sur le périmètre de Fenoarivo, nous disposons d'un dénivelé de 0.6 m pour une longueur de siphon  $L = 50$  mètres environ.

Afin d'irriguer 2 hectares de rizières déjà aménagées et d'éventuelles extensions à l'aval du siphon, le débit nécessaire est estimé à 9 L/s (le canal alimentant le siphon fournit un débit supérieur).

On a : pertes de charge linéaires =  $0.6 / (1.1 \times 50) = 0.01 = 1 \%$

Ce qui d'après l'abaque correspond à un débit de 9500 L/h, soit 2.6 L/s pour un tuyau 66.4/75. Trois tuyaux ne fournissent que 7.8 L/s et l'on doit donc installer quatre tuyaux.

Ces quatre tuyaux, qui permettent le franchissement d'une rivière, sont enterrés dans le lit du cours d'eau et maintenus par des étriers en fer à béton d'une longueur de 70 cm afin d'éviter les dégâts de crue sur l'ouvrage.

---

perdes de charge sont donc égales au dénivelé. Pour des notions plus approfondies sur la charge et le Théorème de Bernouilli, on se reportera aux fiches pratiques Hydraulique.

*Juillet 05 – Réédition Avril 2007 - 18*



**PRATIQUES**

*Réseau d'échanges d'idées et de méthodes pour des actions de développement*

<http://www.interaide.org/pratiques>

### ➤ Les ponts canaux

Lorsque le dénivelé entre les extrémités de l'ouvrage de franchissement est faible, le siphon n'est plus adapté. En effet, le débit évacué par tuyau diminue ce qui impose de multiplier les conduites et les manchons, d'où un coût élevé. Par ailleurs, l'eau s'écoule lentement ce qui augmente les risques d'obturation.

On peut alors recourir à un pont-canal en béton armé sur piliers, à condition que le sol de la vallée supportent les fondations. Il faut également prévoir un ferrailage suffisant pour éviter toute flexion de l'ouvrage sous son propre poids.

A titre d'exemples, on citera les principales caractéristiques de deux ponts canaux réalisés par le projet :

Périmètre	Longueur de l'ouvrage (m)	Pente (%)	Nombre de piliers	Portée (m)	Epaisseur semelle (m)	Hauteur mur canal (m)	Largeur fond canal (m)	Ferrailage radier canal
Malady	33.3	0.8	6	4.75	0.17	0.25	0.3	6 barres de fer 12
Lohalambo	40	0.25	7	5	0.15	0.30	0.35	6 barres de fer 12

On trouvera en annexe 4, une méthode de vérification de la résistance d'un tel ouvrage à la flexion.

#### 5.2.4 Murets de berge

Les berges du canal en terre peuvent être fragiles en certains points, notamment lorsqu'elles reposent sur un substrat rocheux ou que la pente du talus est très forte. On peut être amené à les renforcer par l'implantation d'un muret situé dans le canal et éventuellement complété par un radier maçonné. Un tel dispositif permet de réduire les infiltrations et l'érosion de la berge. Il est important de prévoir des retours maçonnés aux extrémités de cet ouvrage pour éviter les affouillements.

#### 5.2.5 Déversoirs de sécurité

Comme le barrage, ces ouvrages participent à la protection du réseau contre les débits excessifs. On les installe sur le canal, au débouché des ravines ou cours d'eau temporaires qui, au moment des pluies, occasionnent des augmentations brutales de débit dans les canaux.

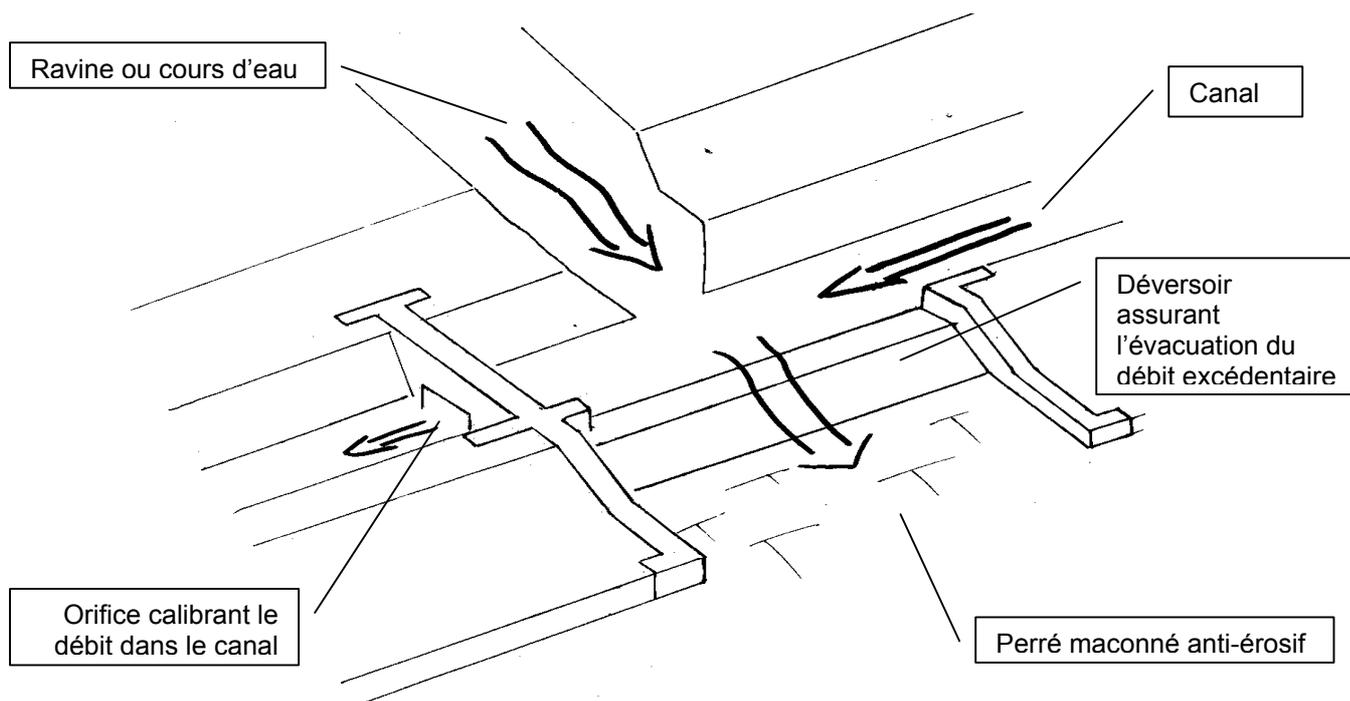
Dans le cas où le barrage comporte des digues latérales en terre, celles-ci peuvent être efficacement protégées par un déversoir de sécurité superficiel moins onéreux qu'un barrage-déversoir. Mais il faut s'assurer que les digues offrent un assise à même de supporter le poids de cet ouvrage.



Enfin, on mettra à profit les affleurements rocheux sur le canal qui permettent de construire des déversoirs de sécurité sans fondation ni protection anti-érosive et donc peu coûteux.

A l'aval du déversoir, on installe un orifice maçonné qui permet de calibrer le débit maximum circulant dans le canal, l'excès étant évacué sur le déversoir.

La cote du déversoir et de l'orifice doit être fixée en fonction du niveau d'eau dans le canal en régime normal. On la détermine donc sur le terrain, lorsque le canal est en eau. Si la cote de l'ouvrage est fixée à 2 cm du niveau normal de l'eau dans le canal, il y aura déversement dès que le niveau de l'eau dans le canal s'élèvera de plus de deux centimètres.



### Déversoir de sécurité

#### 5.2.6 Déroctage

Des rochers obstruent fréquemment le tracé des canaux et ce d'autant plus que nous privilégions les fondations rocheuses pour implanter les barrages. Les blocs peuvent être entaillés par des carriers ou au perforateur électrique.

#### **AVIS IMPORTANT**

Les fiches et récits d'expériences « Pratiques » sont diffusés dans le cadre du réseau d'échanges d'idées et de méthodes entre les ONG signataires de la « charte Inter Aide ».

Il est important de souligner que ces fiches ne sont pas normatives et ne prétendent en aucun cas « dire ce qu'il faudrait faire »; elles se contentent de présenter des expériences qui ont donné des résultats intéressants dans le contexte où elles ont été menées.

Les auteurs de « Pratiques » ne voient aucun inconvénient, au contraire, à ce que ces fiches soient reproduites à la condition expresse que les informations qu'elles contiennent soient données intégralement y compris cet avis .

Juillet 05 – Réédition Avril 2007 - 20



**PRATIQUES**

Réseau d'échanges d'idées et de méthodes pour des actions de développement

<http://www.interaide.org/pratiques>