

MISE EN VALEUR DES TERRES A MADAGASCAR

Problèmes hydro-agricoles dans les provinces de DIEGO-SUAREZ et TAMATAVE

GUY NEUVY

Le problème de mise en valeur des terres à MADAGASCAR fut, de tout temps, difficile à résoudre. Malgré sa grande superficie, 592.000 km² pour 8.000.000 d'habitants environ, ce pays à vocation agricole ne dispose que de faibles étendues fertiles et facilement cultivables. Ce paradoxe est bien compréhensible si l'on examine les deux facteurs essentiels conditionnant l'agriculture : le climat et le sol.

— Le climat est celui des régions subtropicales, c'est-à-dire qu'il est chaud et sans risque de gel au-dessous d'une altitude de 1.500 m. Dans ces conditions, l'élément essentiel pour l'agriculture est l'eau ; or, précisément à MADAGASCAR, l'eau est très inégalement répartie suivant les saisons et les zones géographiques.

Le module pluviométrique annuel moyen varie de 366 mm à TULEAR-Ville à 3.751 mm à MAROANTSETRA dans la baie d'Antongil. La zone centrale de l'île, bien que bénéficiant d'une pluviométrie abondante de l'ordre de 1.500 mm par an, souffre néanmoins d'une longue saison sèche de 6 mois, entre avril et octobre.

— Le sol est difficilement exploitable, quelle que soit sa fertilité, à cause d'une topographie particulièrement accidentée. En dehors du volcanisme et des phénomènes tectoniques qui ont largement contribué à l'évolution morphologique de l'île, la nature de la roche mère a engendré un sol très vulnérable aux agents d'érosion. En effet, la plus grande partie de MADAGASCAR est recouverte d'un sol rougeâtre, produit de l'altération du socle sous-jacent ; celui-ci, constitué de roches métamorphiques, a donné un sol à forte proportion argileuse à partir des feldspaths qu'il contient. Aussi, partout où la couverture végétale n'a pu assurer une protection suffisante, contre les eaux de ruissellement notamment, l'érosion a-t-elle été intense sous de multiples formes : encaissement rapide des

thalwegs, formation de lavaka *, glissements de terrain... D'où cet aspect bosselé des formes du relief.

De cet état de fait se dégagent deux obstacles majeurs au développement de l'agriculture :

— Les fortes pentes rendent difficiles les travaux agricoles saisonniers, et interdisent pratiquement l'usage d'engins motorisés.

— Dans les régions où existe une longue saison sèche, le sol ne peut constituer des réserves en eau suffisantes pour les besoins des végétaux. L'eau de pluie n'a d'intérêt, pour l'agriculteur, que dans la mesure où une forte proportion s'infiltre dans le sol ; celui-ci, malgré sa grande teneur en argile, a une vitesse de filtration assez élevée, pouvant absorber près de 30 % du volume d'eau de pluie ; mais il est bien évident que le taux d'infiltration réel sur le terrain dépend beaucoup de la pente du sol ; le débit des eaux de ruissellement varie proportionnellement à la racine carrée de la pente du terrain, si bien que lorsque celle-ci dépasse 10 %, le ruissellement augmente notablement, au détriment de l'infiltration.

Il en résulte que l'un des problèmes essentiels à résoudre, par les Services du Génie Rural et des Eaux et Forêts, est celui de l'eau disponible en agriculture : élimination de l'eau excédentaire dans certaines zones basses, par des travaux de drainage, et irrigation des parcelles insuffisamment arrosées.

A l'occasion de voyages d'étude dans les provinces de DIEGO-SUA-REZ et de TAMATAVE, nous avons vu d'intéressantes réalisations hydro-agricoles et apprécié de belles initiatives. En revanche, nous avons relevé quelques fautes techniques grossières qui entraînerent des dépenses inutiles ; nous les évoquerons, sans les situer précisément car notre propos n'est pas de décourager les bonnes volontés en dénonçant les erreurs commises, mais bien au contraire de guider ceux qui, désireux d'entreprendre, risquent de tomber dans les mêmes pièges technologiques.

I — LES POLDERS DU NORD-OUEST

1. Conditions naturelles

Le polder est une zone basse et marécageuse, conquise sur la mer ou, éventuellement, sur un lac.

Cette définition contient implicitement la condition essentielle de réalisation : disposer d'une étendue marine peu profonde que l'on puisse facilement isoler au moyen d'une digue.

* Lavaka : forme d'érosion des versants, très courante à Madagascar, se traduisant par un ravinement profond de forme digitée.

Autre condition favorable : la protection naturelle du polder contre les assauts de la mer en période de mauvais temps. Si la digue s'étend largement face à la haute mer, elle subira continuellement les effets de la houle et, surtout, l'action destructive des fortes vagues des tempêtes. Dans ces conditions, la digue doit être un ouvrage important, donc très coûteux. Une étude économique, préalable à toute construction, permettra d'estimer la rentabilité de l'ouvrage et de fixer la limite des frais d'investissements. Aux Pays-Bas par exemple, les vastes étendues de terrain conquises sur la mer, justifient pleinement l'importance des digues de protection : la vie économique de tout un peuple en dépend.

Enfin, si le polder est prévu dans une zone où l'amplitude des marées est faible, cela constitue également une condition favorable : la digue aura une hauteur réduite.

Les deux premières conditions, pour l'établissement d'un polder, se trouvent réalisées lorsque l'on est en présence d'un golfe ou simplement d'une anse, en eau peu profonde. Il suffit de consulter une carte à petite échelle de MADAGASCAR pour constater, de toute évidence, que seule la côte Ouest, et particulièrement celle du Nord-Ouest, est favorable à la création de polders. Comme nous allons le voir, des essais prometteurs ont déjà été faits à Nosy-Bé et dans la région d'Ambanja.

2. Conditions psychologiques

Il n'est pas suffisant de disposer de conditions naturelles satisfaisantes pour réaliser un polder ; encore faut-il que les Pouvoirs Publics et surtout les paysans aient le désir d'entreprendre un tel aménagement.

Les Pouvoirs Publics semblent bien décidés à tout mettre en œuvre pour améliorer l'économie rurale. Les tâches sont d'ailleurs parfaitement réparties : le Service des Eaux et Forêts est chargé de l'assainissement et de l'irrigation des petits périmètres inférieurs à 100 hectares, tandis que le Service du Génie Rural a la responsabilité de l'aménagement des superficies plus grandes.

En revanche, la mentalité du paysan malgache constitue le principal obstacle à la réalisation d'un polder.

Les réactions de l'agriculteur malgache, face à l'environnement, sont, en effet, assez différentes de celles de son homologue européen ; ceci est dû, certes, au plus grand respect des coutumes ancestrales, de la part du Malgache, mais aussi aux conditions climatiques de son pays et aux moyens techniques dont il dispose.

En Europe, l'agriculture est fortement mécanisée ; les zones accidentées sont donc délaissées au profit des zones planes ou de faible pente, même si leur mise en valeur exige de gros investissements. D'ailleurs bien avant que le moteur ne soit au service des agriculteurs, les zones

accidentées ont toujours été les dernières exploitées, et souvent sans grand succès ; en effet, le module pluviométrique annuel, en Europe, est souvent inférieur à un mètre, si bien que la quantité d'eau infiltrée se trouve très limitée dans le cas de terrain à forte pente, et les plantes souffrent du manque d'eau. Ce déficit est particulièrement sensible en juin et juillet, mois de faible pluviométrie, au moment, précisément, de la maturation des céréales et des fruits, période de forte consommation en eau.

Au contraire, à MADAGASCAR, la culture sur tanety * (1) est une solution de facilité. Le travail de la terre étant manuel, la forte pente du sol, obstacle majeur à la mécanisation, est ici sans importance. De plus, dans le secteur étudié, la pluviométrie est suffisamment forte pour satisfaire les besoins en eau des plantes, même dans les zones accidentées. Enfin, il n'est pas nécessaire de sarcler sur les tanety car les mauvaises herbes y poussent difficilement, surtout après brûlis de savo-maitso et savo-matoy * (2).

C'est pourquoi la culture sur versants exige moins de travail que dans les parties basses trop souvent inondées qui nécessitent la mise en place d'un système de drainage et une importante main-d'œuvre.

Le seul obstacle rencontré sur les tanety est la végétation naturelle, la forêt en particulier. Le paysan malgache a contourné la difficulté en limitant son travail à l'abattage des arbres, livrant ensuite la surface ainsi aménagée, à l'action du feu. Cette pratique, très usitée à MADAGASCAR est connue sous le nom de tavy. Dès lors, le sol débarrassé de la végétation naturelle et enrichi par les cendres, est apte à la culture ; particulièrement celle du riz pluvial. Le paysan pique les semences, à raison de 2 à 10 grains par trou de quelques centimètres de profondeur dans la terre, et laisse, à la nature, le soin de faire le reste jusqu'à la récolte.

Cette pratique n'est malheureusement pas sans inconvénients. Ce genre de culture se fait au détriment de la forêt, très abondante dans cette région à forte pluviométrie. Or la forêt constitue une obstacle naturel à l'érosion du sol par les pluies de ruissellement. De plus, il existe encore des surfaces recouvertes de forêt primaire qu'il est du plus haut intérêt de conserver, ne serait-ce que pour les espèces rares de la flore et de la faune qu'elles recèlent. Enfin, la production de riz pluvial est de l'ordre de 700 kg/ha au lieu de 1.500 kg/ha en rizière irriguée.

Le Service des Eaux et Forêts a la lourde tâche de lutter contre la pratique abusive des tavy ; son action ne se limite pas à réprimer, mais aussi à informer les populations des risques de dégradation rapide du sol,

*1 — Tanety : terres de colline.

*2 — Ce sont deux noms donnés à la forêt secondaire, appelée savoka :
savo-maitso : savoka vert : végétation âgée de 6 à 10 ans :
savo-matoy : savoka mûr : végétation de plus de 15 ans.

par l'érosion. Le travail des responsables est considérable, car ils doivent assurer la protection de très grandes surfaces avec des moyens fort limités et un personnel peu nombreux. Le paysan est routinier de nature ; il est difficile, sinon impossible de lui faire renoncer rapidement à ses habitudes.

Une anecdote amusante, relatée par un Ingénieur des Eaux et Forêts, permettra de mieux comprendre l'état d'esprit du paysan. Dans la région d'Ambilobe, Les Pouvoirs Publics font un gros effort pour développer l'anacardier ; les plantations se font sur brûlis, mais à un certain stade de leur développement, elles sont menacées par les feux de brousse incontrôlés. Un jour, les agents forestiers prennent en flagrant délit un incendiaire, dangereux récidiviste, qui prétendait ainsi chasser les mauvais esprits de son champ ; voyant qu'il ne pourrait échapper à l'amende qu'on lui infligeait, le coupable demanda alors une dernière faveur, pour le moins surprenante : « Alors, s'il vous plaît, laissez m'en brûler un peu plus ! »

Les fonctionnaires des Eaux et Forêts en sont réduits, bien souvent, à user de moyens de pression :

- 1/ Les paysans qui ne participent pas au reboisement, ou à l'enrichissement de la forêt, n'ont pas l'autorisation de faire des tavy.
- 2/ Ceux qui sont surpris en flagrant délit de tavy non autorisé, sont passibles d'emprisonnement pouvant aller jusqu'à 6 ans. Ceci est théorique, car les responsables leur proposent souvent un arrangement à l'amiable : ils doivent travailler de 30 à 150 jours pour les Eaux et Forêts. Ces délinquants sont désignés sous le nom de « transactionnaires ».

Lorsqu'une affaire de ce genre est portée devant les Tribunaux, les juges se montrent souvent très indulgents ; cela complique notablement le travail des agents forestiers.

On pourrait d'ailleurs croire qu'il soit difficile de surprendre un incendiaire en flagrant délit ; les possibilités de fuite semblent nombreuses, la végétation étant dense et la population peu nombreuse (donc les témoins). En fait, cela est relativement facile car le paysan malgache fautif ne s'enfuit pas. Voilà encore, semble-t-il, une différence notable avec son homologue français.

- 3/ Dans tous les cas, les agents forestiers n'autorisent les tavy que lorsque les zones basses sont bien cultivées. Tout déboisement de tanety est interdit s'il existe, à proximité des surfaces planes incultes.

Cette dernière restriction va nous permettre de comprendre comment il a été possible d'aménager des polders dans l'île de Nosy-Bé.

Ce sont, en effet, les cultivateurs, de leur propre initiative, qui ont demandé de créer le polder d'Andrianakonko que nous étudierons ci-après. Cette initiative n'était, en fait, qu'un moyen pour obtenir ce qu'ils dési-

raient vraiment : faire du riz pluvial sur les tanety environnantes. Compte tenu de ce qui a été dit précédemment, cela leur était impossible puisque ces tanety sont recouvertes de forêts ; ils savent aussi qu'ils n'obtiendront jamais le permis de déboiser s'ils ne font pas un effort particulier pour aménager les zones basses. En proposant de mettre en valeur un polder, ces cultivateurs ont pensé que l'Administration ne pourrait pas leur refuser la culture des terres avoisinantes, c'est-à-dire les versants dominant le polder.

Tout cela est de bonne guerre, semble-t-il ; pourtant les agents forestiers restent sceptiques et bien que le polder soit créé, les autorisations de tavy ne sont accordées qu'avec parcimonie dans ce secteur. Il est à craindre, en effet, que la culture et l'entretien du polder ne soient rapidement délaissés dès qu'une possibilité de faire du riz pluvial se présentera. Enfin, la topographie du secteur d'Andrianakonko est telle qu'il sera impossible d'empêcher le ravinement des versants, par les eaux de ruissellement, lorsque la couverture végétale aura disparu.

Si le déboisement de ces tanety devait être entrepris, il ne faudrait envisager, à notre avis, que des plantations suivant les courbes de niveau, afin de faire obstacle à l'écoulement de l'eau de surface, suivant la ligne de plus grande pente du terrain ; les caféiers semblent tout indiqués dans cette région, mais il serait souhaitable d'avoir l'avis des agronomes pour faire un choix rationnel.

3. *Réalisation technique*

Si les conditions naturelles sont favorables à la création d'un polder, la chronologie des travaux est alors la suivante :

- 1/ Isoler, de la mer, la zone prévue par la construction d'une digue, celle-ci devant se situer en amont du plus haut niveau des basses mers (marée basse de vive eau). Sa hauteur doit être suffisante pour arrêter l'eau des plus hautes marées de vive eau. Si des palétuviers se trouvent en aval de la digue, ils font obstacle à la houle et aux courants marins ; il faut donc les maintenir en place.
- 2/ Creusement de fossés. Tout d'abord, un collecteur principal, évacuateur des eaux du périmètre aménagé, sera creusé au pied de la digue, côté amont ; il doit se terminer au point le plus bas du polder, qui sera aménagé en exutoire. Des canaux secondaires, aboutissant au collecteur principal, seront creusés dans le polder, de façon à le drainer efficacement.
- 3/ Mise en place d'un clapet, à l'exutoire, permettant la circulation des eaux dans un seul sens : du polder vers la mer. Son rôle est double : empêcher l'eau de la mer de remonter dans le polder, et assurer la sortie des eaux de ruissellement hors du polder.

La pose de ce clapet peut d'ailleurs être assurée au moment de la construction de la digue ; cela facilitera alors le travail d'aménagement dans le polder.

La présence du clapet conditionne, à elle seule, la réussite de l'entreprise ; les terres du polder sont, en effet, salées, donc impropres à la culture ; les eaux de pluies vont lessiver le sol, peu à peu, en dissolvant le chlorure de sodium, et si le drainage est efficace, le sel sera éliminé du polder, grâce au clapet qui interdit le retour de l'eau de mer. Un an après la mise en place du clapet, on peut faire la première plantation de riz. Une saison de pluie est donc suffisante, à Nosy-Bé, pour dessaler le sol.

- 4/ Défrichement du polder : les palétuviers du périmètre aménagé sont abattus et brûlés sur place, ainsi que les souches. Les cendres obtenues constituent un premier engrais pour le sol. Périodiquement, les herbes poussant dans le polder peuvent être détruites par le feu.
- 5/ Le polder étant mis en culture, il faut assurer une surveillance constante des ouvrages : digues et clapet en particulier ; des travaux périodiques seront nécessaires pour entretenir les ouvrages réalisés : curage des fossés, consolidation éventuelle de la digue, souvent attaquée par les crabes de mangrove.

4. Le polder d'Andrianakonko

Plusieurs polders ont déjà été créés dans la région d'Ambanja et sur l'île de Nosy-Bé. A titre d'exemple, nous présentons le polder d'Andrianakonko que nous avons visité et dont les données techniques nous ont été fournies par le Service du Génie Rural de Diégo-Suarez et le Chef du triage forestier de Nosy-Bé.

- a) *Situation* — Le polder d'Andrianakonko est situé au Nord-Est de l'île de Nosy-Bé, au sud du village Mangirakirana et de la baie de Mahazandry (référence : carte au 50.000 du Service Cartographique de Madagascar, ex I.G.N.).

La superficie prise sur la mer est de 35 hectares dont 23 sur la rive droite et 12 sur la rive gauche de la rivière Vavanandriana.

- b) *Les digues* — Elles ont été construites en 1969 par une entreprise, sous le contrôle du Service Provincial du Génie Rural de Diégo Suarez, maître-d'œuvre.

— La digue principale, faisant face à la mer, se trouve sur la rive gauche ; sa longueur est de 623 mètres ; sa largeur est de 1,50 m en crête et environ 6 m à la base ; sa hauteur varie de 0,85 m à 1,51 m.

Elle a été construite avec des matériaux provenant des collines voisines : terre rouge argilo-sableuse, après décapage du sol sur 20 cm

d'épaisseur. La terre ainsi obtenue, a été mise en place et compactée de façon à atteindre au minimum la densité sèche de 90 % de l'optimum pour normal.

Les produits de décapage ont été aménagés en banquettes, au pied de la digue, côté polder. Côté mer, la digue a été recouverte d'un perré de galets épais de 30 cm, afin d'assurer une protection contre l'érosion marine. Un fossé collecteur, de drainage, a été creusé le long de la digue, côté polder.

— Les digues secondaires s'étendent sur une longueur totale de 1.330 m, dont 578 m en rive gauche et 752 m en rive droite ; leur hauteur varie de 0,25 m à 1,73 m ; largeur : 1 m en crête ; pente des talus =

$$\frac{\text{base}}{\text{hauteur}} = \frac{3}{2}$$

Les terres ont généralement été empruntées à 2 m du pied intérieur de la digue, de façon à constituer un drain.

L'amplitude des marées n'a pas été mesurée avec précision, mais la plus basse marée découvre entièrement le lit de la rivière qui se trouve à, environ, 6 m au-dessous du niveau de la plus haute marée. En comparant cette amplitude notable avec la faible hauteur des digues, on voit que celles-ci ont été construites bien au-dessus du niveau des plus basses mers ; d'autant plus que la crête de la digue principale se situe à 0,60 m au-dessus du niveau des plus hautes mers. Les palétuviers situés en aval du polder ont été conservés.

c) *Ouvrages évacuateurs* — Le polder étant divisé en 2 zones distinctes : rive droite et rive gauche, deux clapets ont été mis en place, un pour chaque zone.

Chacun d'eux comprend un corps en buse de 40 cm de diamètre, solidement fixé par une tête amont en béton armé et une sortie aval, munie du clapet anti retour, renforcée par un perré maçonné, sur plusieurs mètres de part et d'autre de l'exutoire.

Ces clapets n'ont pu être mis en place qu'en août 1975, ce qui a retardé l'exploitation du polder.

d) *Mise en valeur* — La superficie effectivement aménagée pour la culture du riz est actuellement de 30,5 hectares dont 22,5 sur la rive droite et 8 sur la rive gauche ; cette mise en valeur n'a été effective qu'à partir de 1976, c'est-à-dire un an après la pose des clapets. Très prochainement, 4,5 hectares seront aménagés dont 0,5 hectare sur la rive droite et 4 sur la rive gauche.

Une seule récolte de riz, par an, est actuellement possible, dans le polder ; un projet d'irrigation permanente permettra bientôt de faire 2 récoltes annuelles.

En conclusion, la création de polders sur la côte nord-ouest, avec ses petites baies peu profondes et bien abritées, est une excellente initiative pour accroître la superficie des terres cultivables à Madagascar. Il est important que le paysan malgache prenne conscience que la culture dans les zones planes bien aménagées, n'est pas plus difficile que sur les tanety, et qu'elle assure toujours un meilleur rendement. Il appartient aux Autorités locales de veiller au bon entretien du polder et d'y maintenir une exploitation constante.

II — LES PETITS AMENAGEMENTS HYDRO-AGRICOLES

Dans les provinces de Diégo-Suarez et de Tamatave, les petits aménagements hydro-agricoles se multiplient. Il s'agit généralement de petits barrages, construits en béton ou en terre, et dont le rôle n'est pas d'accumuler une réserve d'eau, mais de remonter le niveau d'eau de la rivière et de diriger une partie de son débit vers une zone dont on veut réaliser la mise en valeur agricole.

Ces barrages sont généralement de petites dimensions, donc peu coûteux ; néanmoins, pour qu'ils soient utilisables, des travaux connexes sont indispensables : creusement de fossés d'adduction d'eau, construction de ponts canaux qui sont de véritables petits ouvrages d'art, etc. . . Une question se pose donc : ces ouvrages sont-ils rentables et sont-ils la meilleure solution pour la mise en valeur des terres ?

Pour y répondre, il est indispensable de connaître la pluviométrie de la région concernée, les besoins en eau des plantes cultivées et la quantité d'eau disponible au cours de l'année..

Nous terminerons en présentant quelques réalisations d'aménagements hydro-agricoles.

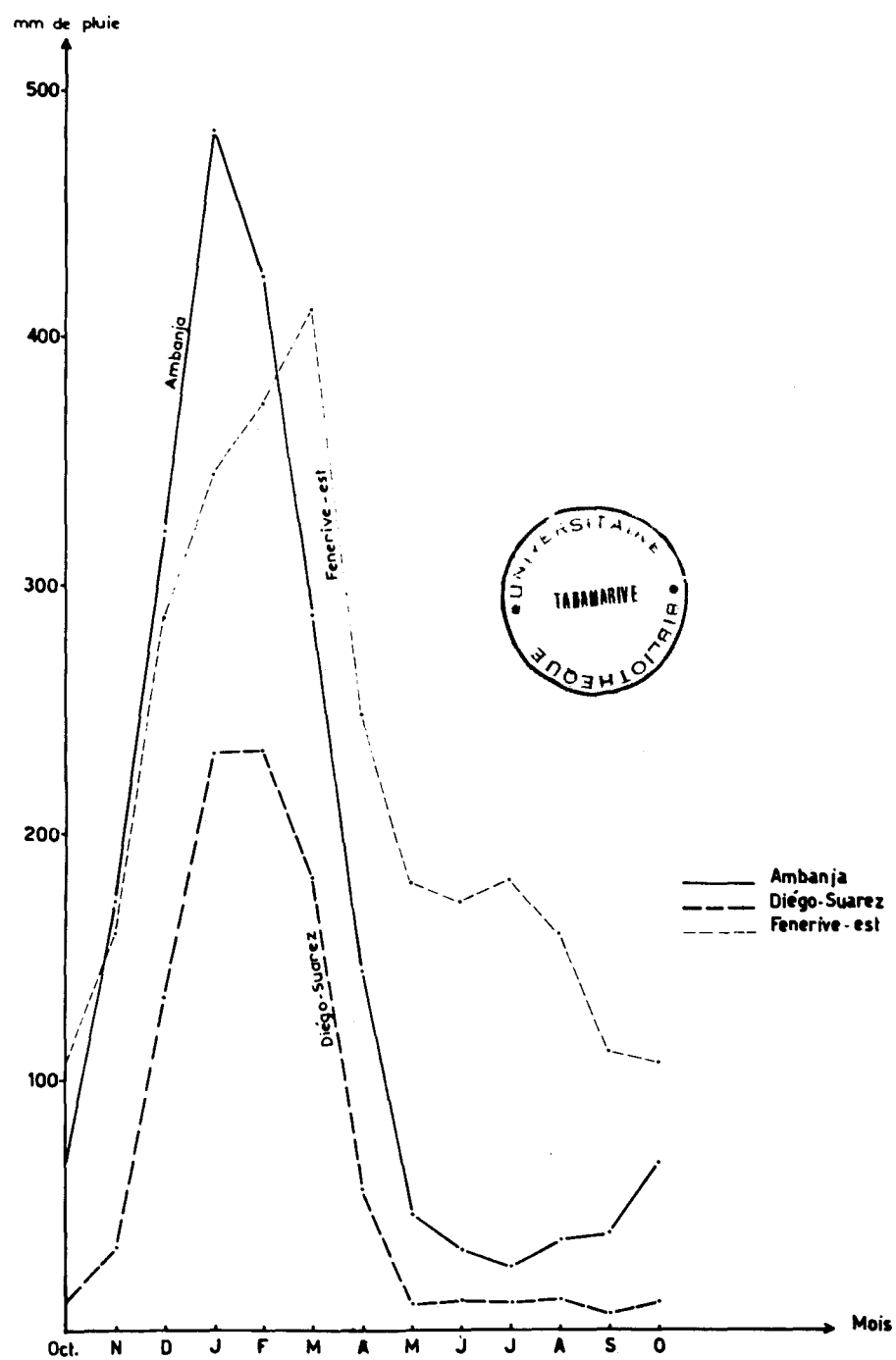
1. Pluviométrie

Nous présentons, sous forme de tableau, la pluviométrie moyenne mensuelle de quelques stations météorologiques des provinces de Diégo Suarez et de Tamatave. Ces moyennes ont été établies à partir d'observations sur une durée de 40 ans, sauf pour Ambilobe (38 ans) et Andana (35 ans). Nous indiquons aussi le nombre moyen de jours de pluie par mois

Pour 3 stations (Ambania, Diégo-Suarez et Fénérive-Est), nous avons établi un graphique portant en abscisses les mois, à partir d'octobre, et en ordonnées la pluviométrie moyenne mensuelle, exprimée en millimètres de hauteur d'eau ; ceci afin de mieux illustrer la variation de la pluviométrie au cours de l'année, dans les régions nord-ouest, nord et nord-est de Madagascar.

Pluviométrie moyenne mensuelle en mm et nombre moyen de jours de pluie par mois

	Octobre	Novem.	Décemb.	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septem.
Ambanja	67,8 6,7	172,9 11,9	322,1 17,7	483,4 21,5	425,6 18,6	288,1 16,2	144,7 10,6	46,1 4,4	31,6 3,9	25,4 4,4	37,3 5,6	39,0 5,1
Ambilobe (Sosumav)	29,7 2,7	111,3 7,1	320,9 14,8	475,9 19,0	459,0 18,9	314,6 16,5	116,4 7,3	18,5 2,4	16,2 1,8	8,3 1,5	14,9 1,6	9,0 1,1
Diégo-Suarez	11,1 4,6	33,5 6,9	134,2 13,4	232,0 19,8	233,1 17,7	182,2 14,9	56,8 7,1	10,0 4,1	12,1 4,1	10,6 5,1	11,8 5,2	6,3 3,6
Andapa	55,0 13,0	101,5 13,5	270,7 19,1	357,2 22,6	322,2 20,6	266,6 21,2	164,5 17,9	75,3 17,5	78,4 18,0	98,2 21,0	102,4 20,9	61,2 15,7
Antalaha	75,9 15,3	121,1 15,5	210,3 17,3	294,9 18,8	244,7 16,8	273,6 17,9	261,8 18,1	152,0 17,3	162,2 19,7	156,1 22,6	160,3 22,1	99,4 17,8
Fénérive-Est	108,3 15,2	160,6 15,3	287,7 17,7	345,4 18,9	373,5 17,3	411,5 19,3	248,3 17,6	179,8 16,3	173,0 17,5	181,4 20,2	160,1 20,5	112,0 16,3
Ambodifototra (Ile Ste-Marie)	83,1 15,0	136,7 15,7	294,4 19,4	378,4 21,1	400,9 19,0	578,9 23,8	444,9 23,3	332,9 23,6	337,8 20,1	238,4 25,8	196,9 23,4	106,3 18,2
Tamatave	88,0 15,9	179,4 16,5	284,0 20,1	394,1 21,7	423,7 19,7	511,2 22,4	359,5 21,2	279,9 20,9	282,8 21,4	264,9 24,2	217,0 24,0	128,2 19,1
Tampina	92,3 10,5	159,6 12,2	237,0 15,0	360,7 17,2	362,3 15,8	466,5 18,9	263,5 16,3	246,1 15,4	267,0 17,4	249,6 19,0	194,5 17,8	133,9 13,3



2. Besoins en eau du riz

Toutes les surfaces aménagées en zones irriguées, que nous avons visitées, sont destinées à la culture du riz. En effet, un effort particulier est consenti pour augmenter la production de riz afin d'en diminuer l'importation. Lancée il y a quelques années, l'opération « rattrapage paddy » ne fut pas un succès partout, car elle fut confiée à des technocrates qui négligent souvent le facteur humain; ceux-ci ont imposé un nombre d'hectares de riz qui, souvent, était trop grand. A Ambilobe, 300 hectares de riz ont étéensemencés au lieu de 1.000 prévus. A Sambava, on a proposé 5 hectares par famille : la superficie est rentable, certes, mais trop grande si le cultivateur ne dispose pas d'une charrue.

Le but à atteindre serait que le revenu du paysan soit équivalent à celui d'un ouvrier moyen de la ville ; cela paraît difficile sans un minimum de mécanisation.

Nous nous contenterons donc de rappeler les besoins en eau du riz et de voir si deux cultures annuelles sont possibles.

Dans les deux provinces étudiées, la pluviométrie est telle qu'il est possible partout de faire une récolte annuelle de riz pluvial. Les rizières, souvent situées au pied de bassins versants, disposent généralement d'assez d'eau pour assurer une bonne récolte dans l'année. Le but des aménagements hydro-agricoles est de fournir suffisamment d'eau aux rizières pour rendre possible une seconde récolte dans l'année.

On admet généralement qu'un débit d'eau de 1 l/sec/ha, pour un périmètre donné, est suffisant pour la culture en rizière ; 2 l/sec/ha dans le cas d'un sol tourbeux; ce débit ne peut guère être inférieur à 0,5 l/sec/ha sans risque de compromettre la récolte.

Il est donc important de connaître le débit d'étiage du cours d'eau destiné à irriguer une rizière ; si celui-ci est susceptible d'assurer un débit de 1 l/sec par ha de rizière en période d'étiage, c'est-à-dire en juillet, on peut envisager une seconde récolte de riz : de juin à octobre.

3. L'eau disponible

Connaissant la pluviométrie et les besoins en eau du riz, il reste à définir la proportion d'eau de pluie dont peut bénéficier le riz.

L'eau de pluie arrivant sur le sol, se répartit suivant trois phénomènes naturels distincts : l'évaporation, l'infiltration et le ruissellement.

En rizière, le sol étant saturé d'eau, l'infiltration reste faible ; le ruissellement est pratiquement nul puisque la surface est quasi horizontale ; cependant, les rizières sont aménagées pour permettre l'évacuation d'un éventuel excès d'eau, sauf, bien sûr, dans le cas d'inondations provoquées par un cours d'eau voisin. Dans ces conditions, on peut admettre que seule l'eau soumise à l'évaporation est perdue pour le riz.

L'évaporation est un phénomène purement physique puisqu'il s'agit du retour dans l'atmosphère, à l'état de vapeur, de l'eau soumise à l'action de l'air et du soleil. Or, si l'on veut faire un bilan général pour mettre en évidence un éventuel déficit en eau, il est indispensable de tenir compte de la quantité d'eau retournée dans l'atmosphère après avoir participé à la croissance de la plante : c'est l'évapo-transpiration, phénomène physico-biologique, qui concerne toute quantité d'eau répartie dans l'atmosphère sous forme de vapeur.

Ayant consulté les résultats publiés par l'O.R.S.T.O.M., nous pouvons admettre que la valeur moyenne de l'évapo-transpiration varie de 40 % en saison des pluies à 50 % en saison sèche, dans les provinces de Diégo-Suarez et de Tamatave. C'est donc en saison sèche que l'évapo-transpiration est la plus intense. Sur la superficie d'une rizière, le riz peut alors bénéficier de 50 % de la pluviométrie.

Un mm de pluie donne 10 m^3 d'eau par hectare, soit $0,50 \times 10 = 5 \text{ m}^3$ d'eau disponible ; il faut 1 l/sec/ha pour le riz, soit un volume mensuel de $0,001 \times 3.600 \times 24 \times 30 = 2.592 \text{ m}^3$ d'eau par hectare.

Sans irrigation, une pluviométrie de $\frac{2.592}{5} = 518 \text{ mm}$ est donc théoriquement suffisante pour alimenter une rizière.

En consultant le tableau de la pluviométrie, nous voyons que cette hauteur de pluie n'est jamais atteinte dans la région de Diégo-Suarez ; elle est presque atteinte en janvier dans la région d'Ambanja ; elle est généralement suffisante, en mars, sur la côte Est et l'île Sainte-Marie.

La culture du riz s'étendant sur plusieurs mois, il est donc nécessaire de recueillir l'eau des bassins versants pour la diriger vers les rizières. Les 50 % d'eau non soumis à l'évapo-transpiration constituent l'eau d'écoulement, c'est-à-dire le ruissellement plus l'infiltration dont la majeure partie ressort après un séjour plus ou moins long en nappe phréatique.

Examinons le cas de la plus faible pluviométrie mensuelle, dans une zone relativement sèche : celle de Diégo-Suarez, par exemple. Quelle superficie de bassin versant est alors nécessaire pour alimenter une rizière à raison de 1 l/sec/ha ? Sur notre tableau de pluviométrie, nous constatons que la pluviométrie mensuelle minimale est, en moyenne, de l'ordre de 10 mm de hauteur d'eau ; cela donne $5 \times 10 = 50 \text{ m}^3$ d'eau directement disponibles par hectare de rizière. D'où un déficit de $2.592 - 50 = 2.542 \text{ m}^3$ par mois pour un hectare de rizière. Ce déficit sera alors compensé en recueillant l'eau d'écoulement de $\frac{2.592}{50} \simeq 50$ hectares de bassin versant.

Les résultats numériques de cette étude théorique ont été assez bien confirmés par une observation sur le terrain : à Antsakoamanondro, près d'Ambanja, nous avons constaté un débit d'étiage, en juillet, voisin de 3 l/sec pour un bassin versant de 100 hectares environ. Le calcul ci-dessus donnerait 2 l/sec, soit une approximation par défaut, mais il a été établi à partir d'une pluviométrie moyenne.

4. Exemples d'aménagements hydro-agricoles

Nous allons présenter quelques unes des réalisations que nous avons visitées en juillet et décembre 1975.

a) Périmètre d'Antsakoamanondro

Un barrage en béton a été construit sur la rivière Antsakoamanondro près du village portant le même nom, à 11 km au nord d'Ambanja, sur la grande route en direction de Diégo-Suarez. Ce secteur mériterait une étude hydrologique approfondie car il concerne 250 hectares cultivables. Le retenue a été conçue pour irriguer 45 hectares. Malheureusement, le bassin versant, en amont du barrage, est très petit ; environ un kilomètre carré, le débit d'étiage, en juillet, est donc faible : de l'ordre de 3 l/sec. Il n'est possible de faire deux récoltes annuelles de riz que sur une partie seulement de ces 45 hectares.

Il s'agit pourtant d'une belle réalisation ; partant du barrage, un canal aérien préfabriqué de section semi-circulaire, conduit l'eau sur une longueur de 1.500 m. Ce canal, de 60 cm de diamètre, est construit à quelques décimètres au-dessus du sol, soutenu par de petits piliers en béton ; à pleine section, il débite 30 l/sec, ce qui est à peine suffisant pour la surface prévue. Un tel ouvrage nécessite une bonne surveillance et quelques travaux d'entretien, ne serait-ce que pour colmater les fuites éventuelles le long du canal.

b) Périmètre d'Ambodimangaso

Ce secteur est situé à moins de 3 km au nord du précédent ; un barrage en béton a été construit pour irriguer 100 hectares ; le canal, creusé dans la terre, permet un débit de 60 l/sec environ. Le bassin versant est un peu plus étendu que le précédent mais le débit d'étiage reste inférieur à 10 l/sec. Là encore, une seconde culture de riz n'est possible que sur une partie du périmètre irrigué.

c) Plaine d'Ambilo à Mahavanona

Elle est située à 20 km environ au sud de Diégo-Suarez, non loin de la grande route, près du village de Mahavanona. (voir carte au 100.000° d'Anivorano-nord).

Avant 1965, cette plaine était partiellement cultivée en riz. Depuis, des travaux d'irrigation ont permis la mise en valeur de cette grande superficie.

La pluviométrie, dans cette région, est nettement plus faible qu'à Ambanja ; il n'était donc pas possible d'avoir deux cultures de riz par an.

Les travaux étaient destinés à l'amélioration de 400 hectares déjà cultivés, et la création de 800 hectares de cultures nouvelles, soit, au total, 1.200 hectares.

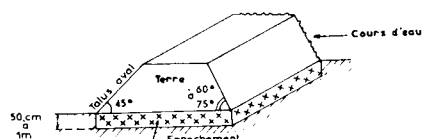
Le périmètre est donc aménagé depuis plusieurs années, et l'opération s'est révélée rentable, car la terre y est fertile. Le terrain est composé de terre franche, meuble en surface, et renfermant des rognons de basalte jusqu'à différentes profondeurs ; il repose sur un substratum de basalte compact. Actuellement 1.400 hectares sont irrigués.

Un barrage en béton a été construit sur la rivière Besokatra ; une prise en rive gauche permet d'irriguer 400 hectares avec un débit moyen de 200 l/sec, réduit à 100 l/sec à l'étiage ; sur l'autre rive, une prise permet d'irriguer 1.000 hectares avec un débit moyen de 500 m³/sec, réduit à 350 l/sec à l'étiage. Pendant toute la saison des pluies, les vannes du barrage restent ouvertes car le débit de la rivière est largement suffisant : ces vannes sont généralement fermées en février pour répartir l'eau dans le périmètre aménagé.

La rivière Sakaramy a également été aménagée, en particulier sur sa rive gauche, par la création d'un canal d'irrigation. Un évacuateur de crues a été construit pour un débit maximal de 500 l/sec.

Le marché concernant ces travaux a été conclu, sur appel d'offre pour la somme de 12.500.000 FMG en 1965.

Figures pour l'article de Guy NEUVY
dans "Terre malgache"



Nous présentons le croquis d'un barrage type, en précisant que tous ne sont pas réalisés avec un tel soin.

d) Les rizières de l'île Sainte-Marie

C'est dans le sud de l'île que l'on trouve le plus grand nombre de petites vallées aménageables en rizières. La solution idéale consisterait à

réaliser un aménagement général par bassin versant ; cela n'est malheureusement pas possible car il y a trop de propriétés privées et l'entente n'est pas toujours parfaite entre les différents propriétaires terriens ; il arrive même que des canaux et des barrages soient volontairement endommagés.

Les aménagements réalisés ne concernent donc souvent que quelques ares de rizières ; c'est pourquoi les barrages en béton sont peu nombreux : on se contente de barrages en terre ; ceux-ci permettent la réalisation de deux types de rizières.

— *Les barrages en terre* — L'expérience prouve que la solidité de tels ouvrages est suffisante ; il faut surtout éviter qu'en période de crue, le barrage ne soit submergé car sa destruction est alors inévitable et rapide.

La hauteur de ces ouvrages varie de 0,80 m à 1 m, en moyenne, mais leur largeur à la base est rarement inférieure à 8 m et peut atteindre 20 m. (croquis page 143).

L'enrochement sert de fondation à l'ouvrage ; il occupe donc un volume creusé dans le sol naturel. La terre est ensuite étendue par couches uniformes de faible épaisseur que l'on dame soigneusement. A 25 ou 30 cm du sommet du barrage, on aménage un déversoir qui, en cas de crue, évite la submersion de l'ouvrage et sa destruction ; parfois même, lors d'une crue exceptionnelle, on vient, à la hâte, agrandir ce déversoir.

Au cours des travaux qui durent de 15 à 20 jours pour un barrage moyen, on dévie l'eau du ruisseau par une tranchée latérale. Avant la mise en eau du barrage, on laisse aux herbes le temps de pousser ; le réseau de leurs racines augmente la résistance du barrage à l'action de l'eau.

Entre 1968 et 1974, 35 barrages ont ainsi été construits.

— *Types de rizières* — Lorsque l'on dispose d'assez d'eau d'irrigation, on réalise la rizière classique, en eau permanente ; on sème les grains, et après 21 à 30 jours, on repique les brins.

Dans le cas contraire, on réalise une rizière dite de bas fond : on défriche le terrain, on brûle tous les débris végétaux et on met les graines de riz dans des trous de 2 à 5 cm de profondeur, creusés avec un bâton ; un mois plus tard environ, on enlève les mauvaises herbes. Les rendements varient de 1,5 T/ha à 2,5 T/ha.

On ne fait pas de riz pluvial sur les tanety à l'île Sainte-Marie, ce qui n'empêche nullement la pratique des tavy.

Un bel exemple de l'activité des Fokonolona : les marais d'Ambohidena ont été mis en valeur par la création des rizières et la plantation de un hectare de palmier à huile.

D'autres zones, comme Saint-Joseph vers le sud, sont reboisées, sous le contrôle du Service des Eaux et Forêts.

Tous les barrages en maçonnerie existant à l'île Sainte-Marie, ont été construits sous le contrôle du Service du Génie Rural ; ils sont destinés à l'irrigation de périmètres plus étendus ; leurs dimensions sont, en moyenne, de 25 mètres de long pour 2 mètres de hauteur.

e) Périmètre d'Antohodranonjanahary

Cette zone se trouve à l'ouest du lieu-dit Namahoaka, à une vingtaine de kilomètres au sud de Fénérive-est, sur la route menant à Tamatave. Il s'agit de 50 hectares de marais que le Fokonolona, en collaboration avec les Forestiers, se propose de mettre en valeur. Actuellement, seul le barrage est fait, ainsi qu'une partie du canal d'adduction d'eau. Nous l'avons visité en février 1977 avec les élèves de 3ème année du département Eaux et Forêts de l'E.E.S.S.A., qui ont participé aux travaux d'implantation du canal définitif ; ils ont établi un plan du futur tracé, à l'échelle de 1/1.000, ainsi que son profil en long ; l'itinéraire ayant été jalonné sur le terrain, les Autorités locales ont maintenant en mains tous les éléments pour mener à bien les travaux de terrassement.

Il restera à drainer la zone au moyen d'un fossé primaire suivant la ligne de plus grande pente du marais ; des fossés secondaires, ramifiés de part et d'autre du précédent, permettront l'élimination totale de l'eau stagnante. Un système de vannes permettra de maîtriser la hauteur d'eau dans la future rizière.

Le débroussaillage et le brûlage des végétaux existant précéderont enfin, l'aménagement des rizières.

En conclusion, il semble bien que les petits barrages, tels qu'ils sont conçus dans ces deux provinces, sont la meilleure solution pour des aménagements hydro-agricoles de quelques hectares ; surtout si l'on tient compte des moyens très faibles de financement.

Les sites naturels ne se prêtent guère à la construction de barrages de retenue destinés à constituer de grosses réserves en eau pendant la saison des pluies. De toutes façons, ces ouvrages seraient trop coûteux.

Les petits barrages visités sont tous suffisants pour assurer une bonne récolte annuelle de riz ; une seconde récolte est possible dans une partie seulement des rizières ainsi aménagées. L'opération est rentable

puisque le prix de revient de ces ouvrages d'art reste souvent inférieur à un million de francs malgaches.

III — LES FAUTES TECHNIQUES

Nous ne pouvions terminer cette étude sans parler des fautes techniques, trop souvent commises, qui conduisent à d'inévitables gaspillages d'argent. Nous serons ainsi amenés à parler de l'équilibre naturel des multiples actions érosives, des bassins versants, des ouvrages d'art, de la chronologie des travaux techniques dans l'exécution d'un projet, et enfin des dossiers d'archives.

1. *L'équilibre naturel*

L'aspect topographique d'une surface terrestre, quelle qu'elle soit, est le résultat de l'action commune de toutes les forces érosives qui ont agi sur les couches de terrain dès la fin des mouvements tectoniques, ou après la formation d'un dépôt sédimentaire. Un thalweg, une ligne de crête, apparaissent comme la conséquence de la résultante de toutes ces forces qui ont modelé le relief. C'est pourquoi, toute action de l'homme tendant à modifier cet état naturel est dangereuse.

Si l'intervention humaine est de faible importance en comparaison de cette résultante des forces érosives, elle sera vite réduite à néant, et l'œuvre aura été inutile.

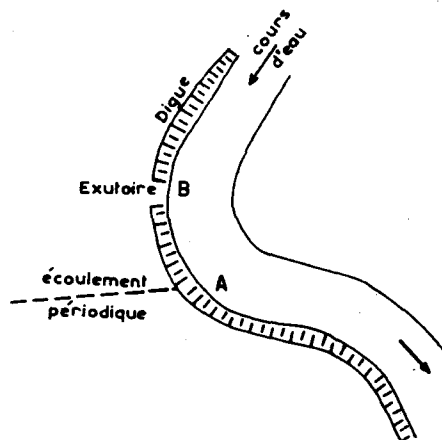
Si l'intervention humaine est importante au point de s'opposer à cette résultante, tout le système des forces en équilibre se trouvera perturbé ; des phénomènes secondaires, imprévisibles, apparaîtront alors, souvent hélas, sous forme de catastrophes. Le barrage d'Assouan, sur le Nil, en est une bonne illustration : destiné à retenir les eaux du fleuve pour en constituer une vaste réserve en vue de l'irrigation, il a été considéré comme une œuvre monumentale, à juste titre. C'est alors que des conséquences secondaires, fâcheuses, sont apparues : le limon, si fertile, en suspension dans l'eau du fleuve, a été lui aussi stoppé par le barrage derrière lequel il s'est décanté, privant ainsi les terres, situées en aval, de leur principal apport fertilisant ; le lac de retenue offre une vaste surface à un soleil particulièrement chaud, entraînant une intense évaporation, donc une diminution du volume d'eau disponible ; le niveau de la nappe phréatique a baissé dans la zone aval ; enfin, le plus inattendu sans doute, la sardine, si abondante au large du delta, en Méditerranée, est devenue rare depuis la mise en service du barrage, probablement à cause d'une trop grande modification du milieu écologique qui lui était favorable, en grande partie, grâce aux eaux limoneuses du Nil.

Fort heureusement, l'exemple dont nous avons été les témoins appartient à la première catégorie : intervention humaine de faible importance.

Le long d'une rivière, une digue a été construite ; en un point A de l'une des rives (voir croquis) débouche un thalweg au cours intermittent ; il ne draine les eaux de ruissellement qu'après de fortes pluies. Il fallait donc créer un exutoire au travers de la digue, et la logique imposait le choix du point A.

Or, l'ouvrage a été construit en un point B, à quelques dizaines de mètres en amont du point A.

Conséquence : moins de 4 ans après sa construction, à l'occasion d'une forte pluie cyclonique, la digue a été emportée... à l'emplacement du point A !



2. Le bassin versant

Le bassin versant concernant un point M situé sur un cours d'eau, est la surface amont qui draine toutes ses eaux de ruissellement, directement ou indirectement, vers le point M. Le bassin versant constitue donc une unité hydrologique, c'est-à-dire que toute entreprise de drainage ou d'irrigation doit être étudiée par bassin versant.

Au cours de nos voyages en province, nous avons eu la surprise de constater qu'un barrage, solidement bâti, est destiné à diriger l'eau de la rivière vers un secteur situé dans un autre bassin versant ; le canal d'adduction d'eau doit donc, fatalement, traverser une ligne de crête. La présence d'un col, peu élevé par rapport à la rivière, permet de limiter les dégâts, mais entraîne cependant une grande surprofondeur des terrassements pour le creusement du canal. Une assise rocheuse, à quelques mètres sous terre, pourrait compromettre, sinon empêcher, la création du canal. Or, le barrage est terminé, et le canal à l'état de projet !

3. Les ouvrages d'art

Les aménagements hydro-agricoles, présentés ici, sont généralement peu importants puisque chacun d'eux ne concerne que quelques dizaines ou centaines d'hectares. Il en résulte que les ouvrages d'art sont, eux aussi, de petites dimensions. Leur construction n'en exige pas moins beaucoup de soins, si l'on veut qu'ils durent longtemps.

Parmi les ouvrages visités, certains ont été refaits ; les barrages, en particulier, sont vulnérables aux crues. Nous avons vu un passage en siphon sur une canalisation, ayant sa sortie légèrement plus élevée que son entrée, d'où un mauvais écoulement favorisant la décantation des éléments en suspension dans l'eau. Nous rappelons donc quelques principes fondamentaux pour la réalisation des petits ouvrages d'art :

a) *Barrages* — Le choix de l'emplacement est toujours délicat : il doit être le plus près possible de la zone à irriguer, à une cote supérieure au point le plus élevé de celle-ci et enfin, en un point de la rivière favorable à sa construction ; par exemple, un rétrécissement de la largeur du lit de la rivière est favorable surtout si les 2 rives sont rocheuses.

Un enquête préalable, auprès des paysans, doit permettre de déterminer le niveau des plus hautes eaux, c'est-à-dire celui de la plus forte crue connue ; cela est indispensable pour fixer la hauteur et l'épaisseur du barrage, ainsi que les dimensions de l'évacuateur des crues.

b) *Fossés* — Les fossés d'adduction d'eau ont généralement des talus à trop forte pente ; ceci est un moyen de limiter le volume des terrassements, toujours pénibles car ils sont exécutés à l'angady*, mais au moment des pluies, les glissements de terrain sont fréquents et les fossés souvent coupés en plusieurs points. Cela nécessite donc une bonne surveillance et des travaux d'entretien.

Le lit d'un canal doit reposer sur la terre en place et jamais sur de la terre rapportée dont le tassement ne sera jamais suffisant pour résister à l'érosion de l'eau.

c) *Pont canal et canalisation souterraine* — Ces deux moyens sont généralement utilisés pour permettre, à un fossé d'adduction d'eau, de franchir un thalweg ou une zone marécageuse. Dans un tel cas, la solution du pont canal est presque toujours mauvaise car l'ouvrage s'oppose à l'écoulement naturel de l'eau dans le thalweg et risque, ainsi, d'être emporté dès la première crue. Cette solution est cependant possible pour traverser un marécage à eau stagnante ; il faut alors s'assurer de la bonne fondation des supports.

Les canalisations souterraines, utilisées dans des cas semblables, doivent reposer sur un solide enrochement et être protégées contre l'affouillement de l'eau à leur partie supérieure. Sans cette précaution, elles ne tardent pas à se rompre en un ou plusieurs points, selon leur longueur ; de plus, leur position en profondeur entraîne toujours des surprofondeurs de terrassements en aval.

* Angady : bêche malgache.

On oublie trop souvent que l'utilisation de gabions permet généralement de résoudre, dans les meilleures conditions, ces petits problèmes d'ordre technique pour la protection des canalisations

4. Chronologie des travaux.

L'ordre chronologique des étapes d'un aménagement hydro-agricole doit être rigoureusement respecté, sous peine de voir échouer le projet après que de grosses dépenses aient été faites. Trop souvent nous avons constaté que le barrage est construit en priorité, puis le fossé d'adduction d'eau, dont le tracé n'a même pas été étudié. La pente de ce dernier est déterminée à « l'estime », sans aucun appareil de mesure.

Il en résulte fatalement une irrégularité du profil en long du canal, d'où un écoulement défectueux, sinon impossible.

Le cas le plus désolant que nous ayons rencontré, est celui d'un canal long de près de 3 kilomètres, allant d'un barrage, fort bien construit, à un secteur irrigable. Le terrassement avait été fait sans l'aide d'un niveau ; lorsqu'on ouvrit la vanne, en tête du canal, on constata que l'eau ne s'écoulait que sur quelques dizaines de mètres. Un travail de nivellement devenait donc nécessaire ; ce qui fut fait. On s'aperçut alors que le secteur irrigable était à une altitude trop élevée et que l'eau, détournée par le barrage, ne pourrait jamais l'atteindre !

Il est donc parfaitement illusoire de prétendre réaliser un système d'irrigation sans un nivellement préalable, partant du point le plus élevé du secteur irrigable vers un point du cours d'eau le plus proche, favorable à la construction d'un barrage, et tel que la pente soit régulièrement descendante.

Ce travail technique doit être précédé de toutes les études préalables : pluviométrie, débits d'étiage et de crue du cours d'eau, besoins en eau du secteur irrigué, etc. . .

La construction du barrage ne doit être entreprise qu'avec la certitude d'une complète réussite technique et d'une rentabilité effective.

Les travaux se termineront par l'aménagement du périmètre irrigable, secteur par secteur, mais à partir d'un plan d'ensemble cohérent

A titre documentaire, nous rappelons, dans l'ordre chronologique, les différentes étapes d'un aménagement hydro-agricole ; ceci concerne surtout les grands projets et il est évident que quelques phases sont inutiles pour la réalisation d'un petit projet ; mais dans tous les cas, il faut respecter cette suite logique : études, travaux et mise en valeur.

Etapas d'un aménagement hydro-agricole

	Phases	Participation et Intervention
I — ETUDES	1. Etude préliminaire	Maître de l'œuvre + experts Utilisateurs
	2. Choix des Bureaux d'étude	Maître de l'œuvre Organismes de financement
	3. Etudes sectorielles de base	Bureaux d'étude
	4. Synthèse des études de base	Maître de l'œuvre Utilisateurs Organismes de financement
	5. Etude de la factibilité	Bureaux d'étude
	6. Décision de financement des travaux	Maître de l'œuvre Bureaux d'étude Utilisateurs Organismes de financement
II — TRAVAUX	1. Etablissement des projets	Bureaux d'étude Maître de l'œuvre
	2. Phase administrative(consultation et choix des entreprises ; établissement du marché)	Maître de l'œuvre Bureaux d'étude Organismes de financement
	3. Phase d'exécution du marché (exécution de l'ouvrage ; direction et contrôle des travaux)	Entreprise Maître de l'œuvre Bureaux d'étude
	4. Bilans des travaux (examen critique des résultats obtenus comparés aux prévisions)	Bureaux d'étude Maître de l'œuvre Entreprise
III — MISE EN VALEUR	1. Mise en route de l'aménagement (mise au point ; encadrement et organisation de fonctionnement)	Maître de l'œuvre Sociétés d'encadrement éventuelles
	2. Bilans de l'opération (bilans technique, économique et humain)	Maître de l'œuvre

Nous allons donner quelques précisions sur trois phases importantes : l'étude préliminaire, les études sectorielles de base et l'étude de factibilité.

a) *Etude préliminaire* — Nous pouvons la résumer ainsi :

- Définir la nature du projet et son opportunité.
- Préciser toutes les contraintes qu'il importe de respecter au cours de la réalisation du projet.
- Estimer l'opération et la source de financement.
- Estimer l'intérêt économique.
- Préciser le mode d'exécution et le déroulement des travaux.

D'une façon générale, l'étude préliminaire peut suivre deux orientations bien distinctes :

- déterminer quelle est la meilleure manière de mettre en valeur un périmètre donné,
- reconnaître, dans une région, les zones se prêtant le mieux à un aménagement hydro-agricole.

Pour les grands projets, les Maîtres d'œuvre font appel à des experts pour rédiger l'étude préliminaire. Dans tous les cas, il faut constituer un dossier réunissant les éléments suivants :

- une étude sur la situation actuelle ;
- une définition des objectifs à atteindre ainsi qu'une justification sommaire du choix des moyens ;
- un programme prévisionnel des travaux de la mise en valeur et de l'économie du projet ;
- un plan d'intervention (planning) et de financement ;
- une description détaillée des études à entreprendre jusqu'au stade d'étude de factibilité.

b) *Etudes sectorielles de base* — Elles sont destinées à compléter la connaissance du milieu naturel et de la situation au départ, puis à tester, si possible, les premières solutions envisageables, sur des périmètres pilotes. Ces études se résument ainsi :

- étude du milieu physique ;
- étude du milieu humain ;
- étude du milieu économique.

Eventuellement :

- essais agronomiques et de génie rural ;
- réalisation de périmètres expérimentaux, dans le cas de grands projets

c) *Etude de factibilité* — Il s'agit tout simplement de l'avant-projet complété par une évaluation des résultats financiers et économiques de l'opération, puis par l'examen des problèmes humains et l'organisation à mettre en place.

5. *Dossiers d'archives*

Toutes les études préalables à un aménagement, tous les plans d'avant-projet, de projet et d'exécution, doivent être groupés dans un dossier que l'on conservera.

Cela se trouve toujours réalisé dans le cas de projets importants ; en revanche, pour les petits aménagements hydro-agricoles, de tels dossiers n'existent pratiquement pas. Nous avons été surpris de constater que dans les triages, brigades et cantonnements forestiers, il n'existait que très peu d'archives, alors que de nombreux aménagements ont été réalisés.

Les agents forestiers étant fonctionnaires, ils ne restent généralement que quelques années dans le même secteur ; s'ils ne laissent pas de dossiers d'archives sur les travaux qu'ils ont réalisés, leur successeur perdra beaucoup de temps pour s'informer sur les aménagements existants ; dans le cas d'un projet d'extension de travaux réalisés sur un secteur, l'absence de documents oblige à refaire les nivellements et les plans topographiques qui n'ont pas été conservés, d'où une perte de temps et d'argent.

Si un barrage est rompu par une crue, un examen des plans de détail de l'ouvrage permettra de localiser la cause de la rupture et d'y remédier efficacement lors de la reconstruction de ce barrage.

CONCLUSION GENERALE

Si nous faisons un bilan des aménagements que nous avons visités depuis 2 ans, dans les provinces de Diégo-Suarez et Tamatave, le résultat est largement positif. Nous avons été surpris du grand nombre des réalisations à partir de moyens financiers dérisoires ; ceci est la preuve d'une bonne volonté manifeste de la part des Pouvoirs Publics et des paysans. Les polders constituent une expérience intéressante à suivre ; d'ici quelques années, nous aurons des chiffres concernant les rendements en riz dans les polders ; et pour les projets futurs, il sera donc possible de faire une étude économique précise et de prévoir la rentabilité d'un tel aménagement.

Les petits barrages permettent généralement une deuxième récolte annuelle de riz, mais sur de petites étendues malheureusement, à cause des faibles débits d'étiage entre juin et octobre, surtout dans les régions

nord et nord-ouest. Cependant, ils ont un rôle régulateur car ils permettent d'apporter un complément d'eau, lors d'une période anormalement sèche en saison des pluies. Les barrages étant destinés à irriguer les zones basses, leur présence oblige donc les paysans à cultiver celles-ci en priorité, puisque les tavy ne sont autorisés qu'après la mise en valeur effective de ces terres.

Les fautes techniques peuvent être facilement évitées ; il suffit d'une meilleure organisation et d'un travail méthodique. Les moyens techniques sont malheureusement faibles ; les terrassements se font à l'angady et l'absence de routes ou pistes rend, souvent, très difficile la construction d'un barrage en pleine campagne ; le transport de ciment et des matériaux de construction, pose parfois de sérieux problèmes.

Cependant, un seul instrument nous paraît vraiment indispensable pour la création d'un canal d'adduction d'eau : c'est le niveau de précision. A défaut de cet appareil, ou éventuellement d'un tachéomètre, il vaut mieux ne rien entreprendre.

Il ne fait aucun doute que l'accroissement du matériel agricole, les charrues en particulier, incitera les paysans à cultiver les zones basses, si elles sont bien aménagées ; cette nouvelle orientation se fera au détriment des tavy toujours néfastes à la conservation de la faune, de la flore et du sol. On ne peut que s'en féliciter.

BIBLIOGRAPHIE

- « Les étapes d'un aménagement hydro-agricole dans les pays en voie développement » (Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères — France).
- « Géologie, géomorphologie et hydrologie des terrains salés » — Gilbert GAUCHER et Sylvie BURDIN (P. U. F.).
- Rapport annuel de l'O.R.S.T.O.M. — Section d'hydrologie — M. ALDEGHERI, P. POURRUT et A. CHORET — 1965 et 1967.
- Bulletin de Madagascar — n° 308 (janvier 1972) : Ecologie, biologie et possibilités de mise en valeur des mangroves malgaches (A. KIENER).
- « La riziculture sur brûlis » (Fulgence FANONY) — Terre Malgache n° 17.
- « La micro-hydraulique dans les G.O.P.R. (R. GUYONNET) — Terre Malgache n° 4.
- « L'hydraulique agricole à Madagascar » (Yves LE BARS) — Terre Malgache n° 4.
- Documents de la Météorologie Nationale.